

**Н**

аучная разработка системы спутниковой связи (ССС) «Росинфоком» с космическими аппаратами (КА)

на высоких эллиптических орбитах (ВЭО) выполнена авторами в интересах обеспечения «радиоосвещенности» всей территории России, части территорий соседних стран и значительной части территории Северного полярного бассейна.

Эта система, обладающая высокой пропускной способностью, предназначена для предоставления полного набора современных инфокоммуникационных услуг (связь, передача данных, вещание, мониторинг) абонентам, расположенным на стационарных и подвижных объектах. Структура системы «Росинфоком» изображена на рис. 1.

**Орбитальная группировка системы**

Орбитальная группировка спутниковой системы связи (ССС) «Росинфоком» состоит из одного созвездия – четырех синхронизированных космических аппаратов (КА) на высоких эллиптических орбитах (ВЭО) с апогеем в Северном полушарии (орбиты типа «Молния»). На основном витке в работу последовательно (через шесть часов на шесть часов) «включаются» те КА на ВЭО, апогеи орбит которых находятся над севером Сибири. Каждый из этих КА при нахождении вблизи апогея (+/- три часа) обеспечивает «радиоосвещенность» всей территории России, территории (или части территорий) ряда сопредельных стран (Монголия, Китай, Япония, все среднеазиатские республики, Афганистан, Иран, Армения, Азербайджан, Грузия, Абхазия, Южная Осетия, Украина, Беларусь, Финляндия, Швеция, Норвегия), а также значительную часть территории Северного полярного бассейна.

Углы «радиовидимости» включенных

# СИСТЕМА СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ «РОСИНФОКОМ»

**Евгений Камнев** – доктор технических наук, профессор

**Вячеслав Камнев** – кандидат технических наук

**Вячеслав Медведев** – кандидат физико-математических наук

**Владимир Бобков** – кандидат технических наук

**Александр Белов** – кандидат технических наук

в работу КА на ВЭО из всех точек на территории России и Северного полярного бассейна находятся в пределах 45°– 90°. С большей части территории России (исключая Запад, Северо-Запад, Чукотку и Камчатку) включенные в работу КА на ВЭО на основном витке видны под углами в пределах 60°– 90°. Наличие столь высоких углов «радиовидимости» позволяет практически полностью исключить перерывы в связи из-за затенений включенных в работу КА на ВЭО сложным рельефом местности, высокими строениями, лесом, а так же резко снизить величины потерь на поглощение радиоволн в атмосферных осадках при работе в высоких диапазонах частот (значительно – в Ку-диапазоне, и особенно значительно – в Ка-диапазоне).

На сопряженном витке в работу последовательно (через каждые шесть часов на шесть часов) включаются те КА, апогеи орбит которых находятся над севером Канады. Каждый из этих КА на ВЭО при нахождении вблизи апогея (+/- 3 часа) обеспечивает «радиоосвещенность» всей территории Канады, Гренландии, США, значительной части территории Северного полярного бассейна. Как и в предыдущем случае, углы «ра-

диовидимости» включенных в работу КА на ВЭО из всех точек видимых с КА на ВЭО территорий находятся в пределах 45°– 90°. С территории Канады, части территорий США, Гренландии и Северного полярного бассейна включенные в работу КА на ВЭО на сопряженном витке видны под углами 60°– 90°.

При создании СССР «Росинфоком» возможно построение спутниковой группировки с использованием ВЭО типа «Тундра». Эта орбита с 24-часовым периодом обращения минует прохождение КА через радиационные пояса Ван Аллена, за счет чего примерно в полтора раза увеличивается срок активного существования (САС) КА. Однако, при использовании ВЭО типа «Тундра» существенно увеличивается наклонная дальность между КА и земными станциями (ЗС) и уменьшаются углы «радиовидимости» спутников с мест расположения ЗС абонентов, что приводит к существенному увеличению затухания радиоволн на трассе КА ↔ ЗС, особенно в Ка-диапазоне. В результате в несколько раз уменьшается пропускная способность СССР, что существенно снижает доходность ее эксплуатации.

Следствием этого является нивелирование экономических преимуществ увеличения САС КА на орбите типа «Тундра» по сравнению с орбитой типа «Молния». Окончательно выбор типа ВЭО будет проведен по результатам комплексного анализа проблемы на последующих этапах проектирования.

**Земной сегмент системы**

В земной сегмент СССР «Росинфоком» входят спутниковые станции:

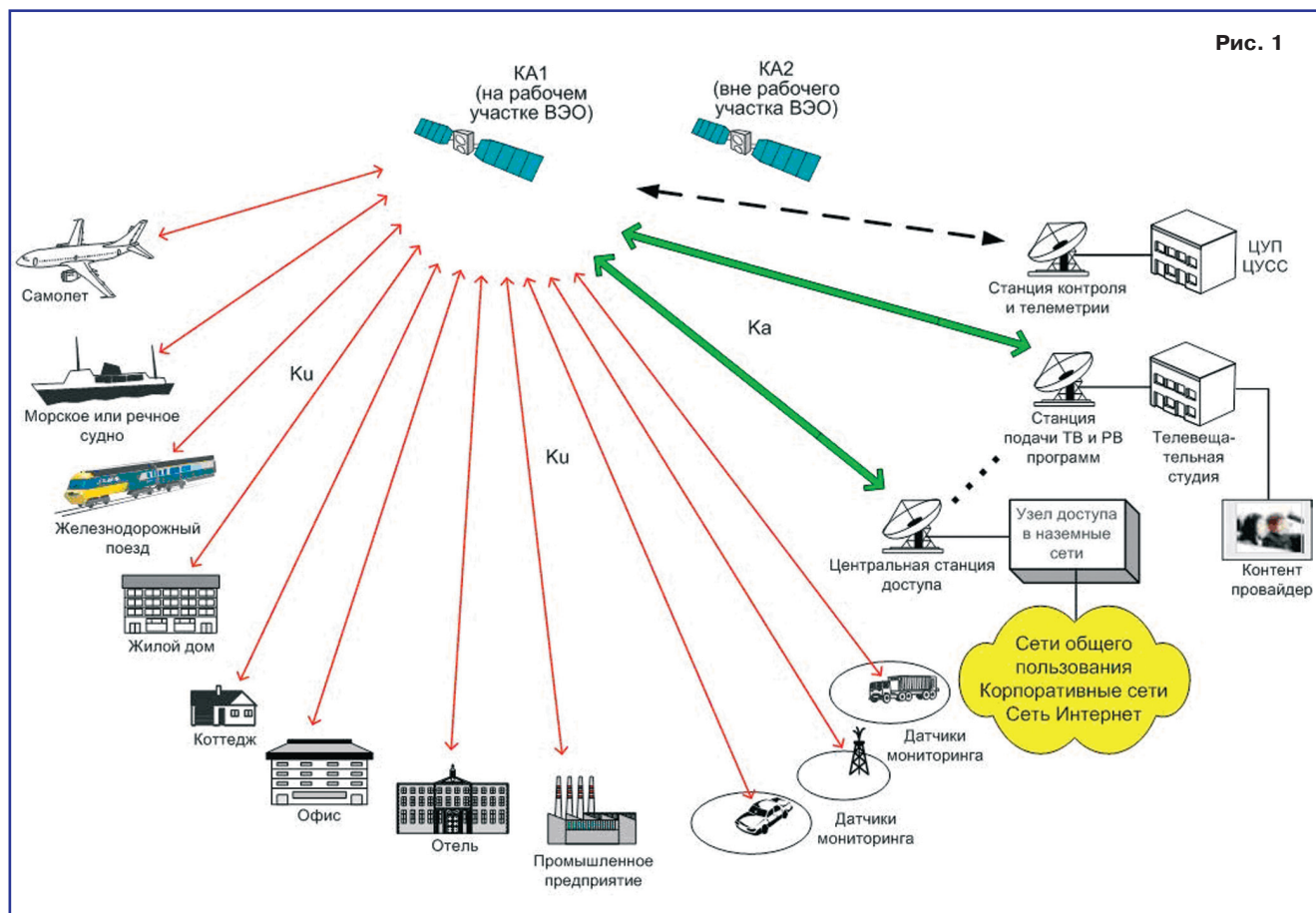
1. Абонентские земные станции АЗС1 в диапазоне 11/14 ГГц с очень малой апертурой приемной антенны (на базе АФАР в диапазоне 11 ГГц размером 20см x 20см) и передающей антен-

**Характеристики КА СССР «Росинфоком»**

Масса, кг	– около 2 500
Потребление, кВт	– около 13,5
Масса полезной нагрузки, кг	– около 800
Потребление полезной нагрузки, кВт	– около 12
Запуск на ВЭО типа «Молния»	– с космодрома «Плесецк».
Гарантийный срок работы:	
на ВЭО типа «Молния»	– не менее 10 лет
на орбитах типа «Тундра»	– не менее 15 лет.

*Каждый из КА при нахождении вблизи апогея (+/- три часа) обеспечивает «радиоосвещенность» всей территории России, территории (или части территорий) ряда сопредельных стран (Монголия, Китай, Япония, все среднеазиатские республики, Афганистан, Иран, Армения, Азербайджан, Грузия, Абхазия, Южная Осетия, Украина, Беларусь, Финляндия, Швеция, Норвегия), а также значительную часть территории Северного полярного бассейна.*

Рис. 1



ны (на базе ФАР в диапазоне 14 ГГц размером 16см x 16см). На передачу АЗС<sub>1</sub> работает в режиме сеансовой (пакетной) связи с временным разделением коротких пакетов от разных АЗС<sub>1</sub>. Скорость пакетной передачи информации по каждой из пяти линий связи АЗС<sub>1</sub> → КА составляет около 1,7 Мбит/с. Скорость передачи информации на линиях связи КА → АЗС<sub>1</sub> составляет около 15 Мбит/с в каждом из 15-ти стволов. Линии связи КА → АЗС<sub>1</sub> работают в режиме MF-TDMA.

2. Абонентские земные станции АЗС<sub>2</sub> в диапазоне 11/14 ГГц с несколько большей апертурой приемной антенны (на базе АФАР в диапазоне 11 ГГц размером 40см x 40см) и передающей антенны (на базе ФАР в диапазоне 14 ГГц размером 32см x 32см). Линии связи АЗС<sub>2</sub> → КА и КА → АЗС<sub>2</sub> работают в режиме MF-TDMA. Скорость передачи информации по каждой из пяти линий связи АЗС<sub>2</sub> → КА составляет около 28 Мбит/с. Скорость передачи информации по линиям связи КА → АЗС<sub>2</sub> составляет около 62 Мбит/с в каждом из 15-ти стволов.

3. Абонентские земные станции АЗС<sub>3</sub> в диапазоне 11/14 ГГц с еще большей апертурой приемной антенны (на базе АФАР в диапазоне 11 ГГц размером 60см x 60см) и передающей антенны (на базе ФАР в диапазоне 14 ГГц

размером 48см x 48см). Линии связи АЗС<sub>3</sub> → КА и КА → АЗС<sub>3</sub> работают в режиме MF-TDMA. Скорость передачи информации по каждой из 15-ти линий связи АЗС<sub>3</sub> → КА составляет около 63 Мбит/с. Скорость передачи информации по линиям связи КА → АЗС<sub>3</sub> составляет около 140 Мбит/с в каждом из 15-ти стволов.

4. Центральные земные станции (ЦЗС) ССС «Росинфоком».

В ССС «Росинфоком» планируется использовать один тип ЦЗС – станции в диапазоне 20/30 ГГц с дуплексной антенной зеркального типа с диаметром зеркала 2,4 м, с программным наведением и программным слежением за КА на ВЭО, с передатчиком мощностью 400 Вт (в диапазоне 30 ГГц), приемником с чувствительностью около 1000 К (в диапазоне 20 ГГц).

Линии связи ЦЗС → КА и КА → ЦЗС работают в режиме MF-TDMA.

Скорость передачи информации по каждой линии связи ЦЗС → КА составляет около 253 Мбит/с, а по линиям связи КА → ЦЗС – около 90 Мбит/с в каждом из 35-ти стволов.

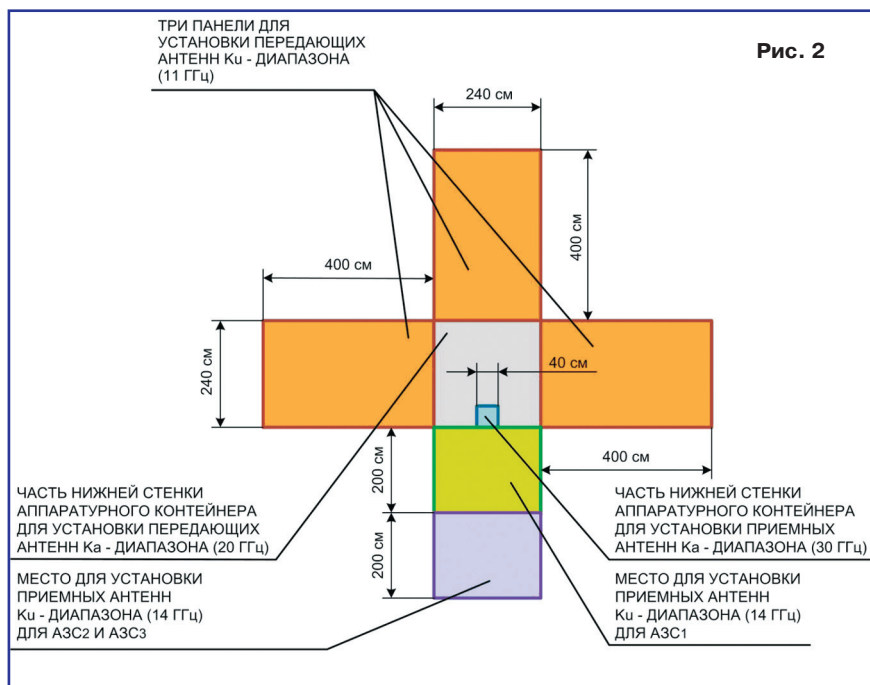
5. Контрольные станции спутниковой связи ССС «Росинфоком». Станции используются для калибровки приемных адаптивных АФАР на борту КА на ВЭО и строятся на базе передающих частей

АЗС<sub>3</sub> и ЦЗС (с передачей тест – сигналов с небольшой скоростью передачи информации). Должны быть задействованы три контрольных станции для калибровки 3-х приемных адаптивных АФАР на борту КА в диапазоне 14 ГГц и одна контрольная станция для калибровки приемной адаптивной АФАР в диапазоне 30 ГГц.

**ПОЛЕЗНАЯ НАГРУЗКА КА:**

**Конструкция**

Каждый КА на ВЭО ССС «Росинфоком» включает в свой состав аппаратный контейнер с размерами 240см x 240см x 240см для размещения активных аппаратных комплексов полезной нагрузки, а также элементов защиты установленной в них радиоэлектронной аппаратуры от воздействия радиации при пролете КА на ВЭО через пояса Ван-Аллена. К четырем боковым стенкам аппаратного контейнера прикрепляются четыре плоские панели размером 400см x 240см x 5см для установки антенн Ku-диапазона (11/14 ГГц). Вся эта конструкция (аппаратный контейнер и 4 плоские панели) размещается под головным обтекателем (ГО) ракеты-носителя (РН). После отделения головного обтекателя четыре плоские панели для установки антенн Ku-диапазона поворачиваются на 90°. Схема конструкции



полезной нагрузки (вид со стороны Земли) показана на рис. 2.

**Обобщенные параметры**

Диапазоны частот:

- Ku – 10,7 – 12,75 ГГц и 12,75 – 14,5 ГГц;
- Ka – 19,3 – 22,0 ГГц и 27,5 – 31,0 ГГц.

**Ku-диапазон передача (линия «вниз», 11 ГГц):**

- 45 антенн на базе ФАР размером 80см x 80см каждая;
- режим работы каждой ФАР – пространственно-временное разделение каналов (ПВРК) с быстрым «прыганием» узкого луча (2° x 2°) в пределах всего угла обзора земной поверхности с КА на ВЭО (16° x 16°).

Все передающие ФАР (или группы ФАР) с быстро «прыгающим» узким лучом (режим ПВРК) предназначены для передачи информации по линиям связи «КА → АЗС» в режиме MF-TDMA для любых типов АЗС. В зависимости от величины апертуры антенн АЗС (для АЗС<sub>1</sub> – 20см x 20см, для АЗС<sub>2</sub> – 40см x 40см, для АЗС<sub>3</sub> – 60см x 60см) меняется только величина скорости передачи информации по линиям связи КА → АЗС (для АЗС<sub>1</sub> – 15 Мбит/с, для АЗС<sub>2</sub> – 62 Мбит/с, для АЗС<sub>3</sub> – 140 Мбит/с).

**Ku-диапазон прием (линия «вверх», 14 ГГц)**

- Имеются 3 антенны на базе адаптивных ФАР:
- 15-ти канальная АФАР с размером раскрыва 240см x 200см. Каждый из 15-ти частотных каналов (с аналоговой обработкой принимаемых сигналов с

использованием «когераторов») имеет 750 ветвей пространственного разнесения, каждая с углом обзора видимой части земной поверхности 16° x 16°, с подавлением помех от наземных источников на уровне 30 – 35 дБ, предназначена для приема сигналов от АЗС<sub>3</sub>;

- пятиканальная АФАР с размером раскрыва 240см x 200см. Каждый из пяти частотных каналов (с аналоговой обработкой принимаемых сигналов с использованием «когераторов») имеет 750 ветвей пространственного разнесения, каждая с углом обзора видимой части земной поверхности 16° x 16°, с подавлением помех от наземных источников на уровне 30 – 35 дБ, предназначена для приема сигналов от АЗС<sub>2</sub>;
- пятиканальная АФАР с размером раскрыва 240см x 200см, каждый из пяти частотных каналов которой (с цифровой обработкой принимаемых сигналов) имеет 750 ветвей пространственного разнесения – каждая с углом обзора видимой части земной поверхности 16° x 16°, с подавлением помех от наземных источников на уровне 60 – 70 дБ, предназначена для приема сигналов от АЗС<sub>1</sub>.

**Ka-диапазон передача (линия «вниз», 20 ГГц):**

35 передающих антенн на базе ФАР (каждая с размером раскрыва 40см x 40см) размещены на части нижней стенки аппаратного контейнера.

Режим работы каждой ФАР – ПВРК с быстрым «прыганием» каждого узкого луча (2,25° x 2,25°) в пределах всего угла обзора земной поверхности 16° x 16° предназначены для передачи информа-

ции по линиям связи КА – ЦЗС в режиме MF – TDMA.

**Ka-диапазон прием (линия «вверх», 30 ГГц):**

Приемная адаптивная 20-ти канальная АФАР размером 40см x 40см, с аналоговой обработкой сигналов, размещена на другой части нижней стенки аппаратного контейнера.

Каждый из 20-ти частотных каналов этой АФАР предназначен для приема сигналов от ЦЗС в режиме MF-TDMA.

**Суммарная пропускная способность линий связи ССС «Росинфоком».**

1. Суммарная пропускная способность линий связи АЗС (АЗС<sub>1</sub>, АЗС<sub>2</sub>, АЗС<sub>3</sub>) → КА ССС «Росинфоком» в диапазоне 14 ГГц составляет около 1,1 Гбит/с.
2. Суммарная пропускная способность линий связи КА → АЗС (АЗС<sub>1</sub>, АЗС<sub>2</sub>, АЗС<sub>3</sub>) ССС «Росинфоком» составляет около 3,1 Гбит/с.

3. Суммарная пропускная способность линий связи КА → ЦЗС ССС «Росинфоком» в диапазоне 20 ГГц составляет около 3,1 Гбит/с.

4. Суммарная пропускная способность линий связи ЦЗС КА ССС «Росинфоком» в диапазоне 30 ГГц составляет около 5,1 Гбит/с.

При этом цифровые потоки с суммарной скоростью около 3,1 Гбит/с поступают по перекрестной схеме (с обработкой сигналов) от приемных стволов на КА в диапазоне 30 ГГц на передающие стволы на КА в диапазоне 11 ГГц, а от них на сети связи, построенные на базе АЗС<sub>1</sub>, АЗС<sub>2</sub>, АЗС<sub>3</sub>. Цифровые потоки с суммарной скоростью 2 Гбит/с поступают по перекрестной схеме (с обработкой сигналов) от приемных стволов на КА в диапазоне 30 ГГц на передающие стволы на КА в диапазоне 20 ГГц и далее на сеть ЦЗС.

Ярко выраженная асимметрия трафика на абонентских линиях связи АЗС → КА (1,1 Гбит/с) и КА → АЗС (3,1 Гбит/с) в ССС «Росинфоком» говорит о том, что ССС «Росинфоком» при работе в диапазонах 11/14 ГГц и 20/30 ГГц является типичным представителем систем спутникового широкополосного доступа (ШГД).

Как и во всех системах спутникового ШГД, в состав инфокоммуникационных услуг ССС «Росинфоком» входят непосредственное спутниковое цифровое телевидение (с запросным каналом), непосредственное спутниковое цифровое радиовещание (с запросным каналом), спутниковый доступ к сети «Интернет», полный набор интегрированных услуг для клиентов корпоративных сетей (телефония, передача данных, видеоконференц-связь).