ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, 2021, том 91, № 11, с. 1074–1082

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОБЩЕГО СОБРАНИЯ ЧЛЕНОВ РАН
“ВКЛАД АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКИ В РАЗВИТИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ”

КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОДЕЗИЯ, СВЯЗЬ И НАВИГАЦИЯ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

© 2021 г. Н. А. Тестоедов[a,*], С. Н. Карутин[b,**]

[a] АО “Информационные спутниковые системы” имени академика М.Ф. Решетнёва”, Железногорск, Россия
[b] АО “Институт навигационных технологий”, Москва, Россия

*E-mail: testoedov@iss-reshetnev.ru
**E-mail: karutin-sn@inav.ru

Поступила в редакцию 20.07.2021 г.
После доработки 26.07.2021 г.
Принята к публикации 01.08.2021 г.

В статье представлена история создания в СССР и Российской Федерации автоматических космических аппаратов (АКА) различного назначения от начала космической эры до 60-летия первого орбитального полёта Ю.А. Гагарина, рассматриваются их сегодняшние возможности и перспективы развития в будущем, в том числе космических информационных АКА и аппаратов системы ГЛОНАСС. Значительное внимание в статье уделяется состоянию космической геодезии, совершенствованию её инструментария. Авторы знакомят читателя с новыми проектами и разработками, которые учёные и конструкторы АО “Информационные спутниковые системы” имени академика М.Ф. Решетнёва” предполагают реализовать совместно с коллективами институтов РАН и российских университетов. Статья подготовлена на основе доклада, заслушанного на научной сессии Общего собрания членов РАН 21 апреля 2021 г.

Ключевые слова: космос, космические аппараты, орбита, разработка, искусственный спутник Земли, связь, навигация, геодезия.

DOI: 10.31857/S086958732111013X

Человечество вышло в космос для того, чтобы изучить его, искать возможности для службы его землянам. Космическая связь, навигация, геодезия, метеорология – это то, что сегодня служит человечеству и без чего уже нельзя достойно жить.

Академик М.Ф. Решетнёв

ТЕСТОЕДОВ Николай Алексеевич – член-корреспондент РАН, генеральный директор АО “Информационные спутниковые системы” имени академика М.Ф. Решетнёва". КАРУТИН Сергей Николаевич – генеральный директор АО “Институт навигационных технологий”, генеральный конструктор системы ГЛОНАСС.

РОЖДЁННЫЕ В СИБИРИ

Космическая эра началась 4 октября 1957 г. запуском СССР первого в мире автоматического космического аппарата (АКА) – искусственного спутника Земли (“ПС-1” –“Простейший спутник-1”), что стало выдающимся вкладом нашей страны в сокровищницу мировой науки и техники.

4 июня 1959 г., то есть спустя менее двух лет после этого знаменательного события, вышел приказ Государственного комитета Совета министров СССР по оборонной технике СССР об образовании восточного филиала ОКБ-1 С.П. Королёва в Красноярске-26 (ныне г. Железногорск Красноярского края). Его возглавил заместитель и ученик Королёва, тогда 35-летний кандидат технических наук Михаил Фёдорович Решетнёв [1].

Первое изделие ОКБ-10 (с 1966 г. – КБ Прикладной механики, с 2008 г. АО “Информационные спутниковые системы” имени академика М.Ф. Решетнёва”), созданное молодым коллективом, – ракета-носитель лёгкого класса “Космос”. Она предназначалась для выведения автоматических космических аппаратов весом до 500 кг на средние эллиптические и круговые орбиты высотой до 1500–2000 км. 18 августа 1964 г. эта ракета-носитель доставила на орбиту первые три АКА, как и сама она, разработанные в ОКБ-10 [2, 3].

После успешного создания ракеты “Космос” сибирскому предприятию была передана спутниковая тематика. В середине 1960-х годов в ОКБ-10 освоили выпуск самых мощных на то время АКА типа “Молния”, предназначенных для создания первой в мире системы связи и телевещания на высоких эллиптических орбитах (первые КА “Молния” разрабатывались в ОКБ-1 и Московском НИИ радиосвязи). Работы по созданию экспериментальных космических систем связи “Стрела”, начатые в 1961 г. в ОКБ-586 (ныне ГКБ “Южное” им. М.К. Янгеля), уже в следующем году были переданы в ОКБ-10 и успешно там продолжены.

За прошедшие шесть десятилетий специалистами компании “ИСС” изготовлено и выведено в космос более 1280 аппаратов различного назначения, на основе которых сформировано свыше 40 многоспутниковых систем и комплексов на всех орбитах. Сегодня две трети орбитальной группировки России разработаны в конструкторском бюро и изготовлены в производственных цехах сибирского предприятия. Это, в частности, космические информационные системы, КА и системы связи, навигации, геодезии, а также научно-экспериментальные автоматические космические аппараты.

Начиная с 1960-х годов учёными и специалистами предприятия в сотрудничестве с коллективами институтов Академии наук и университетов страны созданы четыре поколения низкоорбитальных спутниковых систем (“Стрела-1”, “Стрела-1М”, “Стрела-3” и “Гонец”), отличающихся более высокой пропускной способностью передачи информации и функциональными возможностями. Эти космические группировки постоянно развиваются, совершенствуются, они успешны. Но наиболее передового научно-технического уровня удалось достичь при создании геостационарных космических аппаратов и аппаратов, запускаемых на высокие эллиптические орбиты.

Анализируя путь развития АКА, можно констатировать, что на условном первом этапе (1967) в первую очередь были рассчитаны и освоены орбиты для высокого эллипса – они оказались лучшими, наиболее устойчивыми, используются до сих пор. Тогда же были отработаны основные типы космических аппаратов и их подсистемы – полезные нагрузки, системы электропитания, терморегулирования, ориентации, коррекции и другие.

На втором этапе и этапе втором плюс (1985–2010) была разработана и внедрена технология удержания орбитальной позиции космического аппарата. В результате геостационарный спутник перестал для наземного наблюдателя описывать некую восьмёрку относительно экватора с размахом в 10°, что позволило существенно упростить конструкцию наземных станций, резко сократить их стоимость. На космических аппаратах этого этапа впервые были установлены бортовые электронно-вычислительные машины (словосочетание “бортовой компьютер” тогда ещё не использовалось), обеспечившие высокоточное наведение антенных лучей бортовых ретрансляторов на обслуживаемые в космосе объекты.

Сегодняшний третий этап (2011) характеризуется переходом к аппаратам негерметичного исполнения, широким применением в конструкции АКА композиционных материалов, созданием и использованием электронной компонентной базы (ЭКБ), стойкой к прямому воздействию факторов космического пространства, использованием активной и пассивной систем терморегулирования размерностью от микросхемы до аппарата в целом и, конечно же, применением высокоэффективных солнечных батарей на базе трёхкаскадного арсенида галлия с КПД до 30%. Как следствие, резко выросли тактико-технические характеристики АКА: срок активного существования вырос в 15 раз (до 15 лет); мощность полезной нагрузки увеличилась в 40 раз, до 13–14 кВт, а её удельный вес в 2.5 раза. В итоге теперь треть состава аппарата – это целевая нагрузка, а не обеспечивающие системы (рис. 1).

Ещё бóльшее влияние на объёмы информации, пропускаемые через спутник, оказали следующие факторы: освоение более высоких и информативных диапазонов частот, новые методы кодирования информации и, соответственно, её уплотнения, а самое главное – переход с аналоговых информационных технологий на цифровые. Мультипликативный эффект всех этих новшеств позволил увеличить объём пропускаемой через спутник информации на три порядка и более. Таким образом, эффективность автоматических космических аппаратов повысилась более чем в 1000 раз, а части из них – в 10 тысяч раз по сравнению с теми, которые запускались 40 лет назад. В качестве примера использования результатов фундаментальных и прикладных научных исследований в космической отрасли упомянем высокоэффективные фотопреобразователи на базе ге-

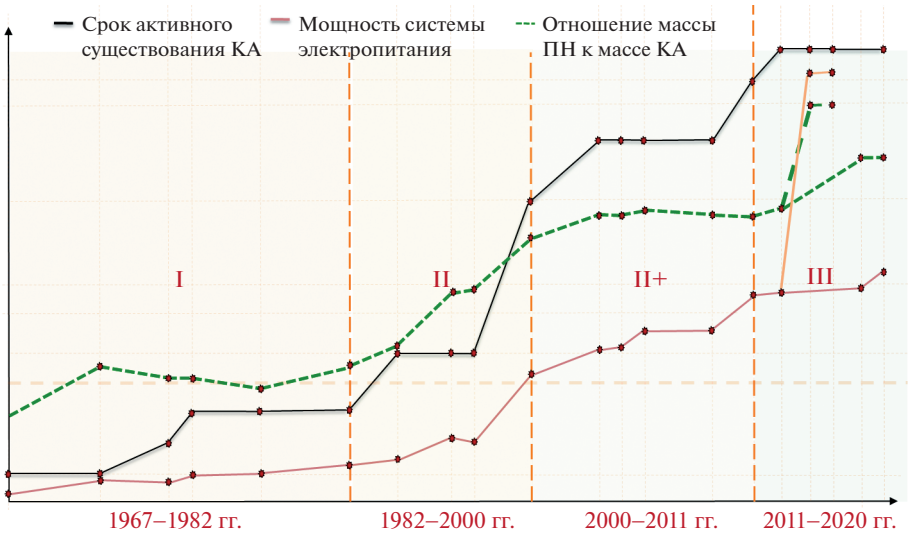


Рис. 1. Динамика развития автоматических космических аппаратов связи

тероструктур, разработанные под руководством академика РАН Ж.И. Алфёрова, а также элементы комплекса системы обеспечения необходимой рабочей температуры на приборах, созданные в Красноярском научном центре СО РАН под руководством академика РАН В.Ф. Шабанова.

Заметим, что доля композиционных материалов в конструкции современных космических аппаратов достигает 80%. Примерами эффективного применения композитных материалов являются созданные ЗАО "Центральный научно-исследовательский институт судового машиностроения" под научным руководством академика В.В. Васильева конструкционные элементы негерметичных КА серии "Эспресс-1000/2000": анизогридные силовые конструкции (центральная труба, конический адаптер переходной системы, конический адаптер антенного блока); анизогридные размеростабильные спицы и штанги крупногабаритных трансформируемых рефлекторов антенных систем; металлокомпозитные баки высокого давления для хранения ксенона.

Но нельзя не упомянуть и факторы, тормозящие темпы развития спутниковых систем. Мы, спутникостроители, обновляющие АКА каждые 5 лет, крайне заинтересованы в повышении мощности ракет, но не можем повлиять на темпы обновления их парка, а они невысоки по объективным причинам: на создание нового образца этой космической техники уходит 25 лет и более. Ракетчики же, в свою очередь, привязаны к космодромам, стартовым столам, включая в том числе и зарубежный ныне "Байконур".

В последние годы проблема нехватки мощности ракет успешно решена коллективом учёных и специалистов АО "ИСС" при участии сотрудников НИИ прикладной механики и электродинамики МАИ под руководством академика РАН Г.А. Попова. Ими разработана и реализована технология довыведения космических аппаратов в необходимую орбитальную позицию с помощью электрореактивных двигателей самого́ космического аппарата (рис. 2). Как результат, ракета "Протон-М" с разгонным блоком "Бриз-М", стартовав с космодрома "Байконур", может вывести непосредственно на геостационарную орбиту спутник массой не более 3250 кг, а с довыведением в течение четырёх месяцев – 4300 кг, то есть на 32% больше. Помимо огромной экономической выгоды, а работа одного транспондера весом 10 кг стоит примерно 1 млн долл. в год, мы, спутникостроители, ощутили существенную независимость от мощности ракет, а разработчики ракет – от космодрома запуска, что немаловажно, имея в виду национальную безопасность Российской Федерации.

Крупным отечественным научно-техническим достижением стало создание системы ГЛОНАСС. Навигационные системы начали разрабатываться в Железногорске более 50 лет назад как навигационно-связные на базе низколетящих АКА типа "Циклон" (в общей сложности было запущено более 160 таких спутников) [4]. В системе использовался метод навигационных определений с помощью эффекта Доплера, по мере её развития определение местоположения морских судов обеспечивалось с точностью от 600 до 30 м.

При повышении требований потребителей к точности места определения и постоянной доступности была разработана многоспутниковая навигационная система второго поколения с использованием дальномерных методов навигационных определений. Сегодня 24 космических аппарата (по 8 АКА в трёх плоскостях), летящих на

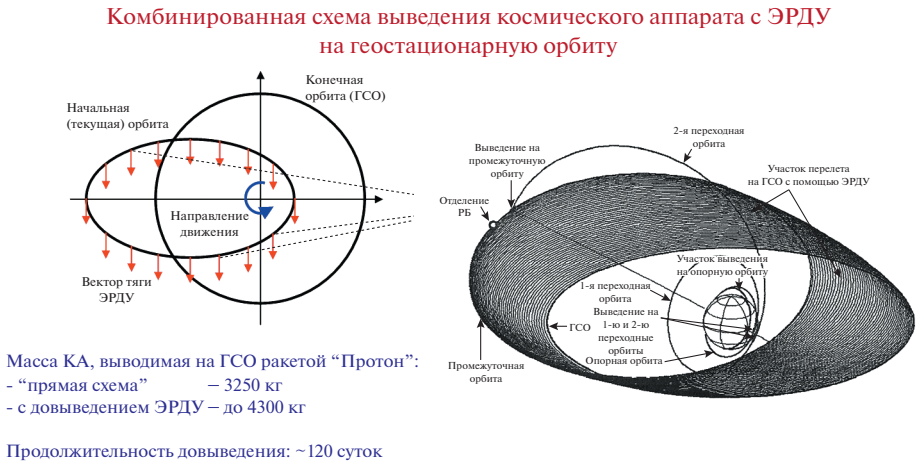


Рис. 2. Комбинированная схема выведения космического аппарата с электрореактивной двигательной установкой на геостационарную орбиту

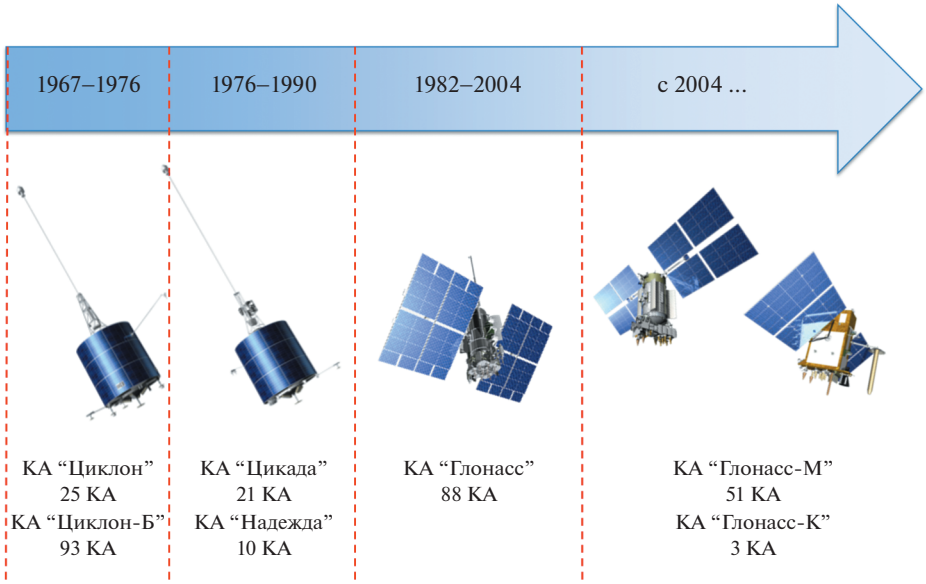


Рис. 3. Этапы создания и развития навигационных автоматических космических аппаратов

высоте 20 тыс. км над Землёй, обеспечивают постоянную доступность навигации в любой точке планеты с точностью навигационного сигнала до 1 м (с вероятностью 1 сигма), но это без учёта ионосферных и тропосферных поправок (рис. 3) [5, 6].

Развитие системы ГЛОНАСС предусмотрено федеральной программой "Космическая деятельность России до 2030 года". При этом в составе существующей орбитальной группировки произойдёт смена поколения аппаратов на "ГЛОНАСС-К2", а число аппаратов увеличится до 30 за счёт введения дополнительной высокоэллиптической группировки, как это реализуется в китайской системе "Бейдоу". Внедрение до десяти новых навигационных сигналов будет способствовать повышению помехозащищённости, а внедрение межспутниковых радио- и оптических линий – дальнейшему повышению точности навигационного сигнала [7].

Система навигационных определений по радиотехническим сигналам проста и удобна, неслучайно в мире число глобальных навигационных систем возросло до четырёх – ГЛОНАСС, GPS, Галилео и Бейдоу. Но такая система может быть заглушена или преднамеренно искажена как из космоса, так и локально с Земли. Кроме того, ряд потребителей не имеет прямого доступа к радиотехническому сигналу, например, находящиеся под водой или под земной поверхностью.

Поэтому наряду с радиотехническими навигационными системами разрабатываются их альтернативы на других физических принципах: это инерциальные навигационные системы и системы на основе изменений магнитного и гравитационного поля Земли. С учётом современного развития техники самые перспективные из них – на основе измерений гравитационного поля Земли. Недостаток инерциальной системы состоит в том, что она требует сверки через достаточно короткие временны́е промежутки, а системы, основанной на измерении магнитного поля Земли, – в его искажении металлическими конструкциями, например конструкциями корабля.

В 2014 г. предприятия космической отрасли столкнулись с проблемой импортозамещения элементной компонентной базы (ЭКБ). Под руководством госкорпорации "Роскосмос" был проанализирован состав ЭКБ импортного производства, поэтапно осуществляется её замена на отечественную с использованием результатов опытно-конструкторских работ, организуемых Минпромторгом России. За десятилетие (2015–2025) доля ЭКБ отечественного производства в аппаратах "ГЛОНАСС" вырастет до 100%.

ВОЗМОЖНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ

Как и в навигации, АО "Информационные спутниковые системы" имени академика М.Ф. Решетнёва" является единственным в России разработчиком космических геодезических систем, имеющих несомненные преимущества в силу глобальности, оперативности и независимости. Задачи космической геодезии совпадают с задачами геодезии в целом, но первая даёт возможность получать решения в более сжатые сроки и с большей точностью, чем с использованием традиционных методов. Кроме того, существует ряд задач, решение которых вообще невозможно без использования искусственных спутников Земли или требует столько времени и средств, что делает их практически невыполнимыми.

Первая (она же основная) задача космической геодезии – определение фундаментальных постоянных, характеризующих форму и размеры Земли, а также изменений этих фундаментальных постоянных во времени. Вторая, тесно связанная с первой, задача – создание геоцентрических (планетоцентрических) систем координат. Её решение сводится к построению сетей опорных точек в единой для Земли системе координат, имеющей начало в центре масс, а направления осей определённым образом зафиксированы для различных временных этапов. Решение этих двух задач невозможно, если неизвестно внешнее гравитационное поле Земли. Определение параметров, характеризующих гравитационное поле, также проводится методами космической геодезии.

Космическая геодезия позволяет решать и прикладные задачи. К их числу относится прежде всего координатно-временна́я привязка результатов космических съёмок Земли, выполняемых в интересах исследования природных ресурсов и космического картографирования. Важны и данные, полученные методами космической геодезии – они используются для решения задач геофизики и геодинамики.

Повышение точности космических геодезических измерений позволит получить количественные данные об эволюции фигуры и гравитационного поля Земли во времени и тем самым установить характер и особенности движения материков, закономерности протекания тектонических процессов, прогнозировать поиск полезных ископаемых и эффективно предсказывать сейсмические процессы, в том числе сильные землетрясения. Высокоточное геодезическое обеспечение необходимо также в интересах навигационной системы ГЛОНАСС и практически всех новых космических технологий [7]. В этом смысле космическая геодезия служит базисом координатно-метрических систем, картографии, дистанционного зондирования Земли, составления и мониторинга кадастра, высокоточного мониторинга транспортных средств самого широкого профиля.

История отечественной космической геодезии началась с эксплуатации КА "Сфера" (1972–1980) (рис. 4). Он был запущен на круговую орбиту высотой около 1200 км с наклонением 74° и 83° и представлял собой цилиндр диаметром 2 м и высотой около 2 м, покрытый солнечными фотопреобразователями. Космический аппарат оснащался системой импульсной световой сигнализации и радиотехнической доплеровской системой. Запуски КА "Сфера" и их эксплуатация в составе космического геодезического комплекса (КГК) дали возможность за короткие сроки создать единую систему координат на всю поверхность земного шара с центром в центре масс Земли, уточнить элементы ориентирования в сравнении с системой координат 1942 г. и геофизические параметры Земли. По результатам обработки геодезической информации в 1977 г. была создана модель поля Земли, построена общеземная геодезическая сеть определения астрономических геодезических пунктов со средней квадратической погрешностью в несколько десятков метров.

Второй этап развития космической геодезии в России ознаменовался созданием и запуском 22 января 1981 г. геодезического КА "ГЕО-ИК" второго поколения. Аппараты выводились на околокруговые орбиты высотой около 1500 км и наклонением 74° и 83°. Для решения целевых за-

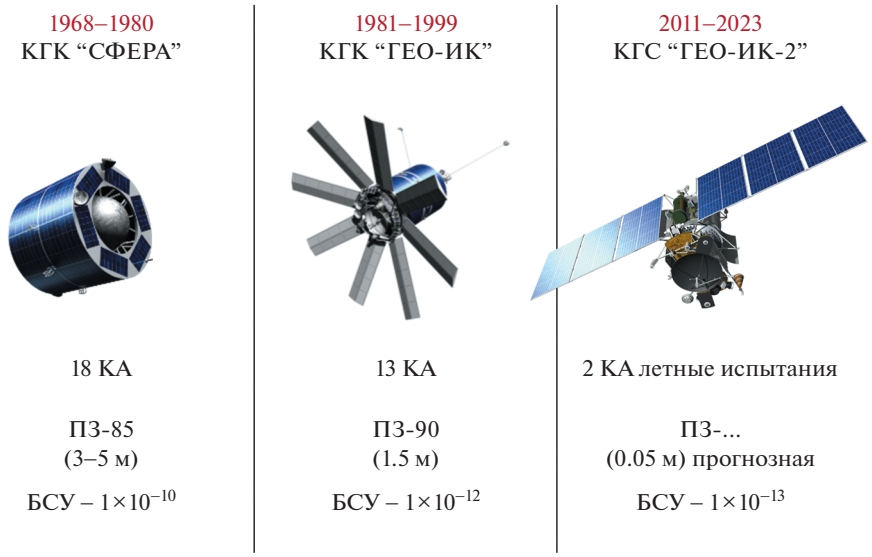


Рис. 4. Этапы создания автоматических космических аппаратов для нужд космической геодезии в СССР и Российской Федерации

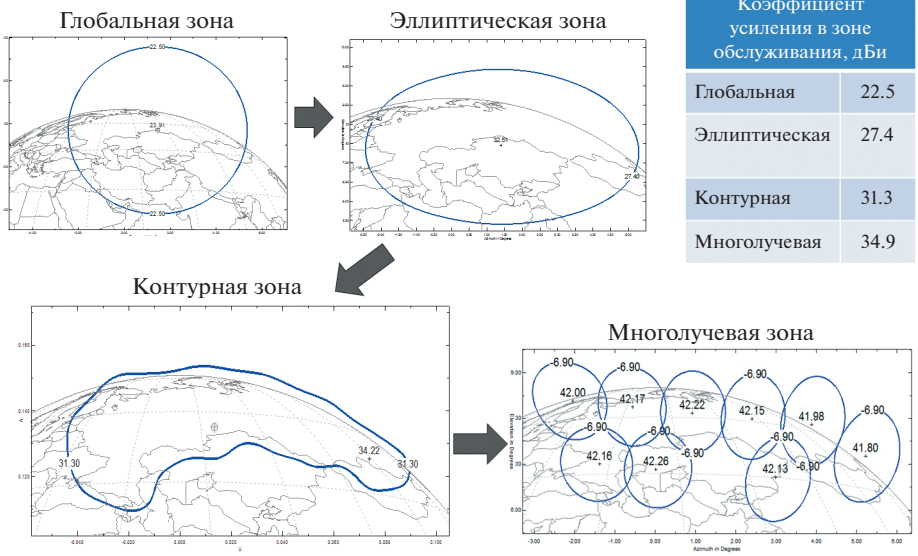
дач КА “ГЕО-ИК” оснащались радиовысотомером, радиотехнической доплеровской и дальномерной запросной системами, системой световой сигнализации, уголковыми отражателями, системой синхронизации и хранения времени.

Наряду с уже традиционными триангуляционным и орбитальным методами, при решении геодезических задач использовался метод альтиметрии – прямого измерения радиовысотомером высоты орбиты до морской поверхности. В результате обработки геодезической информации были созданы две модели поля Земли (“ПЗ-85” и “ПЗ-90”), построена мировая астрономо-геодезическая сеть со средней квадратической погрешностью определения пунктов в несколько метров и определена форма Земли, характеризуемая превышением высоты геоида над квазигеоидом в несколько метров.

С 2001 по 2011 г. наземной специальной аппаратурой был накоплен большой объём измерений (кодовые псевдодальности и измерения фазы несущей), проведённых с использованием КА систем ГЛОНАСС и GPS. Систематизация и анализ этих измерений позволили к концу 2011 г. разработать новую версию общеземной геодезической системы координат (ПЗ-90.11). Постановлением Правительства Российской Федерации она была установлена для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полётов и решения навигационных задач. Тем же правительственным постановлением была установлена национальная геодезическая система координат 2011 г. (ГСК-2011) – для использования при осуществлении геодезических и картографических работ на территории Российской Федерации.

В целях совершенствования геодезического обеспечения потребителей создана и развёрнута космическая геодезическая система (КГС) на базе спутников второго поколения – КА “ГЕО-ИК-2”, дополнительно оснащённых аппаратурой радионавигации, которая предназначена для определения параметров собственной орбиты по сигналам КА орбитальных группировок систем ГЛОНАСС и GPS. Облик КА “ГЕО-ИК-2” формировался под целевую орбиту (гелиосинхронная круговая, высота около 1000 км, наклонение около 99°). Лётные испытания КГС “ГЕО-ИК-2” начались в 2011 г. (всего запущено три КА: в 2011, 2016 и 2019 гг.), в настоящее время они находятся на стадии завершения. Осуществляется обработка измерительной информации для решения целевых геодезических задач, реализующих государственную систему координат с относительной погрешностью определения расстояния между пунктами сети на уровне дециметров.

Для выполнения перспективных требований к геодезическому обеспечению в настоящее время формируется облик космической системы “ГЕО-ИК-3” с применением новых космических технологий, новой прецизионной спутниковой аппаратуры, новых подходов к проектированию. Систему третьего поколения предполагается создавать на базе многоярусной орбитальной группировки с использованием всех средств и методов космической геодезии, включая классический динамический метод, совместно с гравиметрическим и альтиметрическим методами, а также с применением спутникового гравитационного градиентометра и метода прецизионных межспутниковых измерений относительного



Коэффициент усиления в зоне обслуживания, дБи	
Глобальная	22.5
Эллиптическая	27.4
Контурная	31.3
Многолучевая	34.9

Рис. 5. Зоны покрытия территории Российской Федерации автоматическими космическими аппаратами системы связи

положения двух низкоорбитальных КА для прямых измерений геомагнитного поля Земли.

Орбитальная группировка КГС “ГЕО-ИК-3” будет включать в себя:

• 1–2 среднеорбитальных КА, оснащённых высокоточным радиовысотомером и обращающихся на солнечно-синхронной орбите;

• низкоорбитальный КА, оснащённый спутниковым гравитационным градиентометром;

• 2 низкоорбитальных КА, оснащённых высокоточной аппаратурой межспутниковых измерений;

• орбитальную группировку КА систем ГЛОНАСС, GPS, Галилео (войдут функционально).

Созданы три поколения космических геодезических систем, что позволило определить и уточнить фундаментальные постоянные, характеризующие форму и размеры Земли, а также изменения этих фундаментальных постоянных во времени. Решён ряд прикладных задач, таких как координатно-временна́я привязка результатов космических съёмок Земли, картографирования, задач геофизики и геодинамики, прогноза поиска полезных ископаемых.

ПРОЕКТЫ, УСТРЕМЛЁННЫЕ В БУДУЩЕЕ

Каждый АКА состоит из десятков подсистем и приборов. Не перечисляя все, представим эволюцию антенн связи – от глобальных, эллиптических, контурных до многолучевых. На рисунке 5 показаны изменения зон покрытия АКА связи при изменении конструкции антенн (на примере территории Российской Федерации, включая переиспользование частот с перераспределением мощности при применении многолучевой антенны) [8]. По сравнению с глобальными антеннами, многолучевые позволяют повысить мощность сигнала, принимаемого потребителем на Земле, примерно в 16 раз, а это означает, что диаметр земной приёмной антенны можно уменьшить в 4 раза.

Отдельное научно-техническое направление, реализуемое сегодня, – создание крупногабаритных антенн с раскрывающимся рефлектором диаметром до 48 м. На рисунке 6 представлено развитие трёх конструкторских решений. Первое – сетчатые антенны диаметром 5 м, раскрывающиеся на жёстких спицах, уже 10 лет работают на космических аппаратах “Луч”. Их более масштабные аналоги, но с меньшим количеством спиц и новой формообразующей структурой диаметром 12 м отправятся на орбиту через два года. В средней части рисунка – антенна с вантовой конструкцией рефлектора – это вырезка (размер полуоси 41 на 35 м). Этап научно-исследовательских работ по этим антеннам завершён, в текущем году стартует этап опытно-конструкторских работ. Космический аппарат с такой антенной планируется отправить на орбиту через шесть лет. И конечно же, высший научно-инженерный “пилотаж” – раскрывающаяся антенна диаметром 10 метров из композиционных материалов для космической обсерватории “Миллиметрон”, создаваемой по заказу Российской академии наук. Предполагается, что её среднеквадратическое отклонение составит всего 10 мк, что в десятки раз точнее решения, уже полученного результата для

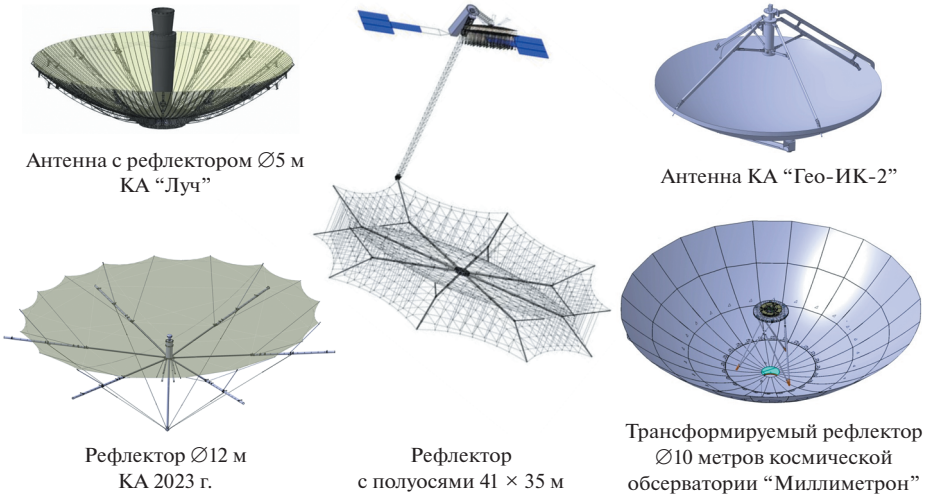


Рис. 6. Космические антенны различных конструкций

жёстких антенн. С использованием традиционных методов такая точность недостижима, поэтому необходимы новые научно-технические решения, ещё не используемые в автоматических космических аппаратах. В частности, это орбитальная юстировка, положения облучателя, контррефлектора и рефлектора относительно друг друга, а ещё – охлаждение элементов антенны, определяющих её геометрию, и первого защитного контура жидким гелием. Тем самым мы вторгаемся в гелиевую криогенику. Эта технология заметно отстала в России, для будущей обсерватории “Миллиметрон” специалисты “ИСС” её возрождают.

Сегодняшний мировой вызов – многоспутниковые низкоорбитальные космические системы. У всех на слуху OneWeb, Starlink. В рамках “Космической программы РФ до 2025 г.” в подпрограмме “Сфера” учёными и специалистами АО “ИСС” выполнен аванпроект космической системы “Марафон”. Это многоспутниковая система из 264 малых космических аппаратов. Её развёртывание предполагается в 2024–2026 гг. Назначение – предоставление телематических услуг для интернета вещей. Опционально – приложения для авиации, флота, навигации. Проект стартует в 2021 г., поскольку Правительством РФ необходимые решения уже приняты.

Ещё один проект, обращённый в будущее, – космическая система “Скиф”, также входящая в состав подпрограммы “Сфера”. Это русифицированный, продвинутый, по сравнению с существующим зарубежным, вариант: за рубежом он называется “o3b”; предполагается, что спутники, образующие систему, двигаются в экваториальной плоскости. Отечественный вариант предусматривает, что с орбитальной плоскости на высоте 8 тыс. км (наклонение 90°) обеспечивается покрытие всей территории России сигналом широкополосного доступа в Интернет, а при наличии двух ортогональных плоскостей – для всего мира. Научно-техническая проблема, стоящая перед этой космической системой (её ещё предстоит решить), – создание активных фазированных антенных решёток и блока обработки сигналов. Эта задача пока не решена и для геостационарных аппаратов.

“ИСС”, не только как предприятие, но и как инициатор технологической платформы “Национальная информационная спутниковая система” располагает богатым опытом взаимодействия с подразделениями Российской академии наук и ведущими российскими университетами. За последние 10 лет для реализации различных совместных проектов привлечено более 4 млрд рублей федеральных средств с таким же уровнем софинансирования со стороны “ИСС” и других участников технологической платформы. Хотя “ИСС” – научно-производственное объединение, но по отношению к проектам РАН и Минобрнауки России компания часто выступает в качестве индустриального партнёра.

Постановлением Правительства РФ от 19.02.2019 г. № 162 запущен механизм разработки комплексных научно-технических программ (КНТП) полного инновационного цикла. АО “ИСС”, СО РАН, Национальный исследовательский университет “МАИ” выступили инициаторами и разработчиками программы “Глобальные информационные спутниковые системы”, уже переданной в Правительство Российской Федерации (рис. 7).

В структуре КНТП три блока. Первый – комплексная программа научных исследований (КПНИ), фундаментальных, поисковых, прикладных, а также экспериментальных разрабо-

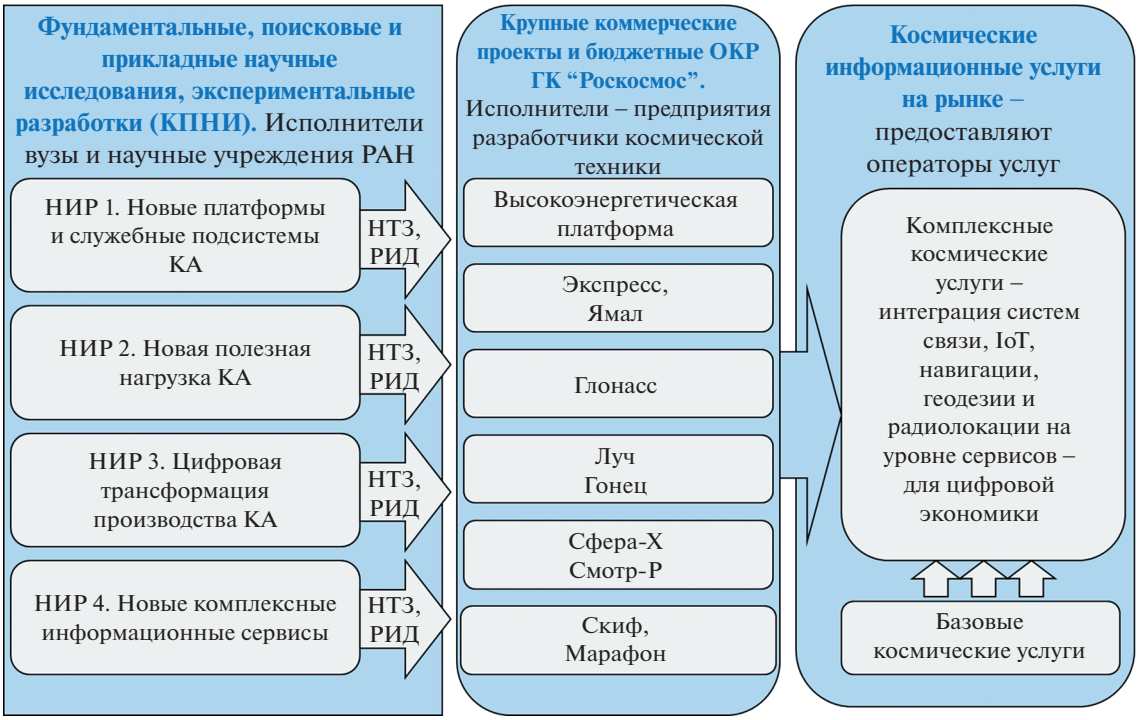


Рис. 7. Комплексная научно-техническая программа "Глобальные информационные спутниковые системы" – логическая схема

ток с использованием федеральных средств (для подразделений РАН и университетов). Блок предусматривает выполнение 40 комплексных научно-исследовательских работ, включающих в себя 150 конкретных проектов с участием подразделений Академии наук и российских университетов. Второй блок – опытно-конструкторские работы госкорпорации "Роскосмос" и коммерческих заказчиков. Третий – космические информационные услуги операторов потребителям. Естественно, что последний блок и служит главной целью – создание услуг населению. В ходе исполнения КПНИ должны быть разработаны новые технологии, применимые при создании радиолокационных малых космических аппаратов и высокомощных связных платформ, которые определяются из важнейших приоритетов развития космической отрасли Российской Федерации. Реализация этих планов обеспечит достойное продолжение славного космического пути, начатого первым орбитальным полётом Ю.А. Гагарина.

ЛИТЕРАТУРА

1. 40 космических лет. Железногорск: Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М.Ф. Решетнёва, 2002.
2. Академик Михаил Федорович Решетнёв. Железногорск: НПО ПМ им. акад. М.Ф. Решетнёва, 2006.
3. История развития отечественных автоматических космических аппаратов. М.: ИД "Столичная энциклопедия", 2015.
4. Мы были первыми. История создания навигационно-связной космической системы Военно-морского флота. М.: Кучково поле, 2014.
5. *Карутин С.Н., Власов И.Б., Дворкин В.В.* Дифференциальная коррекция и мониторинг глобальных навигационных спутниковых систем. М.: Изд-во Московского ун-та, группа компаний "Галерия", 2014.
6. *Чеботарёв В.Е., Косенко В.Е.* Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения. Красноярск: СибГАУ, 2011.
7. Космические вехи: сборник научных трудов, посвящённый 50-летию создания ОАО "ИСС" имени академика М.Ф. Решетнёва / Гл. ред. Н.А. Тестоедов. Красноярск: ИП Суховольская Ю.П., 2009.
8. Антенны, сфокусированные в зоне ближнего излучённого поля / Под общ. ред. Ю.Е. Седельникова, Н.А. Тестоедова. Красноярск: СибГАУ, 2015.