

## PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF LOW-ORBIT MULTIFUNCTIONAL PERSONAL SATELLITE COMMUNICATION SYSTEM «GONETS-DIM»

A. V. Kuzovnikov, N. A. Testodov, V. A. Agureev

JSC "Academician M. F. Reshetnev "Information Satellite Systems"  
52 Lenin str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russia. E-mail: kav@iss-reshetnev.ru

*The authors consider 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. Besides, the authors define the main consumer contingent system and present the refreshment dynamics of orbital grouping of the system until 2020.*

*Keywords: satellite communication system, orbit group, spacecraft, user terminal, communication waiting time, message delivery time, consumer characteristics.*

Космическая деятельность занимает одну из ключевых позиций в геополитике России и является одним из важнейших факторов, определяющих ее статус как страны высоких технологий, играет все 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. Сами КА 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 только низкоорбитальные космические комплексы и системы связи [3].

Таким образом, в конце 80-х – начале 90-х гг. была положена 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 вес 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 г. 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 «Tutaya», 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.);
- 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.

На рис. 1 представлен состав системы «Гонец-Д1М».

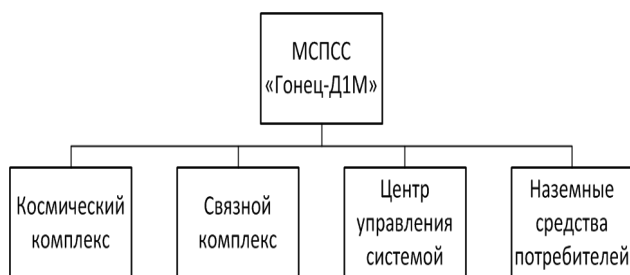


Рис. 1. Структурный состав системы «Гонец-Д1М»

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  $10^\circ$ . 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).

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

В качестве определяющих 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 существующей 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 увеличение количества КА в ОГ и уточнение их размещения 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.

ОГ состоит из 24 КА «Гонец-М1» по шесть КА в каждой плоскости на высоте 1500 км с углом наклона орбиты  $82,5^\circ$ . На рис. 4 показана орбитальная группировка из 24 КА «Гонец-М1» [5].

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

Данное построение орбитальной группировки значительно улучшает параметр времени ожидания от значения широты обслуживания, приведённое в табл. 4.

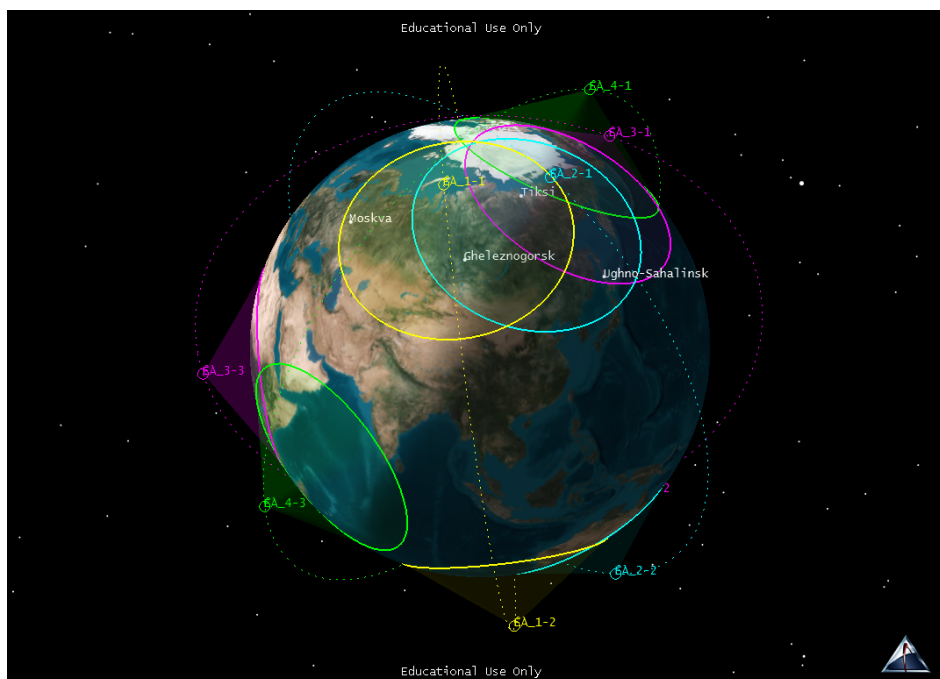


Рис. 2. 3D-модель орбитальной группировки системы «Гонец-Д1М» из 12 КА «Гонец-М»

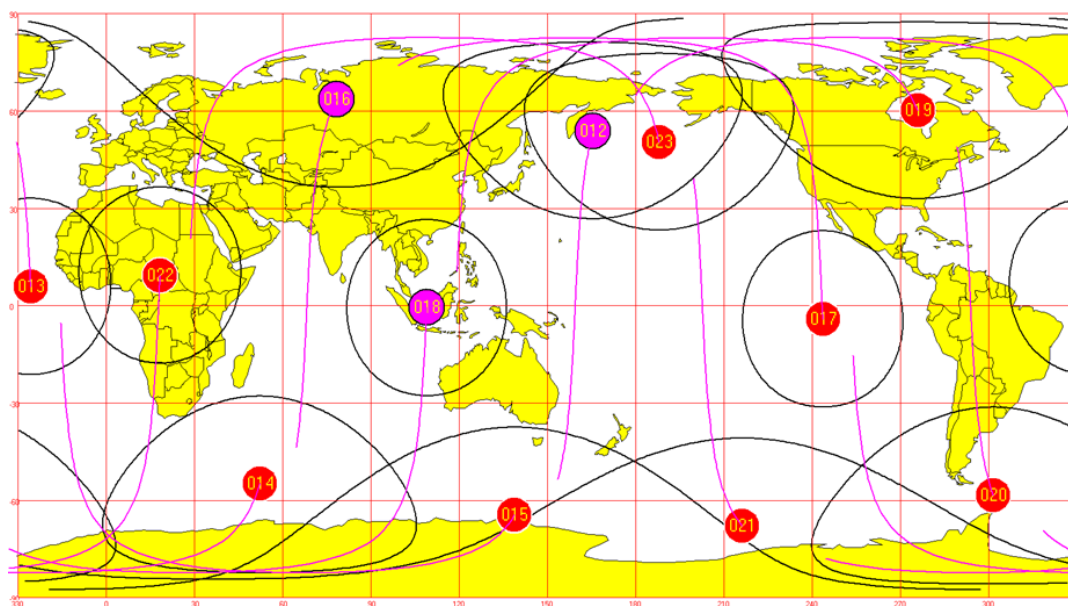


Рис. 3. Орбитальная группировка КА «Гонец-М» в штатной комплектации

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               |

Примечание:  – 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»                   | 1000 м                        |
| Скорость передачи информации в радиолинии, кбит/с:                                     |                               |
| Земля-КА                                                                               | 9,6                           |
| КА-Земля (РС, АТ)                                                                      | 64                            |
| КА-КА                                                                                  | нет                           |
| Пропускная способность одного КА, Мбит/сутки 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/сутки до | 5000     |
| Объем бортового ЗУ, Мбайт                | 64       |
| Срок активного существования, лет        | 10       |
| Скорость передачи информации, Кбит/с     | 9,6-1024 |
| Количество радиотелефонных каналов, шт.  | 50       |

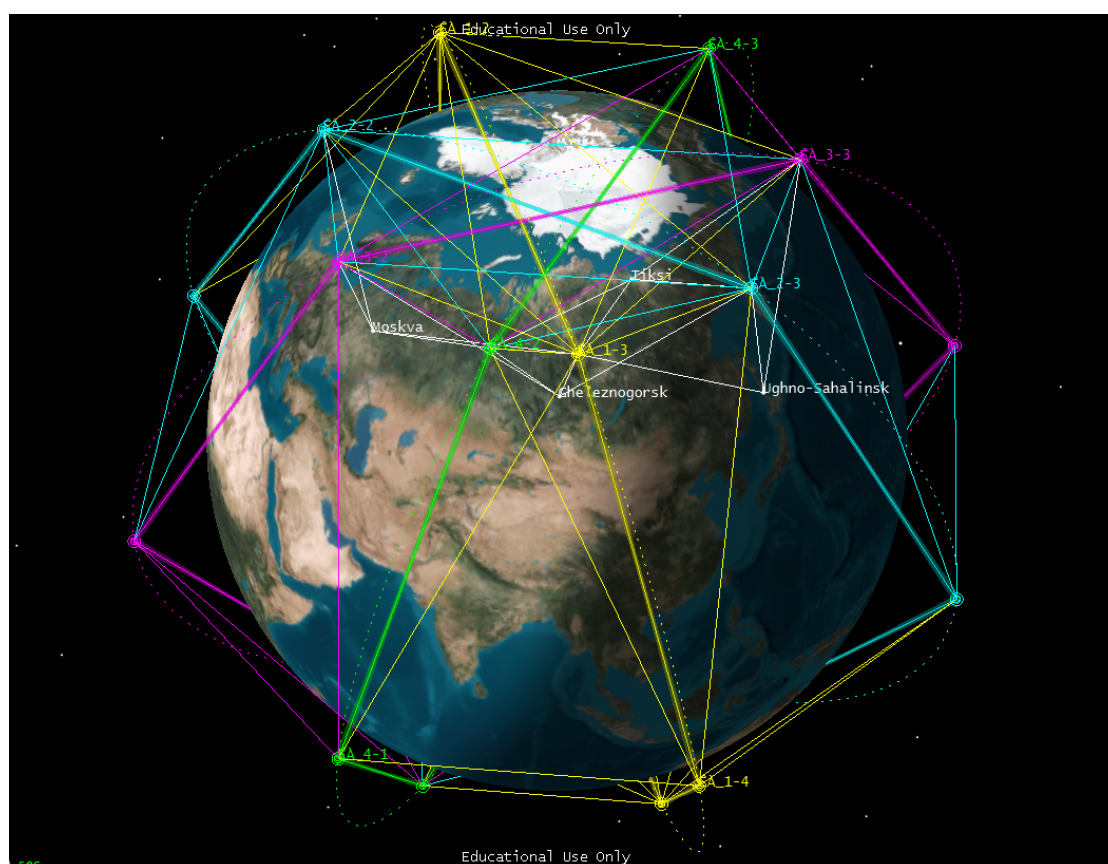


Рис. 4. 3D-модель орбитальной группировки системы «Гонец-Д1М» из 24 КА «Гонец-М1»

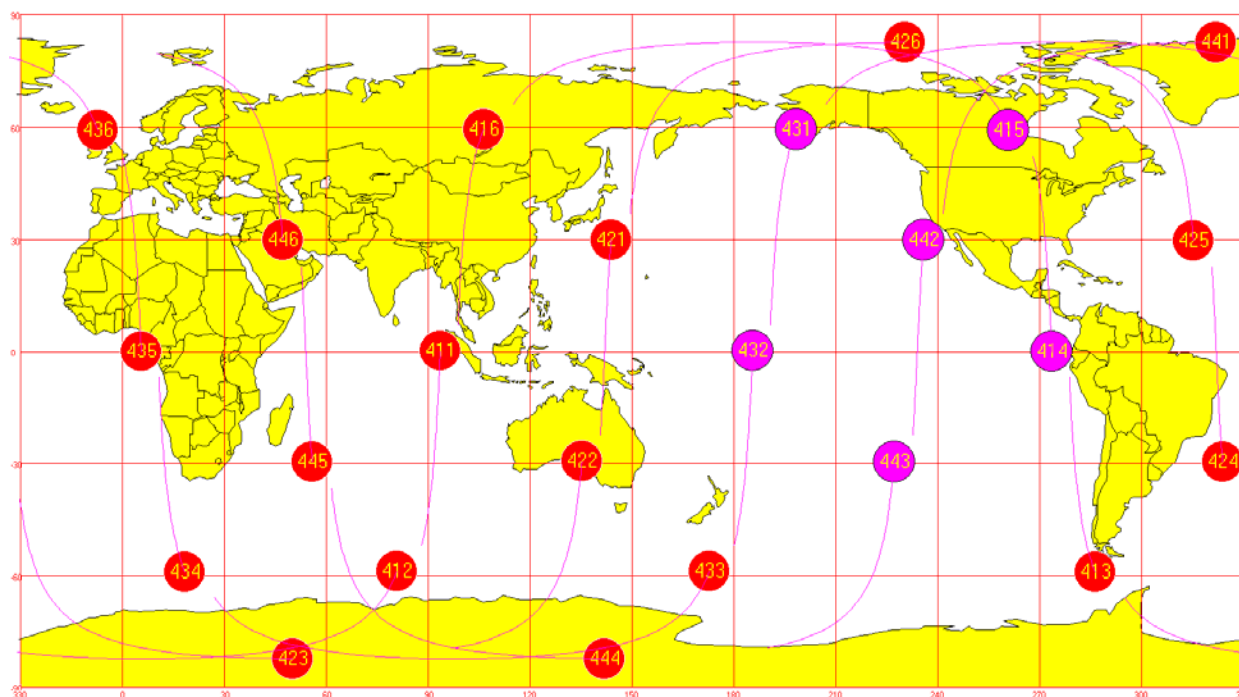


Рис. 5. Орбитальная группировка КА «Гонец-М1» в штатной комплектации

Таблица 4

Время ожидания сеанса связи для системы из 4 плоскостей по 6 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               |

Примечание:  – широты территории России.

Также на показатель времени ожидания сеанса связи системы «Гонец-Д1М» влияет наземная инфраструктура. Региональные станции, в количестве 4-х штук, размещаемые с учётом их радиовидимостей, в г. Москве, г. Железногорске Красноярского края, п. Тикси Республики Саха, г. Южно-Сахалинске, с использованием фидерной линии, позволяют обеспечить 100 % покрытие территории России, включая территориальные воды, а также большую часть Европы и Азии. На рис. 6 представлено размещение РС системы «Гонец-Д1М» на территории России [6].

Неотъемлемой частью любой системы связи является абонентское оборудование – абонентский терминал (АТ), с помощью которого пользователь, находящийся в любой точке 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 [7].

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

В статье рассмотрена актуальная задача создания отечественной низкоорбитальной спутниковой системы связи. Проведен анализ характеристик составных частей системы и определены основные направления её дальнейшего развития. 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.

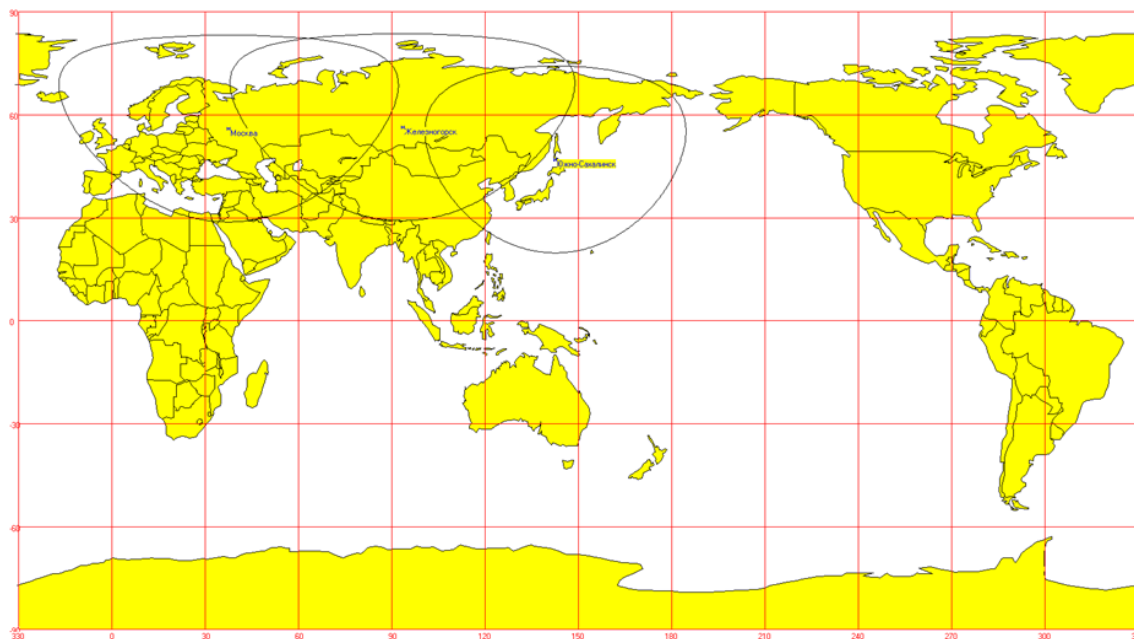


Рис. 6. Размещение РС системы «Гонец-Д1М» на территории России

### Библиографический список

1. Камнев В. Е., Черкасов В. В., Чечин Г. В. Спутниковые системы связи. М. : Альпина Паблишер, 2004. 536 с.
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.-ан. изд. М. : Радиотехника. 2008. Вып. 1. 384 с.
4. Малые космические аппараты информационного обеспечения / под ред. В. Ф. Фатеева. М. : Радиотехника, 2010. 320 с.
5. Глобальная многофункциональная система персональной спутниковой связи «Гонец-Д1М» на базе ОГ КА «Гонец-М» и ОГ КА «Гонец-М1» с улучшенными техническими характеристиками : эскизный проект. Т. 1. Космическая система. ОАО «Спутниковая система «Гонец». М., 2009.
6. Глобальная многофункциональная система персональной спутниковой связи (ГМСПСС) на базе ОГ КА «Гонец-М» и ОГ КА «Гонец-М1» с перспективными характеристиками систем спутниковой связи : эскизный проект. Т. 2. Космический комплекс ГМСПСС «Гонец-Д1М» : кн. 3. Космический аппарат «Гонец-М1», пояснительная записка, ОАО «ИСС», Железногорск Красноярского края, 2009.
7. Глобальная многофункциональная система персональной спутниковой связи «Гонец-Д1М» на базе ОГ КА «Гонец-М» и ОГ КА «Гонец-М1» с улучшенными техническими характеристиками : эскизный проект. Т. 3. Связной комплекс. ОАО «НИИ ТП». М., 2009.

### References

1. Kamnev V. E., Cherkasov V. V., Chechin G. V. *Sputnikovyye sistemy svyazi* (Satellite communications systems). Moscow, Pearson publisher, 2004, 536 p.
2. Vazhenin N. A., Gалантерник J. M., Kaplunov A. A. et al. *Imitatsionnoye modelirovaniye sputnikovyykh radiosetey* (Simulation of satellite radio networks). Moscow, Izd-vo OAO "NII TP", 1993.
3. *Sputnikovyye sistemy svyazi i veshchaniya : sprav.-an. izd.* (Satellite communication and broadcasting systems. Reference and analytical edition). Moscow, Radiotekhnika, vol. 1, 2008, 384 p.
4. *Malyye kosmicheskiye apparaty informatsionnogo obespecheniya* (Small satellites dataware). Ed. by V. F. Fateeva, Moscow, Radiotekhnika, 2010, 320 p.
5. Global multifunctional personal satellite communication system "Gonets-D1M" on the basis OG SPACECRAFT of "Gonets-M", and limited the SPACECRAFT of "Gonets-M1 with improved technical characteristics, design, vol. 1, Space system, JSC "Satellite system "Gonets", Moscow, 2009.
6. Global multifunctional personal satellite communication system (ГМСПСС) on the basis OG SPACECRAFT of "Gonets-M", and limited the SPACECRAFT of "Gonets-M1 with promising characteristics of the systems of satellite communication, rough draft, vol. 2, Space complex GMPSCS "Gonets-D1M", bc. 3, spacecraft of "Gonets-M1", Executive summary, JSC "ISS", Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Krai, 2009.
7. Global multifunctional personal satellite communication system "Gonets-D1M" on the basis OG SPACECRAFT of "Gonets-M", and limited the SPACECRAFT of "Gonets-M1 with improved technical characteristics, design, vol. 3, Svyaznoy complex, JSC "NII TP", Moscow, 2009.