

**СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ
УНИФИЦИРОВАННЫХ СПУТНИКОВЫХ ПЛАТФОРМ
ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ЗЕМЛИ И АТМОСФЕРЫ**

В современной космической технике принято структурное деление космического аппарата на спутниковую платформу (СП) и бортовой информационный комплекс (БИК), состав и характеристики которого определяют конкретное целевое назначение КА.

В состав спутниковых платформ обычно входят несущие конструкции, объединяющие всю аппаратуру КА в единое устройство, и бортовые служебные системы, обеспечивающие функционирование КА в целом и его информационного комплекса.

Анализ системных требований, принципов построения космической информационной аппаратуры дистанционного зондирования и оригинальные исследования путей обеспечения при эксплуатации заданного качества информации наблюдения Земли позволили выявить и реализовать при проектировании специфические особенности структуры, конструкции и характеристики спутниковых платформ для КА ДЗЗ.

Ниже излагаются основные результаты цикла работ ВНИИЭМ по спутниковым платформам (1975-2000гг.).

В период 1970-75гг. ВНИИ электромеханики (в дальнейшем НПП ВНИИЭМ) с кооперацией разработал метеорологические КА второго поколения «Метеор-2». Опираясь на собственный и мировой опыт наблюдения Земли из космоса, ВНИИЭМ создал для КА «Метеор-2» оригинальную спутниковую платформу СП-I, удовлетворяющую требованиям приборов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

По основным эксплуатационным характеристикам:

- точности системы трехосной ориентации и стабилизации, поддерживающей положение КА;
- возможностям энергоснабжения, электромагнитной и оптической совместимости многоспектральной информационной аппаратуры;
- универсальности конструктивной компоновки, впервые обес-

печившей работу КА на синхронно-солнечных (ССО) орбитах высотой 600-1200 км;

- долговечности и надежности, обеспечиваемой структурой КА и впервые созданной автоматизированной системой наземных испытаний на базе УВМ;

спутниковая платформа СП-I соответствовала тогда уровню мировой космической техники для ДЗЗ.

В составе КА платформа СП-I в ходе ЛКИ, начиная с первого пуска (1975г.), подтвердила выполнение требований ТТЗ, и следующий КА «Метеор-2» обеспечил заказчикам – Госгидромету и Министерству обороны – получение комплексной метеорологической информации. Государственная метеорологическая космическая система (ГМКС) «Метеор-2» была Постановлением Правительства от 1982г. принята в штатную эксплуатацию.

Кроме того, на базе спутниковой платформы СП-I НПП ВНИИ-ЭМ совместно с Истринским филиалом (ИФ) института и кооперацией, были созданы и успешно эксплуатировались космические комплексы (КК) различного назначения:

- экспериментальный КК «Астрофизика» для обнаружения (засечки) и точного определения координат приземных ядерных взрывов (1978-79гг.);

- КК «Интеркосмос-Болгария-1300» для геофизических исследований ионосферы, магнитосферы, Земли и околоземного космоса (1980-1983гг.);

- КК для исследований природных ресурсов Земли и экологического мониторинга «Ресурс-О1» (КА 1980-2000гг.). В космическую систему «Ресурс-О» входили 1-2 КА и до 15 наземных пунктов приема и обработки информации, включая центр ЕКА в Швеции.

Платформа СП-I обеспечила интеграцию различных приборов ДЗЗ - радиометров, спектрометров оптического, ультрафиолетового, инфракрасного и микроволнового диапазонов, анализаторов ионосферы, магнитосферы, приемников космических излучений, радиолокаторов бокового обзора. На тридцати КА, созданных на базе платформы, были установлены приборы ДЗЗ 20 типов.

Анализ мирового развития космических технологий в области ДЗЗ выявил следующие тенденции:

- быстрый рост числа, расширение сферы целевых направлений и изменение характера множества прикладных задач, решаемых потребителями на основе 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;

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

На основе анализа возникла необходимость существенной модернизации спутниковых платформ для КА ДЗЗ. С целью совершенствования гидрометеорологических и природно-ресурсных космических систем НПП ВНИИЭМ совместно с ИФ (с 1993г. – НИИЭМ г. Истра) создали спутниковую платформу нового поколения для КА ДЗЗ – СП-И.

Параметры спутниковых платформ СП-И и СП-ИИ даны в таблице.

Параметр	СП-И	СП-ИИ
Тип и высота орбиты, км	ССО, 600- 1200	ССО, 600- 1200
Ракета-носитель	8А92М, «Зенит-2»	«Союз-ФГ» с РБ «Фрегат»
Масса КА, кг	до 2000	до 3000
Масса полезной нагрузки, кг	до 650	до 1300
Масса платформы, кг	до 1300	до 1600
Точность трехосной ориентации, угл. мин	30	10
Точность угловой стабилизации, угл.град/с	до 10^{-3}	до 10^{-4}
Энергопотребление платформы, Вт	до 200	до 300
Энергопотребление полезной нагрузки, Вт	до 500	до 1500
Поле обзора аппаратуры	ограничено	полная сфера
Срок службы	2 года	5 лет
Обеспечение качества информации ДЗЗ:		
пространственное разрешение, м	до 30-50	до 3-5
радиометрическая точность, К	до 2-3	до 0,5-1
информативность радиоканалов, Мбит/с (по возможностям АФУ)	до 16	до 256

В платформе СП-II реализован ряд технических новшеств и впервые достигнут высокий уровень унификации для решения многоцелевых задач ДЗЗ.

На базе унифицированной платформы СП-II НПП ВНИИЭМ совместно с НИИЭМ были созданы и эксплуатировались три типа КА:

- метеорологический и гелиогеофизический КА «Метеор-3». На семи КА этой серии (1985-2000гг.) в составе информационного комплекса ДЗЗ, были зарубежные приборы;

- многоцелевые КА «Ресурс-О1» №4 (1998г.), «Метеор-3М» №1 (2001 г.) для ИПРЗ, гидрометеорологии, гелиогеофизики, на которых также устанавливались зарубежные приборы и отделяемые малые КА.

Всего на упомянутых девяти КА было установлено 58 приборов 32 типов, 7 радиолиний и осуществлен попутный запуск 9 малых КА, в том числе 13 приборов и семь малых КА разработки ведущих космических держав на коммерческой основе.

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

В процессе работ цикла был получен ряд крупных научно-технических и практических результатов:

1. Разработаны и внедрены новые комплексные технологии создания КА ДЗЗ, основанные на использовании в составе КА унифицированных спутниковых платформ двух поколений СП-I и СП-II («Ресурс-УКП»).

2. В период создания платформы СП-I НПП ВНИИЭМ был решен ряд новых научно-технических проблем.

2.1. Впервые в космической технике страны НПП ВНИИЭМ создана и отработана электромеханическая точная система трехосной ориентации и стабилизации КА, не требующая расхода рабочего тела для маневров и компенсации внешних возмущающих моментов. Для ориентации впервые разработаны оригинальные двухосные датчики инфракрасного горизонта Земли, исполнительные электродвигатели-маховики и подсистемы разгрузки с использованием магнитного поля Земли, нашедшие применение в различных КА других космических фирм страны.

2.2. Впервые разработана и применена автономная следящая система ориентации солнечных батарей. В дальнейшем подобные системы нашли широкое применение в космической технике страны.

2.3. На основе вновь разработанных методологий наземных комплексных испытаний СП и КА в целом, впервые создана автоматическая испытательная система с использованием управляющей вычислительной машины В-3М со специальным комплексом математического программного обеспечения. Применение новой методологии в сочетании с оригинальным структурным построением КА обеспечило повышение срока службы в три-четыре раза.

Автоматические испытательные системы на базе УВМ нескольких поколений постоянно совершенствовались и применялись для всех КА ДЗЗ во ВНИИЭМ и НИИЭМ, а также много лет поставлялись в ЦКБЭМ для испытаний КА «Янтарь» и др.

2.4. Для получения и поддержания стабильности специфических орбит, необходимых для КА ДЗЗ исследованы возможности использования электрореактивных двигателей (ЭРД). ВНИИЭМ в содружестве с ИАЭ им. Курчатова, разработавшим несколько новых типов ЭРД, впервые в мире провел на КА «Метеор» их проверки в условиях орбитального полета, наиболее подробно были исследованы стационарные плазменные двигатели (СПД). Были созданы и проверены методы коррекции и получения специальных орбит КА ДЗЗ, ЭРД малой тяги типа СПД в дальнейшем широко применялись как в российской, так и в зарубежной космической технике.

3. Учет мировых тенденций развития космических средств ДЗЗ, российские тенденции к разработке многоцелевых КА ДЗЗ и появление возможностей интеграции зарубежных приборов, определили необходимость создания унифицированной спутниковой платформы второго поколения СП-П.

В платформу СП-П внесены следующие технические новшества:

3.1. С целью обеспечения высокой точности в систему ориентации и стабилизации введены новые датчики направлений и исполнительные органы – маховики, что в сочетании 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). Средства локальной термостабильности радиометрических приборов и мест их крепления обеспечили постоянство температуры приборов до $\pm 1^\circ\text{K}$. Эти меры в сочетании с минимизацией внутренних и внешних возмущающих моментов позволили устанавливать на платформу приборы с повышенным в десять раз пространственным разрешением и в пять - шесть раз повышенной радиометрической точностью.

3.2. В конструкцию платформы введена термостабильная внешняя приборная рама, что позволило обеспечить оптическую со-

вместимость непересекающихся полей обзора информационных приборов, а также расположить механические интерфейсы отделяемых малых КА.

3.3. Установленная мощность энергопитания СП-II увеличена в три раза, в состав платформы введены цифровые программно-временные устройства, а также антенные комплексы повышенной до 128 Мбит/с информативности в трех-четыре международных диапазонах.

3.4. Особое внимание уделено унификации технических возможностей размещения на платформе различных российских и зарубежных приборов. По контракту с NASA(США) были выпущены специальные сертификационные документы ICD, подтверждающие возможности не только научно-технического, но и коммерческого сотрудничества. В конструкцию и структуру платформы СП-II были введены унифицированные интерфейсы для интеграции неотделяемых приборов и отделяемых малых КА зарубежной разработки.

Особое значение имеет орбитальная эксплуатация КА «Метеор-3М», где установлен прибор для определения состава атмосферы SAGE-III (США). Интеграция этого прецизионного прибора в состав КА «Метеор-3М» №1 была произведена по специальному соглашению с NASA, его успешная эксплуатация продолжающаяся почти четыре года подтвердила соответствие платформы СП-II высоким требованиям унификации с зарубежными приборами. Информация от КА «Метеор-3М», принимаемая одновременно в США и России, представляет большой научный и практический интерес.

4. Успешная эксплуатация спутниковой платформы в составе КА «Метеор-3», «Метеор-3М», «Ресурс-О1» №4, подтверждение надежности и долговечности платформы СП-II, а также готовности конструкторской документации на платформу к серийному производству позволили Государственной комиссии по летным испытаниям в своем Отчете рекомендовать унифицированную спутниковую платформу СП-II под названием «Ресурс-УКП» к серийному производству. Правительством РФ по этому вопросу принято специальное решение.

В настоящее время в рамках Федеральной космической программы производится разработка многоцелевого КА «Метеор-М». В соответствии с утвержденным заказчиками тактико-техническим заданием КА «Метеор-М» создается на базе унифицированной платформы «Ресурс-УКП». Использование данной платформы обосновано рядом причин, в том числе возможностью включения в состав информационного комплекса современных российских и

зарубежных приборов с параметрами качества, соответствующими мировому уровню, а также наличием Госзаказа на платформу. КА создается для комплексных всепогодных дистанционных и контактных измерений параметров атмосферы, суши, океана, околоземного космоса и экологического мониторинга среды в интересах социально-экономического развития и обороны страны. На КА устанавливается до 10 приборов, включая радиолокатор бокового обзора и четыре радиолинии международных диапазонов.

Использование разработанной и отработанной спутниковой платформы «Ресурс-УКП», унифицированных систем и конструктивных узлов, имеющейся испытательно - производственной базы, научно-технического и материального задела при разработке и изготовлении четырех типов КА ДЗЗ («Метеор-3», «Ресурс-01» №4, «Электро» и «Метеор-3М») обеспечило за счет преемственности снижение необходимых затрат госбюджетных средств в сопоставимых ценах на **850 млн. руб.**, что согласуется с экспертными оценками организации «Агат».

Объем непосредственных зарубежных инвестиций только в период 1995-2001 гг. за счет коммерческих полезных нагрузок на КА «Ресурс-01» №4 и «Метеор-3М» №1 составил **12,5 миллионов долл. США**, что позволило более чем на 40% уменьшить затраты госбюджета при создании КА и, по существу, сделало возможным выполнение этих работ.

Работа по созданию космических платформ для КА ДЗЗ высоко оценена в стране и удостоена премии Правительства РФ в области науки и техники за 2003 год. Премия присуждена сотрудникам ВНИИЭМ Г.А. Акопову, О.М. Мирошнику, Ф.М. Сальковскому, Ю.В. Трифонову (руководитель работы), Ю.Н. Устинову, Л.Н. Чуркину, Г.Д. Чуткерашвили, сотрудникам НИИЭМ В.П. Беляеву, М.Я. Танаеву, С.Ю. Самарскому, Н.Д. Федченко.