

# MODERN LEO SATELLITES FOR GEOLOCATION AND IDENTIFICATION OF RADIO EMITTERS

**Nikolay N. Klimenko,**  
*Cand. Sci. (Tech), Lieutenant General retired, Deputy  
General Director, Lavochkin Association, Moscow, Russia,  
[Klimenko@laspace.ru](mailto:Klimenko@laspace.ru)*

**ABSTRACT** | THE ARTICLE CONSIDERS  
IN DETAIL THE PROJECTS OF LEO SAT-  
ELLITES ESSAIM, ELISA, CERES, AS  
WELL AS SIMILAR PROJECTS OF THALES  
ALENIA SPACE AND HAWKEYE 360  
COMPANIES, DESIGNED FOR GEOLOCA-  
TION AND IDENTIFICATION OF RADIO  
EMITTERS.

**Keywords:** *LEO satellites, satellite clusters,  
standardized satellite bus, radio emitter, geolo-  
cation, identification*

# СОВРЕМЕННЫЕ НИЗКООРБИТАЛЬНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ГЕОЛОКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ



**Николай Николаевич КЛИМЕНКО**,  
кандидат технических наук, генерал-лейтенант  
запаса, заместитель генерального директора по  
прикладной тематике АО «НПО Лавочкина»,  
Москва, Россия,  
[Klimenko@laspace.ru](mailto:Klimenko@laspace.ru)

**АННОТАЦИЯ** В СТАТЬЕ ДЕТАЛЬНО РАССМОТРЕНЫ ПРОЕКТЫ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КА ESSAIM, ELISA, CERES, А ТАКЖЕ АНАЛОГИЧНЫЕ ПРОЕКТЫ КОМПАНИЙ THALES ALENIA SPACE И HAWKEYE 360, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ГЕОЛОКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ.

**Ключевые слова:** низкоорбитальные КА, баллистически связанные группы КА, унифицированная космическая платформа, источник радиоизлучения, геолокация, идентификация



## ВВЕДЕНИЕ

Наиболее эффективно геолокация и идентификация источников радиоизлучения (ИРИ) может осуществляться высокоорбитальными КА. Их применение обеспечивает длительный непрерывный контакт с ИРИ, что, как правило, требуется для их геолокации и идентификации, а также обеспечивает анализ режимов их работы, предназначения и содержания передаваемой информации, достаточно высокоточное определение координат в высокочастотных диапазонах. Вместе с тем для обеспечения электромагнитной доступности к ИРИ в этом случае требуется создание и применение сложных крупногабаритных антенных систем, а также уникальных дорогостоящих КА. Остронаправленные антенны не позволяют в полной мере реализовать преимущества высоких орбит по непрерывности наблюдения. При этом затруднена селекция сигналов и высокоточное определение координат в УКВ-диапазоне, в котором функционирует большинство подвижных ИРИ. Указанные ограничения привели к возрастанию интереса к низкоорбитальным КА радиоэлектронного наблюдения (РЭН). В 2000-е годы наряду с модернизацией низкоорбитальной системы SB-WASS (или NOSS-SSU) в ряде стран развернуты работы по созданию принципиально новых низкоорбитальных КА РЭН на базе унифицированных космических платформ (УКП) и цифровой бортовой специальной аппаратуры. При этом для реализации разностно-дальномерно-доплеровского метода (РДДМ) геолокации ИРИ формируются баллистически связанные группы (БСГ) из двух-четырех разнесенных на орбите КА. Создание и применение низкоорбитальных КА РЭН для геолокации и идентификации ИРИ имеют свои особенности и закономерности, рассмотренные ниже на конкретных примерах.

## ПРОЕКТЫ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КА

### РЭН ESSAIM, ELISA И CERES ДЛЯ ГЕОЛОКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Ведущее положение по разработке современных низкоорбитальных космических средств для геолокации и идентификации ИРИ занимают компании Airbus Defense&Space и Thales Alenia Space, реализующие с 2004 года программу создания БСГ КА РЭН. Начало программе положил запуск БСГ из четырех КА РЭН ESSAIM.

В 2011 году на смену БСГ КА ESSAIM осуществлен запуск второй БСГ из четырех КА РЭН ELISA [1].

КА РЭН из состава БСГ ESSAIM и ELISA разработаны на базе УКП Myriade, созданной в рамках специальной программы для реализации концепции маломассогабаритных КА (МКА) и предназначенной для создания недорогостоящих МКА для демонстрации новых технологических возможностей и проведения научных исследований. Замыслом программы предусмотрено создание на базе УКП Myriade МКА для научных и технологических исследований Demeter, Parasol, Taranis, Microscope, Picard и других, а также для создания военных КА ESSAIM, ELISA, SPIRALE [2].

Общий вид УКП Myriade и ее типовой приборный состав представлен на рисунке 1. УКП представляет собой параллелепипед размером 60×60×80 см, весом 130 кг. Система энергоснабжения включает солнечную батарею площадью 0,9 кв. м на арсениде галлия, генерирующую электроэнергию мощностью 200 Вт, и аккумуляторную батарею на Li-Ion емкостью 14 ампер-часов. Аккумуляторная батарея выдает в тени мощность 60 Вт, а на освещенных участках – 90 Вт. Система управления ориентацией и стабилизацией состоит из стандартного набора приборов, показанных на рисунке 1. Каждый КА заправляется гидразином массой 4,5 кг. При этом запас характеристической скорости составляет 80 м/сек.

Запуск БСГ КА ESSAIM осуществлялся на орбиту высотой 658 км и наклоном 98,3 градуса. БСГ КА ELISA запускалась на орбиту высотой 700 км и наклоном 98,3 градуса. Пространственное положение КА в БСГ ELISA на орбите иллюстрируется рисунком 2. КА из состава БСГ ESSAIM имели на орбите аналогичную пространственную конфигурацию.

Особенностью применения БСГ КА РЭН ESSAIM и ELISA является необходимость синхронизации их бортовой шкалы времени (БШВ) и поддержания расчетной геометрии баллистического построения БСГ. Синхронизация КА в БСГ осуществлялась по сигналам навигационных КА GPS или Galileo. Для поддержания пространственного положения КА в БСГ осуществлялось автоматическое (по программе, рассчитываемой на борту КА) проведение маневров поддержания каждые две недели.

Отметим, что запуск КА ELISA (рис. 3) и разведение их на орбите для построения в БСГ, как показано на рисунке 2, осуществлялся с использованием разгонного блока «Фрегат», разработанного НПО имени С. А. Лавочкина. Схематичное изображение КА ELISA, установленных на разгонный блок «Фрегат», показано на рисунке 4. На рисунке 5 изображен процесс установки КА ELISA на адаптер для последующей установки на разгонный блок «Фрегат».

РИС. 1.  
Общий вид УКП Myriade и ее типовой приборный состав



РИС. 3.  
Космический аппарат РЭН ELISA

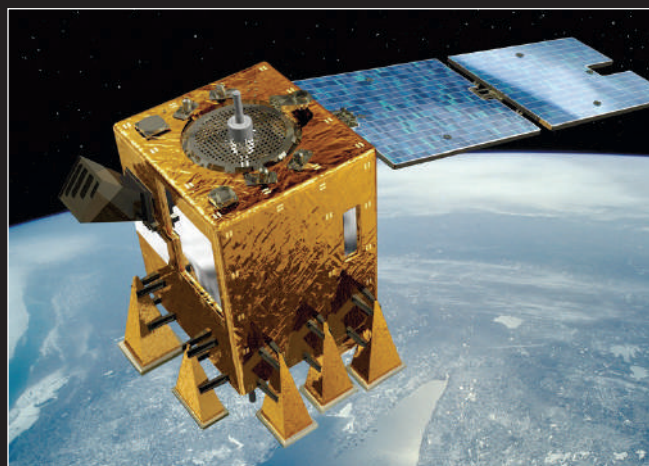


РИС. 2.  
Пространственное положение КА РЭН в БСГ ELISA



РИС. 4.  
Схема размещения КА РЭН ELISA на разгонном блоке «Фрегат»

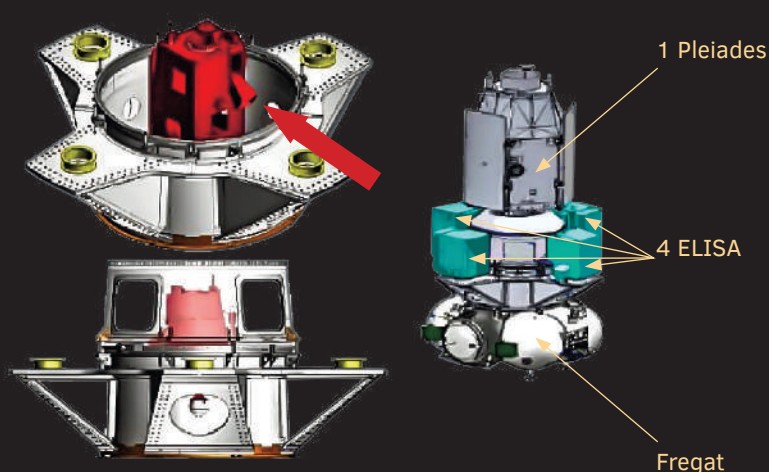


РИС. 5.  
Установка КА ELISA на адаптер



*Отработка технологии геолокации и идентификации ИРИ с использованием БСГ КА ESSAIM и ELISA имела целью формирование научно-технического задела для создания и принятия в 2020 году на вооружение перспективной системы CERES [3]. Замысел ее применения состоит в использовании нескольких БСГ КА РЭН, создаваемых на базе модификаций космической платформы Elitebus разработки компании Thales Alenia Space.*



Отработка технологии геолокации и идентификации ИРИ с использованием БСГ КА ESSAIM и ELISA имела целью формирование научно-технического задела для создания и принятия в 2020 году на вооружение перспективной системы CERES [3]. Замысел ее применения состоит в использовании нескольких БСГ КА РЭН, создаваемых на базе модификаций космической платформы Elitebus разработки компании Thales Alenia Space. Внешний вид КА из состава системы CERES приведен на рисунке 6. Космическая платформа Elitebus будет иметь вес 450 кг и размеры стороны, обращенной к Земле, 3х1,6 м. При этом планируется использование полезной нагрузки весом не менее 300 кг и энергопотреблением не менее 1000 Вт (по другой информации – 550 кг и 2500 Вт). В состав каждой БСГ планируется включить три КА, запускаемых на орбиту высотой 700–800 км и наклонением в диапазоне 70...80 градусов.

В заключение следует отметить, что БСГ КА РЭН ESSAIM, ELISA и CERES обеспечивают геолокацию ИРИ с использованием комбинированного разностно-дальномерного и разностно-доплеровского метода.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ КОМПАНИИ THALES ALENIA SPACE И ОСНОВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В инициативном порядке компания Thales Alenia Space прорабатывает упреждающий проект МКА на базе перспективной УКП двойного назначения Elitebus класса микро [4]. Замысел проекта (рис. 7) предусматривает возможность оперативного запуска КА с различной полезной нагрузкой, включая БСА радиоэлектронного, радиолокационного и оптико-электронного наблюдения, в течение нескольких суток после поступления заявки на запуск. Такая орбитальная группировка дополнит существующую орбитальную группировку КА радиолокационного наблюдения Cosmo-SkyMed. Запуск КА планируется на орбиты высотой 300...400 км. УКП, изготавливаемая по стелс-технологии, будет иметь форму куба с размером ребра 0,5 м (по другим данным – 0,8 м), вес 100...150 кг, энерговооруженность 200...250 Вт. При этом масса полезной нагрузки может достигать 45% от массы микроКА. Одна из целей проекта – обеспечить стоимость КА, сопоставимую со стоимостью беспилотных летательных аппаратов. Для этого также будет исключено резервирование бортовой аппа-

ратуры. Считается, что оправданным будет «резервирование» за счет оперативного выполнения орбитальной группировки недорогими КА.

КА РЭН в составе такой орбитальной группировки предназначены для геолокации и идентификации ИРИ в диапазоне частот 400 МГц...20 ГГц. Данные о местоположении ИРИ предназначены также для наведения КА оптико-электронного и радиолокационного наблюдения на соответствующие районы. Применяемые в составе бортовой аппаратуры широкодиапазонные конические логопериодические антенны обеспечивают моноимпульсную пеленгацию ИРИ в широком угле зрения. Предусмотрена возможность адаптивного управления диаграммой направленности и усилением применяемой антенной системы (рис. 8). Для повышения точности моноимпульсной пеленгации осуществляется многократное определение направления на ИРИ с различных точек орбиты с последующей обработкой результатов пеленгования. Повышенная точность определения координат ИРИ реализуется за счет фазового и разностно-дальномерного методов с использованием БСГ из двух и более КА с синхронизированными БШВ.

Синхронизация БШВ в БСГ может осуществляться двумя способами: непосредственно по информации с наземного специального комплекса (НСК) или путем ретрансляции этой информации через геостационарный КА-ретранслятор (рис. 9). Наряду с синхронизацией БШВ осуществляется относительная навигация КА из состава БСГ. Для этого при прохождении БСГ КА РЭН зоны видимости КА-ретранслятора для каждого из них передаются «свои» команды управления и общий синхросигнал. Одновременно КА из состава БСГ передают на НСК информацию о своем местоположении (по данным бортовой аппаратуры спутниковой навигации Galileo) с привязкой к БШВ. В НСК по результатам обработки этой информации формируются корректирующие данные для закладки на борт КА РЭН в следующем сеансе связи.

В заключение следует отметить, что создание перспективной микроплатформы Elitebus характеризуется наличием технических рисков. Поэтому в качестве гарантированной в [5] рассматривается космическая платформа PRIMA-S класса мини, имеющая размеры 1,3х1,3х1,3 м, массу 400–500 кг, включая массу полезной нагрузки до 200 кг, и энерговооруженность до 1500 Вт. Такая космическая платформа получила летную квалификацию в составе КА Globalstar, O3b и Iridium Next.

Замысел упреждающего проекта МКА на базе перспективной УКП двойного назначения *Elitebus* класса микро [4] (рисунок 7), который в инициативном порядке прорабатывает компания *Thales Alenia Space*, предусматривает возможность оперативного запуска КА с различной полезной нагрузкой, включая БСА радиоэлектронного, радиолокационного и оптико-электронного наблюдения, в течение нескольких суток после поступления заявки на запуск. Такая орбитальная группировка дополнит существующую орбитальную группировку КА радиолокационного наблюдения *Cosmo-SkyMed*.

РИС. 7. Орбитальная группировка КА компании *Thales Alenia Space*

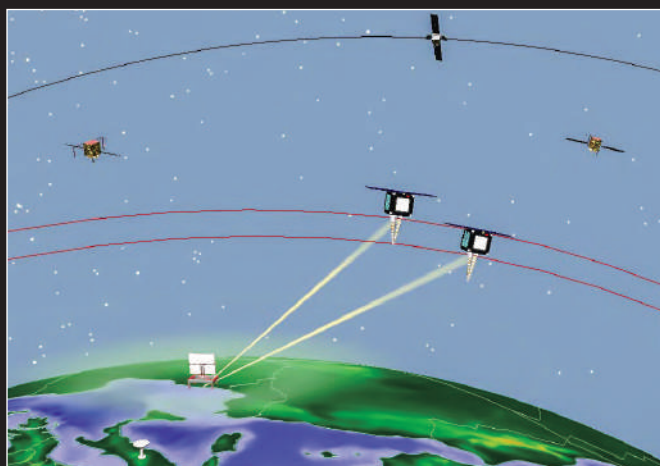


РИС. 9. Передача информации с КА РЭН на НСК через геостационарный ретранслятор

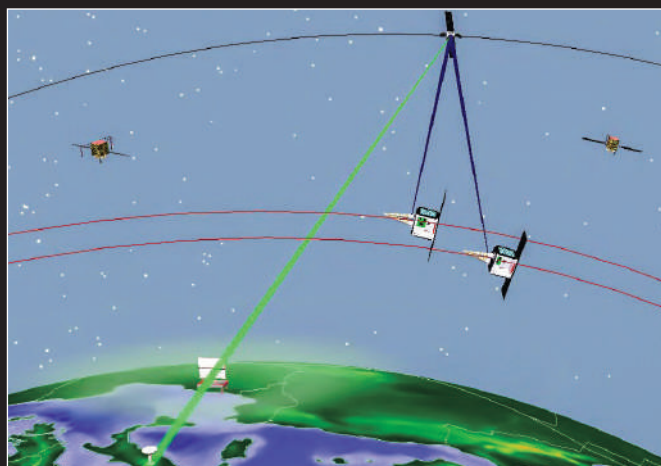
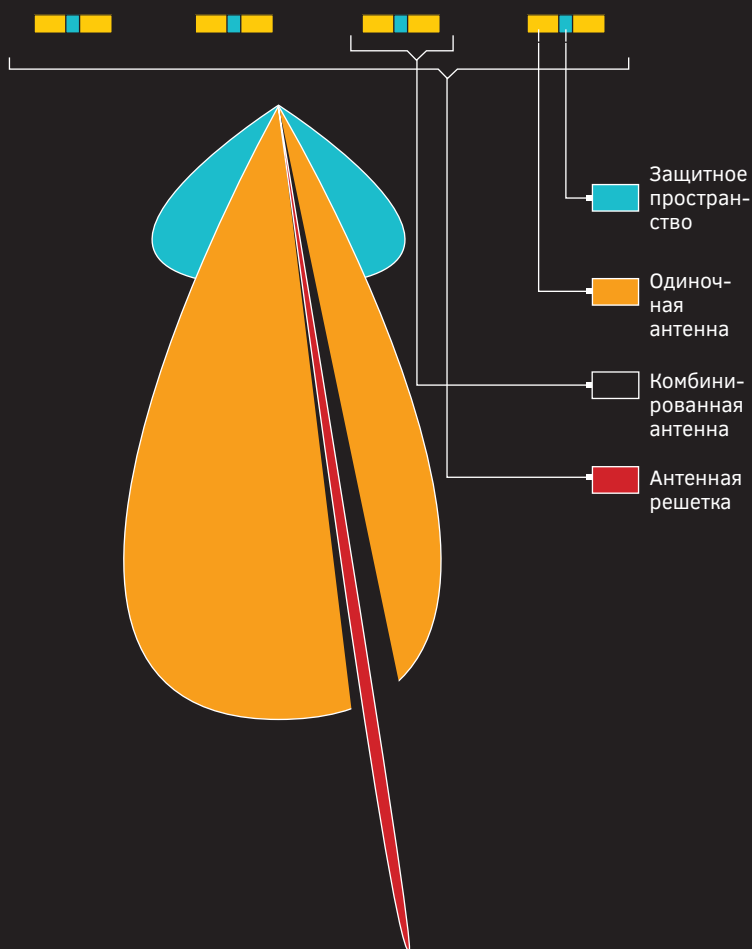


РИС. 6. Космический аппарат РЭН CERES



РИС. 8. Диаграмма направленности антенной системы КА РЭН компании *Thales Alenia Space*



## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ КОМПАНИИ HAWKEYE 360

Компания HawkEye 360 создает орбитальную группировку МКА РЭН (рис. 10), предназначенных для картографирования загрузки радиоспектра, выявления изменений в радиоспектре с привязкой к местности в реальном масштабе времени и наведения по этим данным других КА, например КА оптико-электронного наблюдения компании BlackSky Global (рис. 11) [6]. Орбитальная группировка будет включать шесть баллистически связанных групп Pathfinder из трех МКА Hawk по две группы в трех плоскостях солнечно-синхронной орбиты высотой 575 км с наклоном 97, 44 и 63,5 градуса. Два МКА будут отстоять друг от друга на 125–250 км, третий МКА будет на удалении 10 км от базовой плоскости орбиты [7]. Такое построение орбитальной группировки обеспечит периодичность наблюдения заданных районов на широте 30–60 градусов от 35 до 45 раз в сутки. Выбор солнечно-синхронной орбиты обусловлен стремлением повысить частоту закладки на борт рабочих программ полярными НСК. Рассматривается также вариант БСГ, в которой КА будут разнесены на орбите на 40 и 1 км. Для поддержания заданной геометрии БСГ в течение трех лет применяется электротермальный микродвигатель СОМЕТ-1, работающий на воде и обеспечивающий запас характеристической скорости 100 м/сек. Отработка управления КА с использованием микродвигателя СОМЕТ-1 предварительно проведена в ходе испытаний КА СОМЕТ-1. Для картографирования радиоспектра применяется РДДМ определения координат источников радиозлучения на базе научно-технического задела, полученного в рамках реализации проекта SAMSON [8]. Высокая точность геолокации ИРИ обеспечивается за счет измерения разности времен приема радиосигналов на борту КА из состава БСГ со среднеквадратичной погрешностью 20 нс и разности доплеровских сдвигов частоты этих сигналов со среднеквадратичной погрешностью 0,5 Гц. При этом запатентованный алгоритм «слепой когерентной идентификации» ВСИ позволяет осуществлять местоопределение ИРИ без знания структуры и форматов их радиосигналов, что представляет новую и весьма эффективную технологию, рожденную так называемой новой космической революцией.

Алгоритм ВСИ [9] состоит в реализации следующих операций. Для заданного включения бортовой аппаратуры РЭН осуществляется раз-

бивка наблюдаемого района на ячейки, размеры которых определяются планируемой погрешностью местоопределения ИРИ, которые потенциально могут находиться в их пределах. Для каждой ячейки рассчитываются прогнозируемые разность времен прихода и разность доплеровских сдвигов частоты по отношению к текущему положению и скорости движения БСГ КА на орбите, и формируется сетка этих расчетных параметров, соответствующих сетке значений координат центров пространственных ячеек. Для определения местоположения ИРИ при обработке принятого сигнала формируется множество его копий путем введения в него поправок на прогнозируемые задержку и доплеровский сдвиг в соответствии со сформированной сеткой значений. Затем вычисляются их когерентные взаимокорреляционные функции с исходным принятым на борту КА сигналом в цифровой форме. При этом соответствующему ИРИ присваиваются координаты той ячейки, прогнозируемый сигнал из которой дает максимум взаимокорреляционной функции. Для отработки алгоритмов геолокации ИРИ проведены их натурные испытания с использованием авиационных, в том числе беспилотных, носителей по сигналам системы идентификации кораблей AIS. При этом учитывались сравнительно невысокие точности определения положения носителя аппаратуры РЭН и составляющих его скорости в полете (среднеквадратическая погрешность 10 м и 1 см/сек соответственно) аппаратурой спутниковой навигации. Для снижения влияния этих погрешностей на точность геолокации ИРИ применяется алгоритм решения обратной навигационной задачи для уточнения положения КА на орбите путем приема и обработки сигналов ИРИ с априорно известными высокоточными координатами.

Базовыми элементами КА Hawk являются космическая платформа NEMO-15, получившая летную квалификацию в составе КА GHCSat, NORSAT-1,2, NEMO-AM, и полезная нагрузка – цифровой приемо-передающий радиокомплекс SDR, применяемый как для приема и обработки по целевому назначению радиосигналов ИРИ, представляющих оперативный интерес, так и для обеспечения обмена информацией с НСК. Космическая платформа имеет размеры 40×30×20 см и массу 10 кг. Внешний вид космической платформы и вид ее в разрезе показаны на рисунках 12, 13. Полезная нагрузка включает антенную систему, высокочастотную часть, процессор для аналого-цифрового преобразования радиосигналов на промежуточной частоте и встроенный процессор для цифровой обработки радиосигна-



РИС. 10. —  
Космический аппарат РЭН компании HawkEye 360



Компания HawkEye 360 со своей международной кооперацией совершила революционный переворот, впервые планируя выйти на внутренний и международный рынок информационных услуг с детальной и оперативной информацией о глобальной радиоэлектронной обстановке, добываемой совместно космическими и наземными средствами. Она установила сотрудничество с компанией KRATOS – ведущим провайдером АНБ – для объединения наземной сети радиоэлектронного наблюдения компании KRATOS и орбитальной группировки МКА компании HawkEye 360.

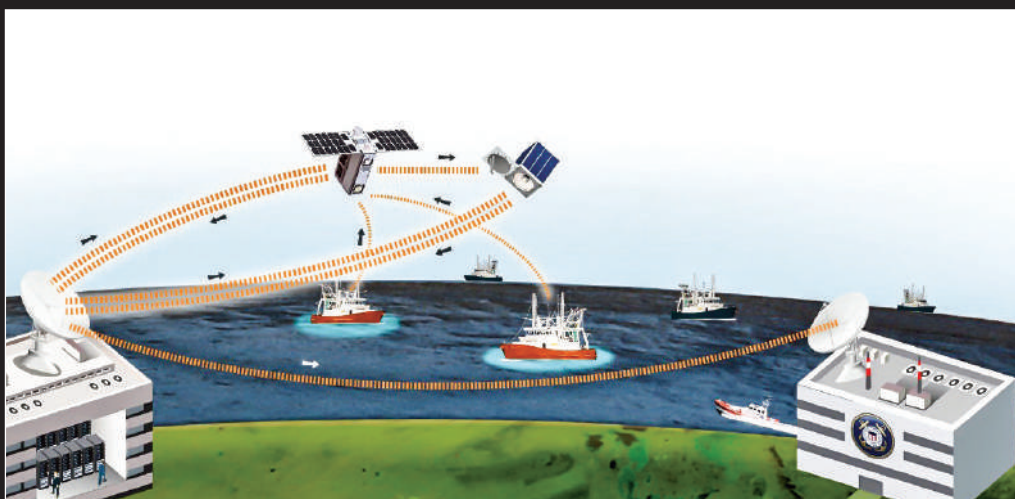
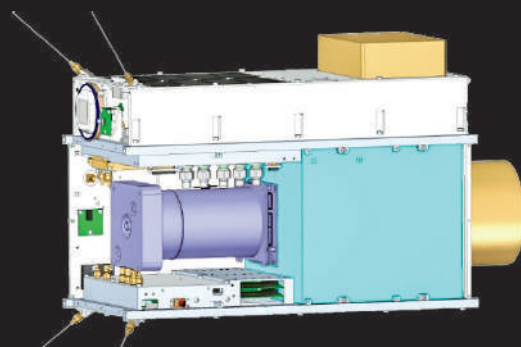


РИС. 11. —  
Наведение КА Blacksky по данным КА РЭН Hawk

РИС. 12. —  
Космическая платформа NEMO-15



РИС. 13. —  
Космическая платформа NEMO-15 в разрезе





лов, включая их демодуляцию. Антенная система состоит из четвертьволновых диполей, плоских антенн и широкополосного рупора (рисунк 10). Высокочастотная часть радиокомплекса построена с использованием приемопередатчика AD9361 в составе модулей TR-600 (разработчик – компания ComSpace) и/или USRP E310 (рисунк 14) (разработчик – компания Ettus Research) [10, 11] и обеспечивает прием радиосигналов в диапазоне частот 70 МГц...6 ГГц в перепрограммируемой мгновенной полосе пропускания в диапазоне 200 кГц...56 МГц. Цифровая часть радиокомплекса построена на модулях FPGA, процессорах Xilinx Zynq-7030, ARM Cortex-A9 MPCore, программируемых на языках Python и C++ в операционной системе Linux. Все цифровые устройства в космическом исполнении получили летную квалификацию. Ядром цифрового радиокомплекса является специальное программное обеспечение GNU Radio, в котором запрограммированы алгоритмы обработки и анализа сигналов ИРИ, представляющих оперативный интерес для потребителей информации.

Применение цифрового радиокомплекса SDR, перепрограммируемого на борту в полете, позволяет оперативно менять схемы демодуляции и полной обработки радиосигналов, адаптируя радиокомплекс под вновь появляющиеся в процессе полета сигнальные конструкции без доработки бортового оборудования. Для преобразования радиосигналов в цифровую форму применяется 12-битное аналого-цифровое преобразование со скоростью до 10 миллионов отсчетов в секунду.

Бортовые цифровые модули обладают необходимым ресурсом для проведения полной обработки радиосигналов на борту КА. Однако на начальном этапе после предварительной обработки на борту сформированная цифровая информация будет передаваться на НСК, где будет производиться ее полная обработка, включая решение задач геолокации и идентификации ИРИ.

Компания HawkEye 360 установила сотрудничество с компанией KRATOS – ведущим провайдером АНБ – для объединения наземной сети радиоэлектронного наблюдения компании KRATOS и орбитальной группировки МКА компании HawkEye 360. МКА из состава BSG Pathfinder будут осуществлять поиск и местопределение заданных источников радиоизлучения по сигналам, взятым из банка данных компании KRATOS. В наземных центрах будут выявляться изменения в радиоэлектронной обстановке – выход на излучение известных или ожидаемых источников радиоизлучения

в искомым или ранее не излучающих районах. Выявление изменений в радиоэлектронной обстановке будет осуществляться путем сравнения спектральных карт, полученных в разные периоды времени, и имеет целью установление частотных каналов, диапазонов частот, используемых в ходе локальных войн и вооруженных конфликтов, в другие особые периоды военно-политической обстановки.

Для различения «своих» («ожидаемых») сигналов на фоне «чужих» в их составе передаются специальные идентификационные сигналы CID, которые генерируются и хранятся в банке данных компании KRATOS [12]. CID представляют собой маломощные (уровень на 27,8 дБ ниже уровня информационного сигнала) сигналы с расширением спектра за счет фазовой модуляции несущего колебания псевдослучайными последовательностями, однозначно идентифицирующими передающие их ИРИ. Такая псевдослучайная несущая используется также для передачи информации о MAC-адресе демодулятора и/или серийного номера его изготовителя, а также данные о долготе и широте ИРИ. Специальный приемник осуществляет захват такой псевдослучайной несущей и формирование ее CID для последующей идентификации с использованием банка данных CID компании KRATOS.

Предусматривается также эффективное слежение за кораблями, в том числе по сигналам системы AIS, оценка радиоэлектронной обстановки в интересах планирования радиосвязи, включая оценку помеховой обстановки. Планируется предоставление аналитических материалов по результатам объединения данных от других источников, прежде всего от КА оптико-электронного и радиолокационного наблюдения, для чего данные об изменении радиоэлектронной обстановки будут использоваться для их наведения на районы, представляющие оперативный интерес. Подготовка таких данных будет осуществляться в геопространственной среде.

Информационные услуги компании HawkEye 360 предназначены как для государственных, так и для коммерческих потребителей. Геолокация и идентификация ИРИ из космоса обеспечит телекоммуникационным компаниям возможность эффективно планировать развертывание систем связи и передачи данных с учетом реальной помеховой обстановки в интересующих районах. Мониторинг ИРИ воздушного, морского и наземного базирования обеспечит эффективное управление транспортными потоками.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные КА РЭН создаются на базе прорывных технологий, позволяющих из набора готовых и получивших летную квалификацию модулей служебных систем и полезной нагрузки оперативно собирать, испытывать и выводить на орбиту КА в требуемой конфигурации. Такой подход к созданию КА становится актуальным при необходимости быстрого наращивания орбитальной группировки во внезапно возникающие особые периоды обстановки длительностью, как правило, до одного года. Для реализации современных требований, предъявляемых заказчиками к КА РЭН, сформировалась концепция их создания на базе УКП и развертывания БСГ таких КА, реализующих разностно-дальномерный и разностно-доплеровский методы местоопределения ИРИ. При этом разработка УКП осуществляется в рамках создания КА для технологических и научных исследований, что позволяет сосредоточить усилия на отработке решения целевых задач.

Появлению современных низкоорбитальных КА РЭН класса мини и микро для геолокации и идентификации ИРИ способствует технологический прогресс в области миниатюризации цифровых радиокомплексов на базе цифровых перепрограммируемых в полете модулей FPGA и концепции GNU Radio, возможность их оперативной программной адаптации под различные, в том числе неизвестные, сигнальные конструкции, а также формирование соответствующих этим конструкциям признаков описаний для идентификации ИРИ в непрерывно усложняющейся радиоэлектронной обстановке.

Компания HawkEye 360 со своей международной кооперацией совершила революционный переворот, впервые планируя выйти на внутренний и международный рынок информационных услуг с детальной и оперативной информацией о глобальной радиоэлектронной обстановке, добываемой совместно космическими и наземными средствами. Объединение этих данных с данными от других космических средств, порождаемых так называемой новой космической революцией, позволит заинтересованным потребителям получать беспрецедентную геопространственную информацию для решения уникальных и немыслимых ранее задач.

рис. 14.  
Полезная нагрузка USRP E310 из состава КА РЭН Hawk



*Современные КА РЭН создаются на базе прорывных технологий, позволяющих из набора готовых и получивших летную квалификацию модулей служебных систем и полезной нагрузки оперативно собирать, испытывать и выводить на орбиту КА в требуемой конфигурации.*



## Литература/References

1. <https://satelliteobservation.net/2016/11/06/history-of-the-french-reconnaissance-system> (Дата обращения: 26.03.2018).
2. <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/m/myriade> (Дата обращения: 26.03.2018).
3. <https://www.airforce-technology.com/projects/ceres-sigint-satellite-system> (Дата обращения: 26.03.2018).
4. <http://www.cesmail.org/worldpress/wp-content/uploads/2014/5.10.30.-TA-SI-The%20Vision-of-Thales-Alenia-Space.pdf> (Дата обращения: 26.03.2018).
5. [https://sspd.gsfc.nasa.gov/workshop\\_2012/Kato\\_final\\_presentation\\_2012\\_workshop.pdf](https://sspd.gsfc.nasa.gov/workshop_2012/Kato_final_presentation_2012_workshop.pdf) (Дата обращения: 26.03.2018).
6. [www.he360.com/applications](http://www.he360.com/applications) (Дата обращения: 24.04.2018).
7. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/view-content.cgi?article=3379&context=smallsat> (Дата обращения: 26.03.2018).
8. <http://dssl.technion.ac.il/DSSL//userdata/SendFile.asp?DBID=1&LNGID=1&GID=551> (Дата обращения: 26.03.2018).
9. <http://www.freepatentsonline.com/9661604.html> (Дата обращения: 26.03.2018).
10. <https://gomspace.com/Shop/subsystems/docks/nanodock-sdr.aspx> (Дата обращения: 26.03.2018).
11. <https://www.ettus.com/product/details/USRP-N310> (Дата обращения: 26.03.2018).
12. <https://www.satellitetoday.com/uncategorized/2014/08/26/mitigating-satellite-interference-through-carrier-identification> (Дата обращения: 26.03.2018).

© Клименко Н. Н., 2018

### История статьи:

Поступила в редакцию: 05.04.2018

Принята к публикации: 20.04.2018

Модератор: Бурдакова Т. В.

Конфликт интересов: отсутствует

### Для цитирования:

Клименко Н.Н. Современные низкоорбитальные космические аппараты для геолокации и идентификации источников радиоизлучения // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2(95). С. 48-57.