



УДК 621.396.1

А. В. Кузовников, М. П. Иванова, В. А. Агуреев
АО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М. Ф. Решетнёва,
г. Железногорск, Красноярский край, Россия

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОСТРОЕНИЮ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Рассматриваются этапы создания и последующего развития многофункциональной системы персональной спутниковой связи и передачи данных с космическими аппаратами на низких орбитах, основные технические решения по улучшению тактико-технических характеристик системы, повышение потребительской привлекательности и конкурентоспособности с зарубежными аналогами. Кроме того, определён основной потребительский контингент системы и представлена динамика восполнения орбитальной группировки системы до 2020 года.

Ключевые слова: спутниковая система связи, орбитальная группировка, космический аппарат, абонентский терминал, время ожидания связи, время доставки сообщения, потребительские характеристики.

A. V. Kuzovnikov, M. P. Ivanova, V. A. Agureev
JCS «Academician M. F. Reshetnev» Information Satellite Systems»,
Zheleznogorsk, Russian Federation

VARIANTS OF PERSPECTIVE PERSONAL SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEM ARCHITECTURE

In the article discuss the steps involved in the creation and subsequent development of the multifunctional system of personal satellite communication and data transfer to spacecraft in low-earth orbits, the main technical solutions for the improvement of the technical characteristics of the system, increase consumer appeal and competitiveness with foreign analogues. In addition, defined the main consumer contingent system and presents refreshment dynamics of orbital grouping of the system until 2020.

Key words: satellite communication system, the orbital group, spacecraft, user terminal, waiting time communication, message delivery time, consumer characteristics.

Космическая деятельность занимает одну из ключевых позиций в геополитике России и является одним из важнейших факторов, определяющих её статус как страны высоких технологий, играет всё более возрастающую роль в обеспечении национальной безопасности, в том числе безопасности жизнедеятельности населения, в экономическом,

научном и социальном развитии, в укреплении оборонной мощи [1].

Анализ тенденций развития зарубежных и отечественных космических комплексов (КК) и систем связи и телекоммуникации показал, что в настоящее время на первый план выходят сетевые информационные технологии и их применение в составе орбитальных группировок (ОГ) космических аппаратов (КА), которые рассматриваются уже как совокупности космических информационных

узлов (КИУ) сетевой архитектуры, обладающие определёнными информационными и вычислительными ресурсами. Космические аппараты и их составные части позиционируются уже не как аппаратные решения, а как прикладные процессы [2].

Сетевые информационные технологии обеспечивают достижение потенциальных возможностей космических средств по глобальности и оперативности доступа к информации о любых пространственных объектах в космическом и воздушном пространстве, на суше и море. Открываются новые возможности по организации связи и предоставлению телекоммуникационных услуг широкому кругу пользователей, решению задач координатно-временного и навигационного обеспечения, а также задач фундаментальной и прикладной науки, геофизики, геодезии, картографии и пр.

Для России в существующих геополитических условиях (ограничения по территориальному размещению наземных средств и наличие глобальных интересов в мире) создание подобной сетевой архитектуры возможно только при широком использовании космических средств, при этом глобальность и оперативность могут обеспечить низкоорбитальные космические комплексы и системы связи [3].

Таким образом, в конце 80-х – начале 90-х годов была предложена идея о создании первой отечественной системы спутниковой связи «Гонец» на базе малых низкоорбитальных космических аппаратов. Построение системы спутниковой связи на базе низкоорбитальных КА определило ряд преимуществ по сравнению с системой на основе геостационарных КА:

- относительно малые высоты снижают требования по энергетике к бортовой аппаратуре, что значительно снижает габариты и массу КА;
- абонентские терминалы (АТ) создаются на основе малогабаритных ненаправленных антенн с общей массой от 0,3 до 3 кг;
- абонентские терминалы размещаются у пользователей, что даёт им прямой доступ к услугам спутниковых систем связи, обеспечивая возможность глобальной персональной связи.

Космическая система «Гонец» прошла сложный путь развития, который начался с запуска 13 июля 1992 года двух космических аппаратов «Гонец-Д». Успешная демонстрация

возможностей предположенной к созданию системы связи положила начало для её дальнейшего развития.

На российском рынке оказания услуг связи и передачи данных создаваемая отечественная система «Гонец» будет конкурировать с зарубежными системами персональной спутниковой связи «Globalstar», «Iridium», «Inmarsat» и «Turaya», получившими разрешение на оказание услуг связи на территории России – в части предоставления телефонии и передачи данных, с системой «Orbcomm» – в части передачи телеметрической информации вне территории Российской Федерации. Высокий статус систем-конкурентов значительно повышает значимость создания отечественной конкурентоспособной системы связи и передачи данных [4].

Основным назначением системы «Гонец» является предоставление услуг персональной связи и передачи данных подвижным и стационарным абонентам, расположенным в любой точке земного шара, с преимущественным обслуживанием правительственных учреждений и государственных структур России [5].

Система «Гонец» предоставляет следующие услуги связи и передачи данных:

- радиотелефонную связь подвижным и стационарным пользователям, находящимся в зоне радиовидимости одного КА;
- обмен сообщениями между наземными средствами пользователей (НСП);
- циркулярную передачу сообщений группе наземных средств;
- передачу аварийных сообщений от АТ на региональную станцию (РС) или центр управления связным комплексом системы (ЦУСК) «Гонец»;
- определение местоположения подвижных пользователей;
- автоматизированный сбор данных с датчиков контроля состояния любых объектов, в том числе необслуживаемых, сбор данных о местоположении объектов;
- взаимодействие средств потребителей системы «Гонец» с сетью общего пользования, сетью Интернет и другими наземными сетями.

Основными областями применения системы «Гонец» являются:

- связь в удалённых регионах с неразвитой инфраструктурой (районы Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока, сельские и труднодоступные регионы и т.п.);

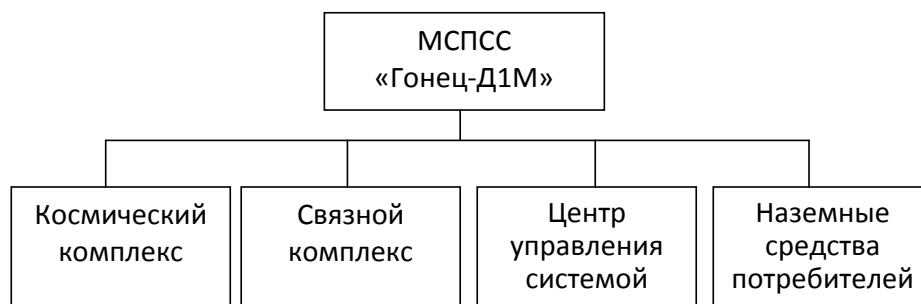


Рис. 1. Структурный состав системы «Гонец-Д1М»

6

- связь в чрезвычайных ситуациях (землетрясения, наводнения, экологические и промышленные катастрофы);
- глобальные ведомственные и корпоративные сети передачи данных;
- контроль состояния и местоположения подвижных транспортных средств и грузов;
- экологический, промышленный и научный мониторинг.

Ниже представлен состав системы «Гонец-Д1М» (рис. 1).

Космический комплекс предназначен для развёртывания, поддержания и управления орбитальной группировкой космических аппаратов «Гонец-М» и «Гонец-М1».

Связной комплекс совместно с космическим комплексом предназначен для передачи цифровой информации в пакетном режиме

и обеспечения радиотелефонной связи подвижных и стационарных абонентов.

Центр управления системой предназначен для планирования, организации, контроля эксплуатации системы и управления ОГ КА «Гонец-М» и «Гонец-М1».

Наземные средства потребителей предназначены для реализации заданного вида услуг связи в различных условиях эксплуатации и доступа к наземным ресурсам.

Построение ОГ КА оптимизировано для обслуживания России и стран СНГ при времени ожидания до 15 минут и угле места не менее 10°. На рис. 2 показана модель полной орбитальной группировки системы «Гонец-Д1М» из 12 КА «Гонец-М», построенная с помощью специализированного программного обеспечения (Satellite Tool Kit v.6).

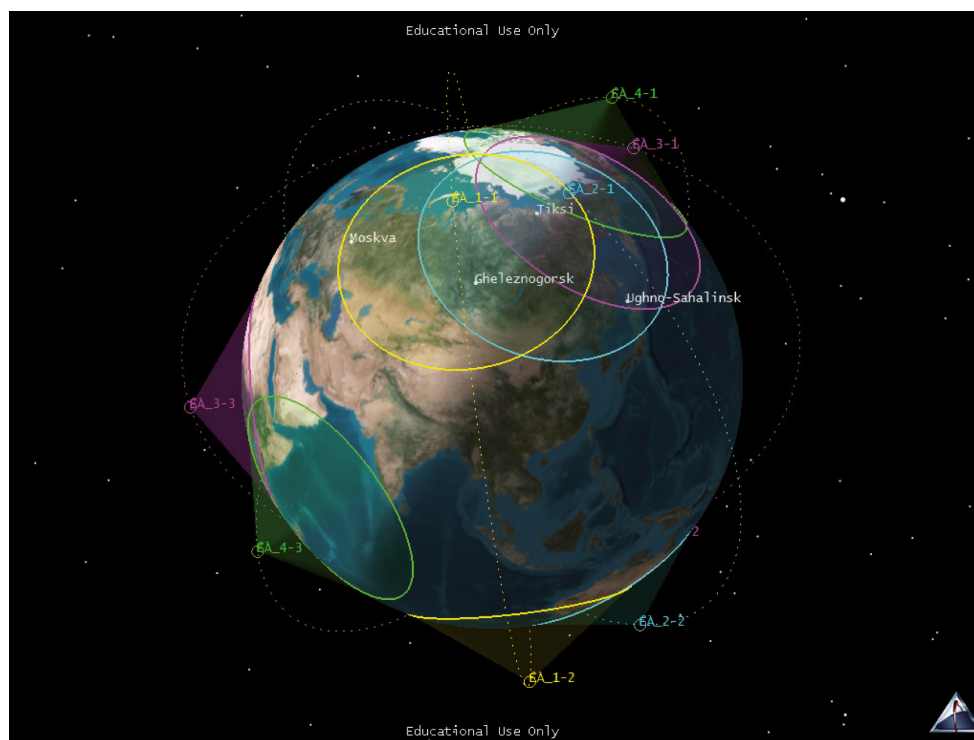


Рис. 2. 3D-модель орбитальной группировки системы «Гонец-Д1М» из 12 КА «Гонец-М»

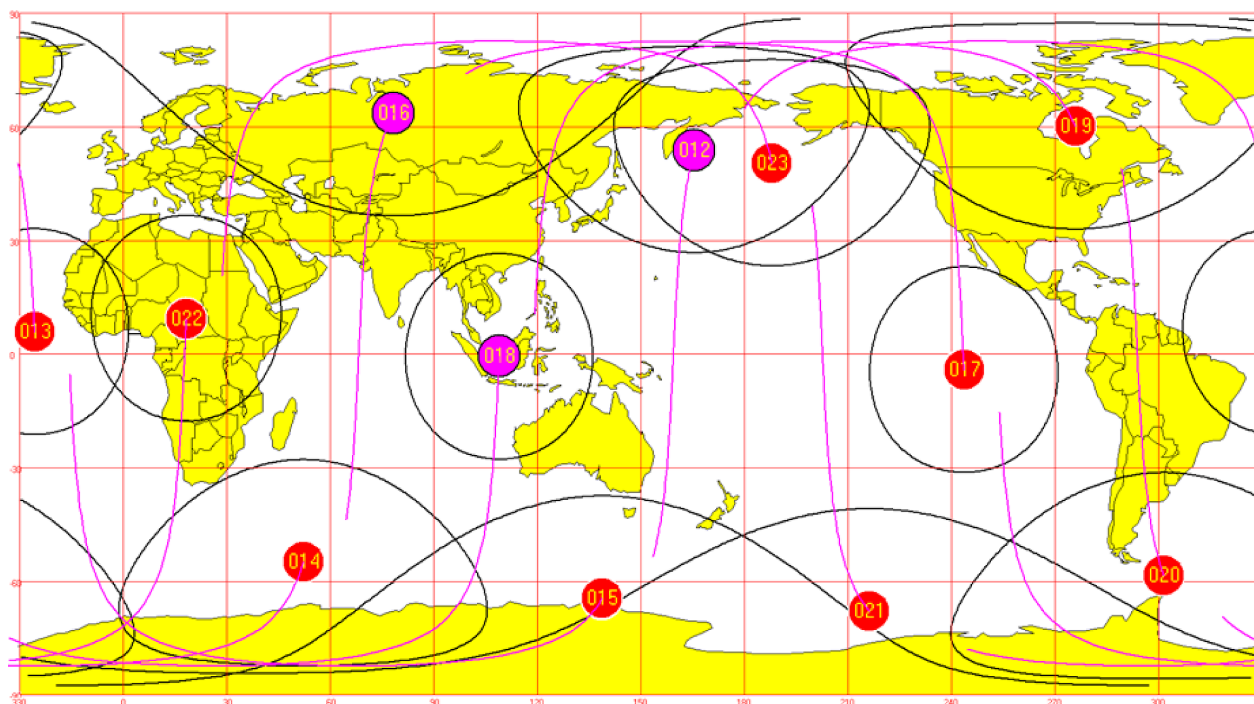


Рис. 3. Орбитальная группировка КА «Гонец-М» в штатной комплектации

На рис. 3 представлены зоны радиовидимости и трассы орбитальной группировки КА «Гонец-М» в штатной комплектации.

В качестве определяющей при выборе оптимального орбитального построения группировки КА низкоорбитальной системы связи, как правило, используется системная характеристика – время ожидания связи с вероятностью: 0,9; 0,8; 0,7. Зависимость времени ожидания от значения широты обслуживания представлена в табл. 1.

Принципы построения системы «Гонец-Д1М», в том числе энергетические характеристики радиолиний и частотный план системы, позволяют обслуживать клиентов существу-

ющей абонентской сети системы «Гонец-Д1» в диапазоне 0,2/0,3 ГГц, а также абонентов вновь создаваемой сети связи «Гонец-Д1М» в диапазоне 0,3/0,4 ГГц с повышенной пропускной способностью.

Потребительские характеристики системы «Гонец-Д1М», состоящей из 12 КА «Гонец-М», приведены в табл. 2.

С целью дальнейшего сокращения времени ожидания связи в системе и повышения уровня надёжности заданного времени ожидания, при условии сохранения типа используемых орбит, необходимо увеличить количество КА в ОГ и уточнить их размещение по орбитальным плоскостям при условии блочного выведения КА на орбиту.

Разрабатываемая система «Гонец-Д1М» третьего этапа строится на базе КА «Гонец-М1», основные характеристики которого приведены в табл. 3.

Орбитальная группировка состоит из 24 КА «Гонец-М1» по шесть КА в каждой плоскости на высоте 1500 км с углом наклона орбиты 82,5°. На рис. 4 показана ОГ из 24 КА «Гонец-М1».

На рис. 5 представлены трассы орбитальной группировки КА «Гонец-М» в штатной комплектации.

Данное построение ОГ значительно улучшает параметр времени ожидания от значения широты обслуживания (табл. 4).

Таблица 1

Время ожидания сеанса связи для системы из 4 плоскостей по 3 КА в каждой

Широта, град	Время ожидания сеанса связи, мин		
	Вероятность = 0,9	Вероятность = 0,8	Вероятность = 0,7
0	25,04	19,98	13,54
20	19,47	14,97	8,85
40	17,79	12,04	6,08
50	15,00	8,19	2,17
60	5,64	1,78	0,0
70	3,45	0,0	0,0
80	0,64	0,0	0,0

— широты территории России.

Таблица 2

Потребительские характеристики МСПСС
«Гонец-Д1М» с КА «Гонец-М»

Параметр	Значение
Метод доступа в канал	по расписанию и по требованию
Перерыв в связи для РФ, мин	до 15
Время доставки сообщений, мин	до 30
Дуплексные ТЛФ-каналы в зоне обслуживания КА	5
Точность определения координат абонента по ГЛОНАСС/GPS, м	10
Точность определения координат абонента средствами МСПСС «Гонец-Д1М»	1 000 м
Скорость передачи информации в радиолинии, кбит/с: Земля-КА КА-Земля (РС, АТ) КА-КА	9,6 64 нет
Пропускная способность одного КА, Мбит/сут	до 270
Срок активного существования КА, лет	5
Число терминалов, обслуживаемых в течение 1 мин при размерности сообщений 10 кбит, шт.	300
Общее число абонентов в системе, тыс. шт.	200

Таблица 3

Основные характеристики КА «Гонец-М1»

Параметр	Значение
Пропускная способность КА, Мбит/сут	до 5 000
Объем бортового ЗУ, Мбайт	64
Срок активного существования, лет	10
Скорость передачи информации, кбит/с	9,6–1 024
Количество радиотелефонных каналов, шт.	50

Таблица 4

Время ожидания сеанса связи для системы из четырех плоскостей по шесть КА в каждой

Широта, град	Время ожидания сеанса связи, мин		
	Вероятность = 0,9	Вероятность = 0,8	Вероятность = 0,7
0	7,44	2,8	0,67
20	7,95	3,3	0,89
40	1,23	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0
60	0,0	0,0	0,0
70	0,0	0,0	0,0
80	0,0	0,0	0,0

— широты территории России.

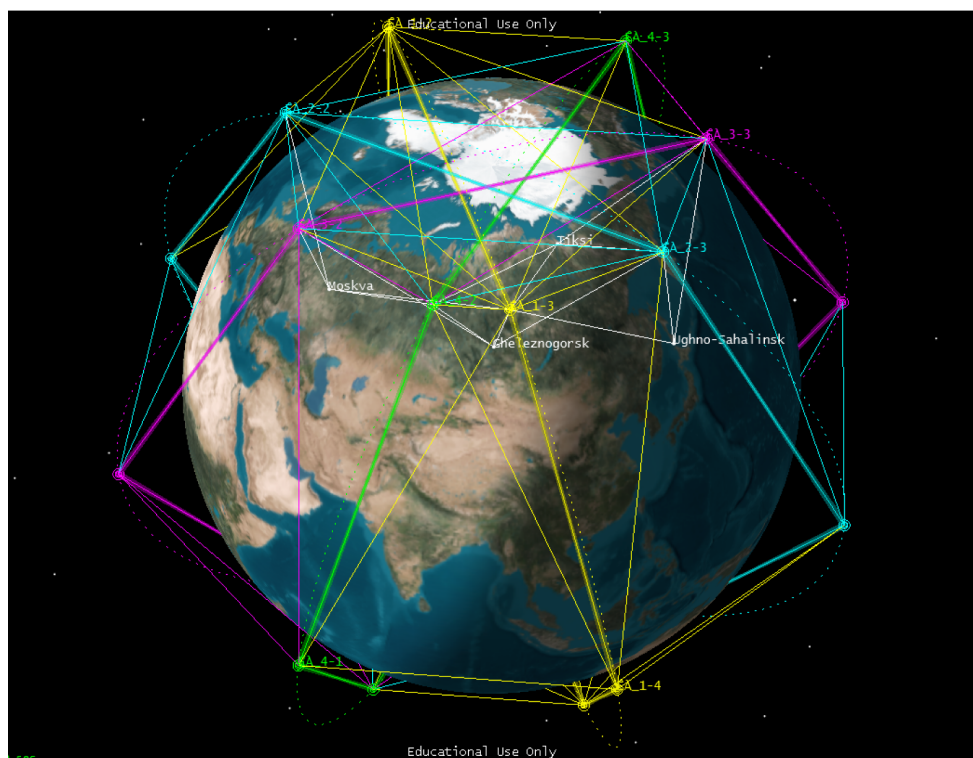


Рис. 4. 3D-модель орбитальной группировки системы «Гонец-Д1М» из 24 КА «Гонец-М1»

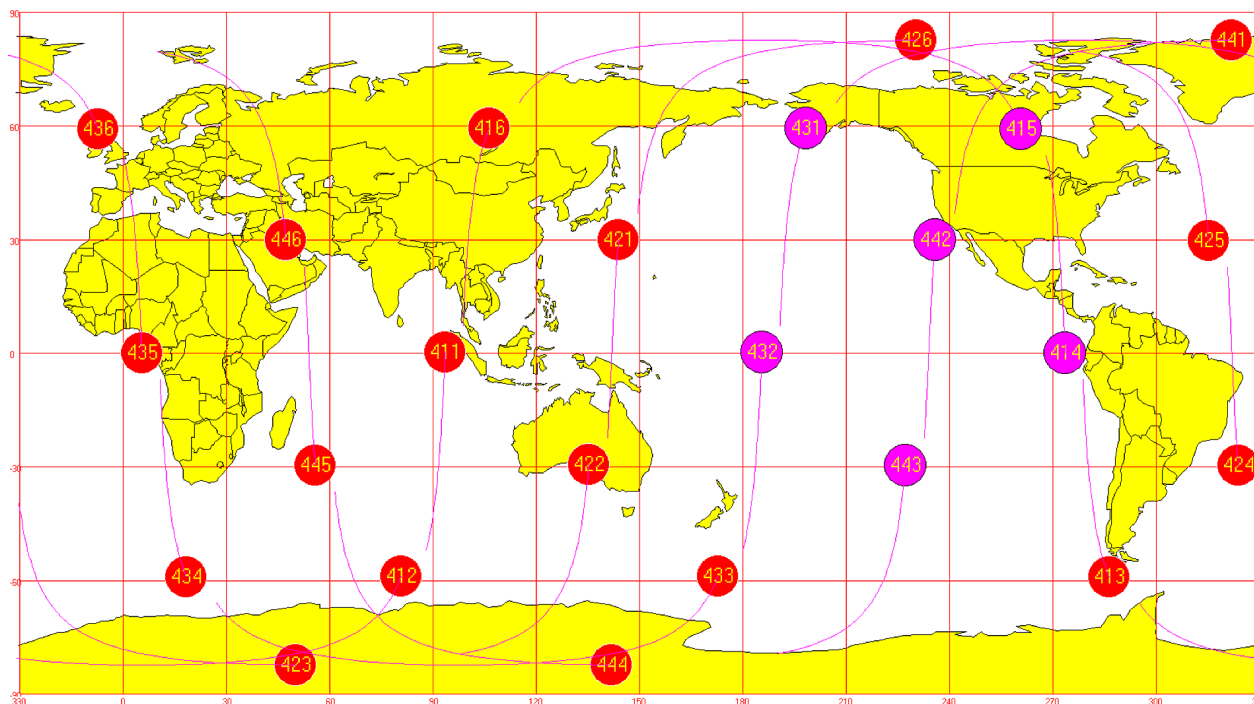


Рис. 5. Орбитальная группировка КА «Гонец-M1» в штатной комплектации

Также на показатель времени ожидания сеанса связи системы «Гонец-Д1М» влияет наземная инфраструктура. Региональные станции в количестве четырех штук, размещаемые с учётом их радиовидимостей, в г. Москве, г. Железногорске Красноярского края, п. Тикси Республики Саха, г. Южно-Сахалинске, с использованием фидерной ли-

нии, позволяют обеспечить 100 % покрытие территории России, включая территориальные воды, а также большую часть Европы и Азии (рис. 6).

Неотъемлемой частью любой системы связи является абонентское оборудование – абонентский терминал (АТ), с помощью которого пользователь, находящийся в любой точ-

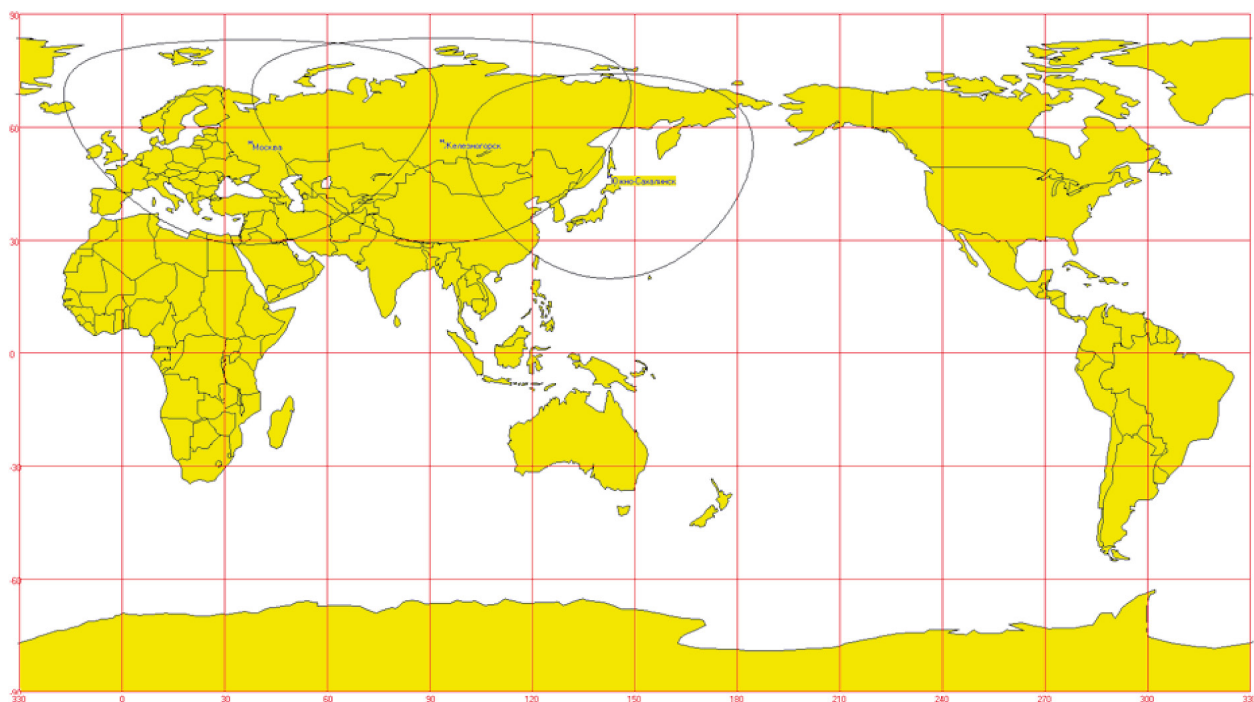


Рис. 5. Орбитальная группировка КА «Гонец-M1» в штатной комплектации

ке земного шара, будет иметь возможность пользования услугами связи, предоставляемыми данной системой. Малогабаритный терминал системы «Гонец-Д1М» является универсальным, но не привязан жёстко к определённым условиям эксплуатации. Абоненту присваивается единый сетевой номер, по которому он может зарегистрироваться на любой из региональных станций или непосредственно на КА (как удалённый пользователь). Связь обеспечивается с помощью малогабаритной антенны, устанавливаемой на подоконнике, на крыше дома, в автомобиле пользователя или в любом подходящем для этого месте.

АТ имеет ряд существующих и перспективных модификаций, отличающихся предоставляемыми услугами, а также местами их установки (стационарные помещения подвижные объекты, необслуживаемые датчики контроля).

Заключая статью, еще раз отметим, что создание национальной системы персональной спутниковой связи на базе низкоорбитальных КА является приоритетным направлением государства для решения широкого круга задач обороны и безопасности, социально-экономического развития России и науки.

Библиографические ссылки

1. Камнев В. Е., Черкасов В. В., Чечин Г. В. Спутниковые системы связи. М. : Альпина Паблишер, 2004.
2. Имитационное моделирование спутниковых радиосетей / Н. А. Важенин, Ю. М. Галантерник, А. А. Каплунов [и др.]. М. : Изд-во ОАО «НИИ ТП», 1993.
3. Спутниковые системы связи и вещания : справ.-аналит. издание. М. : Радиотехника. 2008. Вып. 1. 384 с.
4. Малые космические аппараты информационного обеспечения / под ред. В. Ф. Фатеева. М. : Радиотехника, 2010. 320 с., с ил.

*Статья поступила в редакцию
01.07.2015 г.*