

УДК 621.396.946

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ УСЛУГ СВЯЗИ

¹Выгонский Ю.Г., ¹Кузовников А.В., ¹Головков В.В., ²Сомов В.Г.

¹ОАО «Информационные спутниковые системы им. ак. М.Ф. Решетнёва»,
Железногорск, e-mail: office@iss-reshetnev.ru;

²ФБГОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет»
им. ак. М.Ф. Решетнёва, Красноярск, e-mail: info@sibsau.ru

Предложен разработанный авторами вариант космической системы для предоставления телематических услуг с использованием орбитальной группировки спутников на низкой круговой орбите, позволяющей предоставлять телематические услуги связи как на территории России, так в странах СНГ и глобальной зоне обслуживания. Для предоставления телекоммуникационных услуг на данных территориях оптимальным решением является использование орбитальной группировки спутников на низких круговых орбитах. На основании проведенных исследований предлагается использовать орбитальную группировку из 24-х низкоорбитальных космических аппаратов на низких круговых орбитах высотой 1500 км, по 6 КА в 4-х орбитальных плоскостях. Проведенный анализ показал, что предложенный вариант орбитальной группировки обеспечит обслуживание абонентов на территории РФ, СНГ и остального мира с оптимальными характеристиками. Время покрытия составляет более 90%, на территории Российской Федерации – более 99%. Так же предлагается использовать оптимизированный подход к распределению орбитально-частотного ресурса между космическими аппаратами для уменьшения взаимовлияния абонентов друг на друга и пересекающихся зон обслуживания космических аппаратов.

Ключевые слова: высокая эллиптическая орбита, персональная связь, спутниковая связь, наземный абонент

PROPOSITION BY BUILDING SPACE SYSTEM FOR PROVIDING TELEMATICS COMMUNICATION SERVICES

¹Vygonskiy Y.G., ¹Kuzovnikov A.V., ¹Golovkov V.V., ²Somov V.G.

¹The Joint-Stock Company «Information Satellite Systems – Reshetnev Company»,
e-mail: office@iss-reshetnev.ru;

²Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education
«Siberian State Aerospace University», e-mail: info@sibsau.ru

This paper proposes a variant developed by the authors of satellite communications system for providing telematics services, based on low circular orbit satellites, enable to provide telematics services on the territory of Russian Federation, CIS and the other world. Optimal solution for providing telecommunication services over this regions is using the low-earth orbit satellites group. On the basis of making investigations offer to use satellite constellation, consisting of 24 low-orbit satellites with height 1500 km, in six spacecraft's on 4 orbit planes. The analysis made shows that introduced constellation with 24 low earth orbit satellites will provide user services in the territory of CIS, RF and global areas with optimal characteristics (with an elevation angle ≥ 10). In the RF and CIS areas the coverage time is $\geq 90\%$. In addition offering use optimize distribution of orbital-frequency resources between satellites for reduce users and satellites coverage area interaction.

Keywords: Low Circular Orbit, satellite communication, ground user, personal communication

Анализ потребностей рынка телематических услуг

На сегодняшний день в России существует большая потребность в ряде телекоммуникационных услуг, таких как сбор и передача данных мониторинга стационарных и подвижных объектов, данных мониторинга объектов промышленности и окружающей среды, передача коротких текстовых сообщений и персональная головная связь.

Основными потребителями услуг персональной спутниковой связи в России являются транспорт, пользователи в удаленных и труднодоступных регионах и стационарные инфраструктурные объекты.

Наиболее перспективными, с точки зрения потенциального числа абонентов, являются потребители на транспорте – в первую

очередь, автомобильном. В основном это коммерческие потребители, которых интересует контроль состояния и местоположения груза в реальном масштабе времени. Кроме того, в подобных услугах нуждается железнодорожный и морской транспорт, в том числе рыболовецкий флот.

Достаточно большое количество потребителей заинтересовано в предоставлении услуг по контролю и сбору данных мониторинга стационарных инфраструктурных объектов. В первую очередь это объекты добычи нефти и газа, нефтегазовые транспортные и распределительные сети.

Также следует отметить, что большое число граждан России, проживающих на удаленных труднодоступных территориях, в том числе районах Крайнего Севера, лишены доступа к большинству

информационных услуг, таких как телефонная связь, в том числе мобильная, и доступ в интернет, и заинтересованы в предоставлении услуг по передаче коротких текстовых сообщений, персональной голосовой связи и широкополосного доступа в интернет. Единственной возможностью решить данную задачу является применение услуг спутниковой связи. Это обуславливает высокую социальную значимость создания подобной системы, которая помимо интересов частных потребителей может использоваться для организации работы государственных учреждений и объектов социальной инфраструктуры на труднодоступных территориях [1].

В настоящее время Российская Федерация не имеет собственной полностью развёрнутой спутниковой системы, обеспечивающей бесперебойное обслуживание всей территории страны и предоставляющей услуги сбора и передачи данных, коротких сообщений, информации мониторинга стационарных и подвижных объектов, а также персональную голосовую связь. Зарубежные системы, действующие на территории России, отличаются дороговизной своих услуг, не предоставляют всего перечня сервисов, необходимых российским потребителям, а также значительная часть территории Российской Федерации, особенно труднодоступные и северные районы, находится вне зоны действия зарубежных систем [2]. Всё это ограничивает возможности их применения и делает актуальной задачу создания отечественной системы спутниковой связи и передачи данных.

Создаваемая система помимо гарантированного обслуживания территории Российской Федерации и стран СНГ должна иметь возможность предоставлять свои услуги и в глобальной зоне, это увеличит её гибкость и делает её коммерчески более привлекательной.

Постановка задачи создания космической системы телематических услуг

Для обеспечения бесперебойного непрерывного доступа к телекоммуникационным услугам система должна обеспечивать гарантированное бесперебойное покрытие территории Российской Федерации и стран СНГ. С целью повышения гибкости применения системы, привлечения большего количества абонентов и повышения экономической привлекательности проекта целесообразно обеспечить возможность предоставления услуг спутниковой связи в глобальной зоне.

Основной проблемой на пути создания глобальной системы спутниковой связи

является её дороговизна, т.к. такая система требует большого количества космических аппаратов. Наиболее целесообразно создавать такую систему при помощи орбитальной группировки спутников на низких круговых орбитах. Данное решение применяется в современных зарубежных спутниковых системах связи, однако ввиду большого количества необходимых космических аппаратов (48 КА в системе ORBCOMM, 48 КА + 4 резервных в системе «Globalstar» и 66 КА + 14 резервных в системе «Iridium») [3] стоимость создания таких систем очень высока, что резко снижает их экономические показатели и инвестиционную привлекательность. В данный момент все подобные системы испытывают трудности, за исключением системы ORBCOMM, использующей очень лёгкие и простые космические аппараты. Однако данная система предоставляет ограниченный перечень услуг (только обмен короткими текстовыми сообщениями), что не позволяет обеспечить её внедрение на территории РФ [2]. Система ORBCOMM не имеет разрешения для работы на территории Российской Федерации [4].

Кроме того, серьёзной проблемой является крайне ограниченный орбитально-частотный ресурс, возможный для использования в таких системах. С точки зрения энергетики радиолиний и учитывая возможное радиоэлектронное оборудование для построения космических аппаратов, наземного сегмента связи и абонентских терминалов целесообразным является использование R-диапазона частот, это позволит применять простые недорогие абонентские терминалы, оснащённые малогабаритными ненаправленными антеннами. Имеющийся диапазон частот является недостаточным для обеспечения работы большого количества пользователей. Поэтому основным направлением усовершенствования системы является эффективное использование частотно-орбитального ресурса, оптимизация структуры орбитальной группировки для обеспечения глобального обслуживания, с целью оптимизации расходов на создание системы для повышения её экономической эффективности.

Предложения по составу орбитальной группировки системы

Результаты численного моделирования, а так же опыт создания космической системы «Гонец-ДИМ» с КА «Гонец-М» показал, что наиболее целесообразным в данной системе будет использование орбитальной группировки космических аппаратов на низких круговых орбитах высотой 1500 км.

Низкая высота орбиты улучшает энергетику радиолиний, так как значительно уменьшаются потери на распространение электромагнитных волн в свободном пространстве, что позволяет использовать в абонентских терминалах простые ненаправленные антенны, без необходимости сопровождения спутников при помощи полноповоротных антенн [6]. Это значительно упрощает и удешевляет абонентские терминалы, делая их лёгкими и малогабаритными. Кроме того, применение низкой орбиты позволяет использовать недорогие малогабаритные космические аппараты (массой до 500 кг), что упрощает их выведение на орбиту и по-

зволяет для этого использовать групповые запуски, это удешевляет создание системы.

Оптимальным составом орбитальной группировки для уверенного обслуживания всей территории Земли является равномерное распределение аппаратов по 4-м плоскостям (6 КА в каждой плоскости), период обращения 115 минут, средняя скорость перемещения – 12,5 витков/сутки. При ширине луча, направленного на Землю 105° при угле места 10° каждый космический аппарат будет покрывать зону на Земле с диаметром 5800 км. Результаты моделирования орбитальной группировки спутников представлены на рис. 1, а их зоны обслуживания на рис. 2.

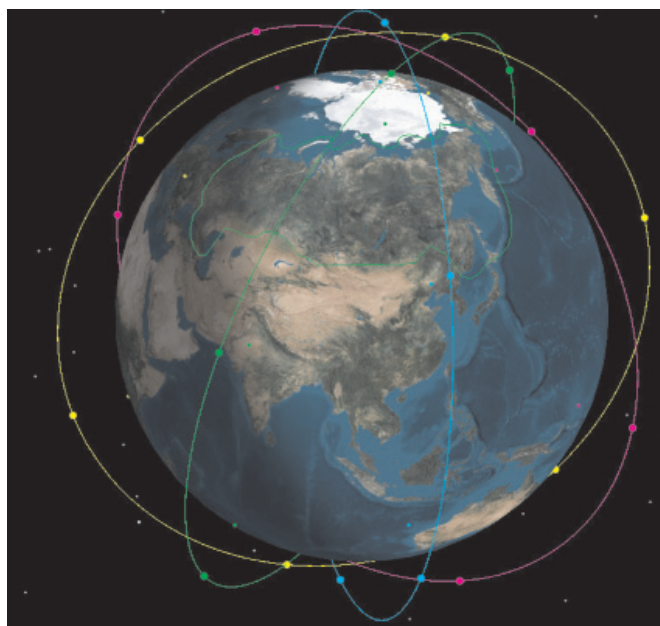


Рис. 1. Орбитальная группировка спутников в космосе

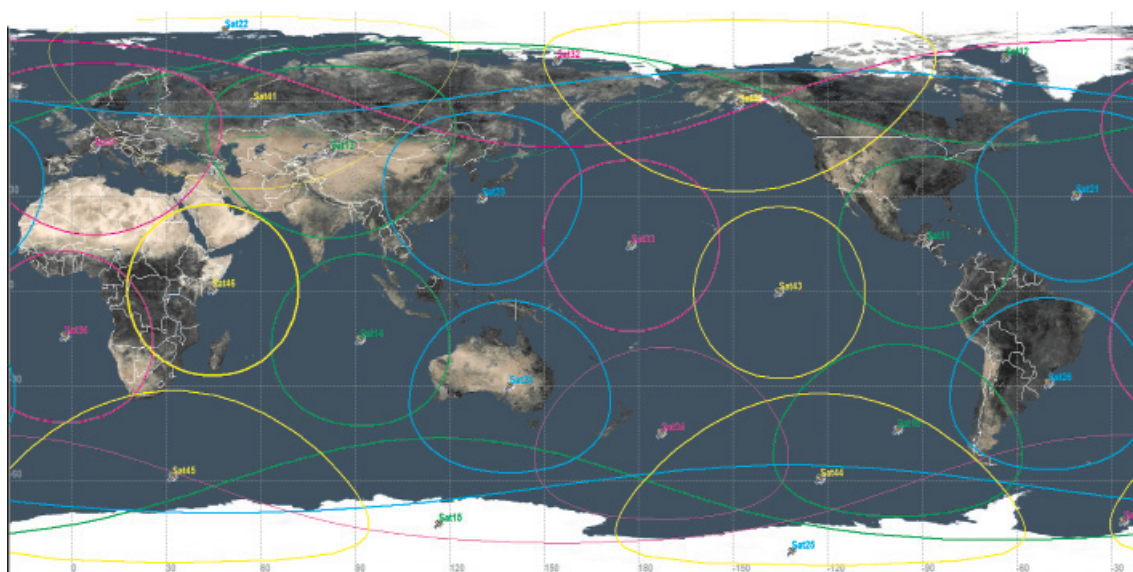


Рис. 2. Зоны обслуживания спутников

Время покрытия Российской Федерации и стран СНГ в процентном выра-

жении относительно 24 часов показано на рис. 3.

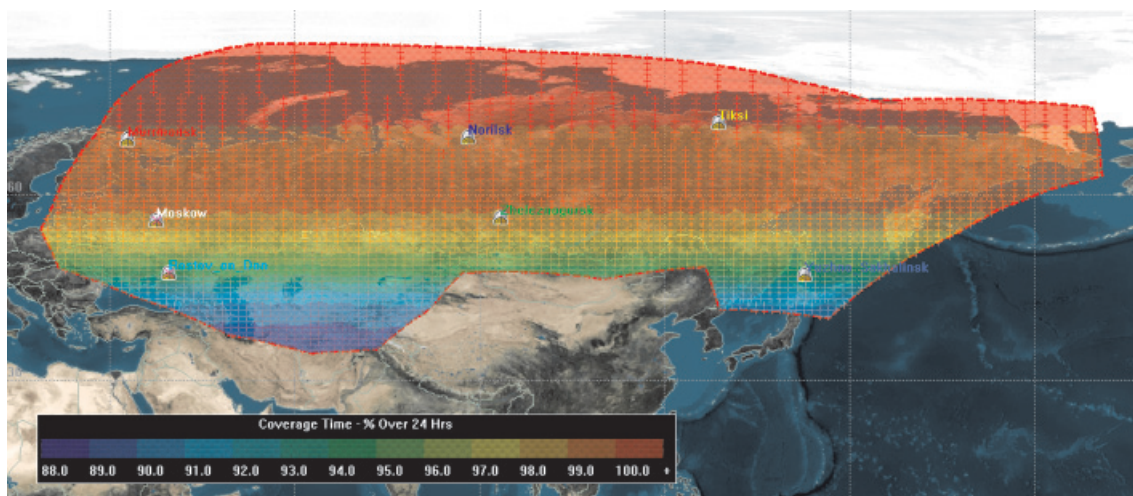


Рис. 3. Время покрытия в процентном выражении относительно 24 часов

Анализ результатов численного моделирования показал, что время покрытия в процентном выражении (время, когда из точки Земли виден как минимум 1 космический аппарат с углом места не менее 10°) варьируется от 75 до 100 процентов в зависимости от места нахождения абонента. При этом на территории СНГ время покрытия составляет более 88%, а на территории Российской Федерации – более 90%.

Предложения по оптимизации распределения орбитально-частотного ресурса

Оптимизация ограниченного частотно-орбитального ресурса, который составляет порядка 3 МГц, необходима для уменьше-

ния взаимовлияния большого количества близкорасположенных абонентов и пересекающихся зон обслуживания КА из смежных орбитальных плоскостей.

При этом имеющийся ресурс (3 МГц) равномерно распределяется между 4-мя орбитальными плоскостями, по 750 кГц на каждую орбитальную плоскость. Все спутники, находящиеся в одной орбитальной плоскости, используют одну и ту же частотную полосу шириной 750 кГц. Выполнение этого требования позволит избежать помех между КА системы.

Для каждого спутника выделена ширина полосы частот 750 кГц, которая равномерно распределена между 6 лучами, по 125 кГц на луч.

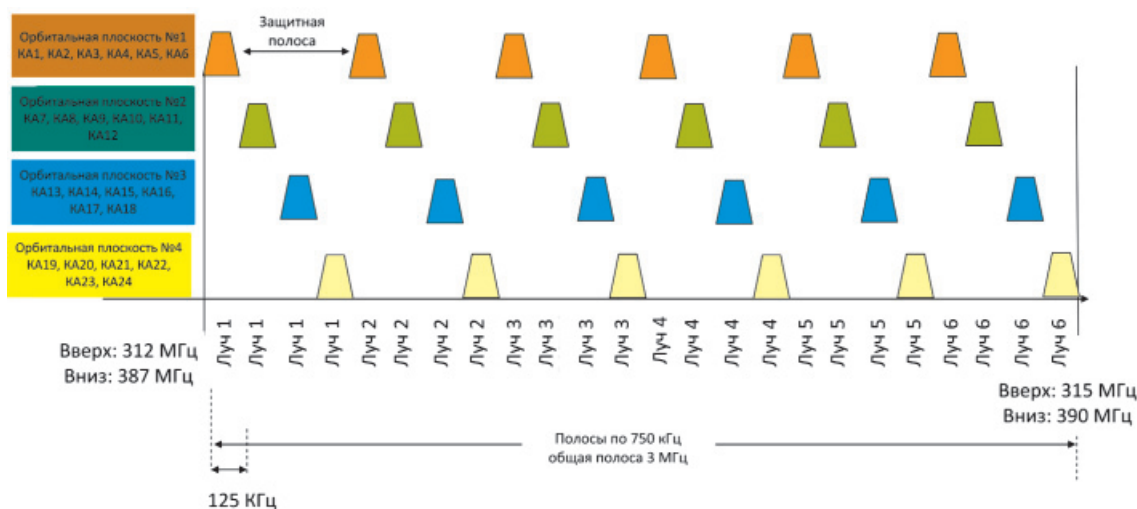


Рис. 4. Частотный план абонентских линий

Для уменьшения взаимного влияния между соседними лучами одного КА выбран частотный план с перемежением между орбитальными плоскостями, представленный на рис. 4.

Выводы

Анализ потребительского рынка показал, что необходимо создание в России собственной системы спутниковой связи и передачи данных для предоставления широкого спектра телематических услуг массовым потребителям.

На основании проведённых исследований предлагается использовать для построения перспективной системы спутниковой связи орбитальную группировку из 24-х низкоорбитальных космических аппаратов на низких круговых орбитах высотой 1500 км, по 6 КА в 4-х орбитальных плоскостях. Это обеспечит устойчивое покрытие территории России и стран СНГ, а также остального мира при минимальных затратах на ввод системы в эксплуатацию.

Также предлагается использовать оптимизированный подход к распределению орбитально-частотного ресурса между космическими аппаратами для уменьшения взаимовлияния абонентов друг на друга и пересекающихся зон обслуживания космических аппаратов.

Список литературы

1. Анпилогов В. О проблемах спутниковой связи и вещания в Арктике // Технологии и средства связи. – 2013. – № 6 (99), часть 2. – С. 24–31.
2. Принципы построения зарубежных спутниковых систем персональной подвижной связи: учеб. пособие / Андреев А.М., Богинский Л.П., Гришин М.В. и др. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2008. – 345 с.
3. Сивирин П.Я., Кузовников А.В., Головкин В.В. Повышение эффективности систем персональной спутниковой связи // Радиотехника. – 2013. – № 6. – С. 108–113.

4. Королев И. Россия частично легализует спутниковую мобильную связь. [Электронный ресурс] // C-NEWS: издание о высоких технологиях. 13.12.11. URL: <http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2011/12/13/468815> (дата обращения 07.05.2014).

5. Спутниковая связь и вещание: справочник / Бартечев В.А., Болотов Г.В., Быков В.Л. и др.; под ред. Л.Я. Кантора. – М.: Радио и связь, 1997. – 528 с.

References

1. Anpilogov V. *O problemah sputnikovoy svyazy I veschaniya v Arktike* [On problems of satellite communications and broadcasting in the Arctic]. «Communications technologies and equipment», no. 6 (99), part 2, 2013, pp. 24–31.
2. Andreev A.M., Boginskiy L.P., Grishin A.S. *Principy postroeniya zarybeznykh sputnikovyykh sistem personalnoy podvizhnoy svyazy*. [Principles of constructions foreign satellite system of personal and mobile communication]. St. Petersburg, Military-space academy named after A.F. Mozhayskiy, 2008. 345 p.
3. Sivirin P.Y., Kuzovnikov A.V., Golovkov V.V. «*Povyshenie effektivnosti sistem personal'noy sputnikovoy svyazy*» [Increase effectiveness of personal satellite communication systems]. «Radiotechnology», no. 6, 2013, pp. 108–113.
4. Korolev I. *Rossiya chastichno legalizuyet sputnikovuyu mobilnyy svyaz'* (Russian partially legalized mobile satellite communication) [Электронный ресурс] Available at: <http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2011/12/13/468815> (accessed 7 March 2014).
5. Kantor L.Y. *Sputnikovaya svyaz' I veschanie*. [Satellite communication and broadcasting]. Moscow, Radio and communication, 1997. 528 p.

Рецензенты:

Петров М.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электронная техника и телекоммуникации», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва», г. Красноярск;

Антамошкин А.Н., д.т.н., профессор кафедры «Системный анализ и исследование операций», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва», г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 02.07.2014.