

УДК 621.396.946

**Мониторинг радиочастотного спектра сети спутниковой связи,
охватывающей всю территорию Российской Федерации:
особенности практики территориально распределенного решения**

Л.В. Меньшикова, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры информационных технологий и управляющих систем,
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области

«Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза,
летчика-космонавта А.А. Леонова», г. Королев, Московская область,

Д.М. Найденова, студентка 1-го курса,

Факультет вычислительной математики и кибернетики,
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Приведен обзор состояния орбитальной группировки спутников на геостационарной орбите и их операторов, предоставляющих услуги связи в РФ, и организации, регулирующие предоставление услуг в этой области. Предложена методика контроля радиочастотного спектра каналов спутниковой связи территориально распределенной системы с большим числом земных станций, осуществляемого с одной станции. Показана взаимосвязь коэффициента ошибок в канале спутниковой связи с отношением «сигнал-шум». Даны рекомендации по выбору параметра контроля, не зависящего от характеристик приемных земных станций.

Проекты информатизации, проектирование сети спутниковой связи, телекоммуникационные сети с архитектурой «звезда», пропускная способность сетей передачи данных.

**Monitoring of the radio frequency band of the satellite communication
network: features of the practice of the Russian Federation
territory dispersed solution**

L. Menshikova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Control Systems, State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Moscow Region «Technological University named after twice Hero of the Soviet Union, pilot-cosmonaut A.A. Leonov», Korolev, Moscow region,

D. Naydenova, 1st year student of the Department of Applied Mathematics and Cybernetics,
Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow

An overview of the satellites orbital group state in geostationary orbit and their operators providing communication services in the Russian Federation and or-

ganizations regulating the service. Also the article presents a method to monitor the radio frequency distribution of satellite channels of a territorially dispersed system operating with a big number of ground stations. It also demonstrated the interconnection of error coefficients in a satellite communications channel with the SIGNAL-NOISE. Also, recommendations as to the selection of monitoring parameter that would not depend on receiving capabilities of ground-based stations are presented.

IT-projects, satellite communication network design, the telecommunications networks with the star-architecture, bandwidth of data communication networks.

Введение. Состояние орбитальной группировки в Российской Федерации

В последнее время в Российской Федерации большое внимание уделяется вопросу восполнения и развития орбитальной группировки, так как за годы перестройки орбитальная группировка Российской Федерации сильно «постарела». Надо отметить, что в силу своей уникальности геостационарная орбита является стратегическим ресурсом. России выделено на ней 13 орбитальных позиций, остальные же позиции, не выделенные конкретным странам, распределяются в общем порядке. Кроме того, что неиспользование орбитальных позиций может привести к их потере, а это крайне нежелательно. Немаловажное значение имеет и тот факт, что использование иностранных спутников госструктурами России ставит экономику РФ в зависимость от иностранных компаний. В 2001-2005 в рамках программы «О мерах по обеспечению государственной поддержки развертывания и функционирования гражданских спутниковых систем связи и вещания государственного назначения», разработано, изготовлено и запущено на геостационарную орбиту семь космических аппаратов нового поколения «Экспресс-АМ». Таким образом, сильно постаревшая в годы перестройки орбитальная группировка к 2005 году была восполнена двенадцатью космическими аппаратами (два спутника типа «Экспресс-А», пять – «Экспресс-АМ», «Ямал-100», два «Ямал-200», «Горизонт-45» и «Экран-18»). Следует отметить, что некоторые из этих спутников к 2022 году уже выведены из эксплуатации наряду с теми, которые по тем или иным причинам не приняты в штатную эксплуатацию. В частности, в конце декабря 2003 года был запущен космический аппарат (КА) «Экспресс-АМ22», ныне уже выведенный из эксплуатации. Это был первый из вышеупомянутых спутников нового поколения. Он был разработан НПО «Прикладная механика» им. М.Ф. Решетнева совместно с компанией Alcatel Space и оборудован 24 транспондерами Кудиапазона с полосой пропускания 54 МГц. Срок активного существования спутника на орбите был 12 лет, точность его удержания на орбите по долготе и наклонению составляла +0,05 град. Антенны КА имели контурные и перенацеливаемые лучи, мощность излучения была 53 дБВт в центре зоны обслуживания. Данный спутник связи на тот момент отвечал всем современным требованиям. Для работы с ним можно было задействовать наземные антенны с диаметром зеркала около 1.5 м. Этот КА был предназначен для предоставления целого спектра услуг, включая цифровое телевидение, телефонию, видеоконференц-связь, передачу данных и доступ в Интернет. На его основе были реализованы системы дистанционного обучения и телемедицины. Высокий класс данного спутника подтверждался тем, что половину стволов сразу после его запуска на геостационарную орбиту арендовала компания Евтелсат.

В настоящее время на геостационарной орбите Российская Федерация имеет 25 геостационарных спутников: Экспресс-АМЗ (103° в.д.), Экспресс-АМ5 (140° в.д.), Экспресс-АМ6 (53° в.д.), Экспресс-АМ7 (40° в.д.), Экспресс-АМ8 (14° з.д.), Экспресс-АМ33 (96,5° в.д.), Экспресс-АМ44 (11° з.д.), Экспресс-АМУ1 (36,1° в.д.), Экспресс-АМУ3 (103° в.д.), Экспресс-АМУ7 (145° в.д.), Экспресс-АТ1 (56° в.д.), Экспресс-АТ2 (140° в.д.), Экспресс-103 (96,5° в.д.), Экспресс-80 (80° в.д.), Луч-5А (167° в.д. (во время тестирования 58,5° в.д., 95° в.д.)), Луч-5Б (16° з.д.), Луч-5В (95° в.д.), Ямал-202 (49° в.д.), Ямал-300К (177° з.д.), Ямал-401 (90° в.д.), Ямал-402 (55° в.д.), Ямал-601 (49° в.д.), Электро-Л1 (14,5° з.д.), Электро-П (76°50' в.д.), Электро-Л2 (165,5° в.д.). Технические параметры спутников приведены в таблице 1, а в таблице 2 приведены характеристики лучей тех же спутников.

Организации, регулирующие деятельность в области радиосвязи

Все вопросы, касающиеся радиосвязи, регламентируются **Международным Союзом Электросвязи (МСЭ)**, штаб-квартира которого расположена в Женеве. Основным документ, регламентирующий эти вопросы – **Регламент радиосвязи**.

В РФ координация и регулирование деятельности в области развития и совершенствования федеральной электросвязи осуществляет Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (Минцифры России) и подведомственная ему Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ), выпускающая положения в рамках вышеуказанной деятельности, которые утверждает Правительство Российской Федерации. Решения ГКРЧ являются обязательными для всех на территории Российской Федерации и регулируют использование радиочастот и радиоэлектронных средств гражданского назначения юридическими и физическими лицами, позволяют проводить контроль за электромагнитной совместимостью радиоэлектронных средств.

Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) контролирует работу сетей и средств связи, проверяет качество услуг, выполнение условий осуществления деятельности в соответствии с полученными лицензиями и требованиями нормативных правовых актов в области связи, в том числе по вопросам модернизации федеральной электросвязи.

Службы радиосвязи, использующие геостационарные спутники

В зависимости от типа, размещения земных станций и назначения системы связи в соответствии с Регламентом радиосвязи различают несколько видов служб спутниковой радиосвязи, где используются геостационарные спутники.

Прежде всего, это **фиксированная спутниковая служба (ФСС)** – служба радиосвязи через космическую станцию (КС) на искусственном спутнике Земли (ИСЗ) между земными станциями, расположенными в определенных (фиксированных) пунктах.

Кроме того, это подвижная спутниковая связь (ПСС) – служба радиосвязи между подвижными земными станциями (ЗС) через одну или несколько КС. В системы связи подвижной службы так же включаются одна или несколько стационарных ЗС, называемые станциями сопряжения и предназначенные для коммутации и управления.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Таблица 1 – Технические параметры геостационарных спутников РФ

Спутник/Оператор/ССЛД	Орбитальная позиция, градусов в.д.д.	Масса спутника, кг/масса полезной нагрузки, кг	Общая мощность источников электрической энергии, кВт/ Мощность, потребляемая полезной нагрузкой, Вт	Тип космической платформы/ провозимого	Снабженности	Среднее время существования на орбите, лет	Габаритные размеры спутника при запуске, ХХУХЗ, форма, размах солнечных батарей	Точность удержания на ГСО, по параллели/по долготе град.	Дата и время запуска/ космодром (владельце космодрома, если спутник проектировался для запуска с другого космодрома)	РН (реконтрагент)/радиотайп Б/м/с/дипатель	Регионы РФ, обслуживаемые спутником	Диапазон частот/полосчастотное распределение/ эквиваленте 36 МГц
Экспресс-АМВ/ГТКС	23° в.д. (с 03.03.2022, ранее -103° в.д. до 01.08.2015, ранее -140	2555	4410	Eurostar-3000/ БРТК - НПО ИМ, ПН - Alcatel Space(Франция)	трехместная	12	-	±0,1 / ±0,1	24.06.2005 / Байконур	РН Протон-К/РБ ДМ-2	РФ	35 {16 (C-band), 12x54МГц(Ku-band)1x18МГц(L-band)}
Экспресс-АМБ/ГТКС	140° в.д.	3400/1030	14000/12700	Экспресс-2000/БРТК - ИСС им. М.Ф. Решетнева, ПН и антенны MasDopid, Dettwiler&AssLtd(MDA, Канада)	трехместная	15	-	±0,05/ ±0,05	26.12.2013 11:49:56UTC/ Байконур	РН Протон-М/РБ Бриз-М	видимая часть РФ	151 {30x40МГц (C-band) через 50МГц, 40x54МГц(Ku-band), 12x182МГц(Ku-band), 1(L-band)}
Экспресс-АМБ/ГТКС	53° в.д.	3400	14000	Экспресс-2000/БРТК - ИСС им. М.Ф. Решетнева, ПН - MDA (Канада)	трехместная	15	-	±0,05/ ±0,05	21.10.2014 16:09 UTC/ Байконур	РН Протон-М/РБ Бриз-М	Европейская часть России и Западная Сибирь	72 {14 (C-band), 44 (Ku-band), 12 (Ka-band), 2(L-band)}
Экспресс-АМ7/ГТКС	40° в.д.	5720/1438,5	18500/13665	Eurostar-E3000/Airbus DS (Европа-Франция/Германия)	трехместная	15	-	±0,05/ ±0,05	09.03.2015/ Байконур	РН Протон-М/РБ Бриз-М	С (20-105 в.д. 25-70 с.ш.), Ку (Европейская часть России, кроме Калининградской области, Урал и часть Западной Сибири)	80 { из них 24 (C-band), 36(Ku-band), 2(L-band)}
Экспресс АМВ/ГТКС	14° з.д.	2100/661	5880	Экспресс-1000НТВ/БРТК - ИСС им. М.Ф. Решетнева, ПН - TASI(Франция)	трехместная	15	-	±0,05/ ±0,05	09.03.2015/ Байконур	РН Протон-М/РБ Бриз-М/СПД-100	-	42 {24 (C-band),16 (Ku-band), 2(L-band)}
Экспресс-АМВ3/ГТКС	11° з.д. (с 17.08.2022, ранее -96,5° в.д.)	2579	6770	МСС-727/БРТК - ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М.Ф. Решетнева (НПО ИМ), ПН - "Thales Alenia Space Italy" (TASI, Франция)	трехместная	12	-	±0,05/ ±0,05	28.01.2008 00:18 UTC	РН Протон-М/РБ Бриз-М	-	35.1 {10x40 (C-band), 16x54 (Ku-band) и 1(L-band)}
Экспресс-АМ4/ГТКС	11° з.д.	2560/590	4410	МСС-727/БРТК - НПО ИМ, ПН - TASI(Франция)	трехместная	12	-	±0,05/ ±0,05	11.02.2009 00:03 UTC	РН Протон-М/РБ Бриз-М	-	35.1 {10x40 (C-band), 16x54 (Ku-band) и 1(L-band)}
Экспресс-АМ5/1/ГТКС	36,1° в.д.	5892	15000	EADS Astrium (Европа-Франция/Германия)	трехместная	15	-	±0,05/ ±0,05	24.12.2015 00:30:50мск/ Байконур	РН Протон-М/РБ Бриз-М	Европейская часть РФ	70 {52x36МГц (Ku-band) и 18 (Ka-band)}
Экспресс-АМ5/3/ГТКС	103° в.д.	2150/489	6300	Экспресс-1000Н/БРТК - ИСС им. М.Ф. Решетнева, ПН - Thales Alenia Space(Франция, Италия)	трехместная	15	-	±0,05/ ±0,05	13.12.2021/ Байконур	РН Протон-М/РБ Бриз-М/СПД-100	видимая часть РФ (С, Ku-band) глобальная зона (L-band)	40 {7 (C-band), Вариант 1 - 2 широких луча в 8радионаправлении или Вариант 2 - 5 узких лучей в 22 радионаправлении и радиомаяк (Ku-band) и 2 (L-band)}
Экспресс-АМ5/7/ГТКС	145° в.д.	1980/469	6300	Экспресс-1000Н/БРТК - ИСС им. М.Ф. Решетнева, ПН - Thales Alenia Space(Франция, Италия)	трехместная	15	-	±0,05/ ±0,05	13.12.2021/ Байконур	РН Протон-М/РБ Бриз-М/СПД-101	видимая часть РФ - от Красноярска до Камчатки (С, Ku-band), глобальная зона видимости (L-band)	42 {16 активных+2 резервные+2 радиомаяка (C-band), 20 активных+1 радиомаяк (Ku-band) и 1 (L-band)}
Экспресс-АТ1/ГТКС	56° в.д.	1726/360	5880	Экспресс-1000ТВ/БРТК - ИСС им. М.Ф. Решетнева, ПН - TASI (Франция)	трехместная	15	-	±0,05/ ±0,05	16.03.2014 0:08 UTC / Байконур	РН Протон-М/РБ Бриз-М	видимая часть РФ	32 {Ku-band}

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Спутник/Оператор/СПД	Услуги	Предельная скорость передачи сигнала	Лучи (наименование/схема наиселения/прицеливания) луча	Диапазон частот/Особенности - результаты тестирования новых технологий, описание диапазонов, прочие	Зона обслуживания лучей	ЭНИМ (ожидаемая мощность излучения в диапазоне КВ в центре луча, дБВт)	Добротность С/Т антенны КА, дБК	Тип polarization луча
Экспресс АТ2/ГПКС	ФСС: непосредственное спутниковое телевидение на территории западной и восточной РФ	-	ФЛ1	Ku-диапазон	РФ	53	-	-
Экспресс-103/ГПКС	ФСС: цифровое ТВ, широкополосный доступ, магистральные каналы связи, организация ТН-перегонов; ПСС: услуги связи на морских и воздушных судах	-	ФЛ1 (С-диапазон), ФЛ1 (Ku-диапазон)	Антенны: С-band - 1 приемно-передающая D=2000мм, руторные - 1 передающая и 1 приемная; Ku-band - 2 приемно-передающая D=2000мм, руторные - 1 передающая; С-band - 2 приемно-передающая (глобальная и зональная)	РФ, северная Индия и Юго-Восточная Азия	46,7 (C-band); 52 (Ku-band)	-	-
Экспресс 80/ГПКС	ФСС: цифровое ТВ, широкополосный доступ, магистральные каналы связи; ПСС: услуги связи на морских и воздушных судах	-	ФЛ1 (С-диапазон), ФЛ1, ФЛ2 (Ku-диапазон)	С-диапазон, Ku-диапазон, L-диапазон	РФ, страны СНГ	45,1 (C-band); 48,8 (Ku-band)	-	-
Лучь-5А/ Государственная корпорация космической деятельности "Роскосмос" (Госкорпорация "Роскосмос")	для работы с низколетящими спутниками с высотой орбит до 2000 км - прием телеметрии и передача команд на них; пилотируемые космические комплексы, РН, разгонные блоки	150 Мбит/с (Ku-band), 5 Мбит/с (C-band)	1 антенны с узкими ДН - 1 Ku-band, 1 S-band	С-диапазон, Ku-диапазон, R-диапазон, L-диапазон	-	55	24	-
Лучь-5Б/ Госкорпорация "Роскосмос"	для работы с низколетящими спутниками с высотой орбит до 2000 км - с возможностью передачи команд на них; прием сигналов в R-диапазоне и интернациональные L-диапазоне системы "КОСПАС-САРСАТ" сбора и передачи гидрометеорологической информации "Планета-С"	150 Мбит/с (Ku-band), 5 Мбит/с (C-band)	2 антенны с узкими ДН, D=4,2 м - 1 Ku-band, 1 S-band	С-диапазон, Ku-диапазон, R-диапазон, L-диапазон	-	23-59,6	16,5-25,1	-
Лучь-5В/ Госкорпорация "Роскосмос"	для работы с низколетящими спутниками с высотой орбит до 2000 км - с возможностью передачи команд на них; прием сигналов в R-диапазоне и интернациональные L-диапазоне системы "КОСПАС-САРСАТ" сбора и передачи гидрометеорологической информации "Планета-С"	150 Мбит/с (Ku-band), 5 Мбит/с (C-band)	2 антенны с узкими ДН, D=4,2 м - 1 Ku-band, 1 S-band	С-диапазон, Ku-диапазон, R-диапазон, L-диапазон	-	-	-	-
Ямал-202/ГПКС	ФСС: магистральные каналы; ПСС: морские суда	-	-	С-диапазон,	Полуглобальная зона обслуживания (восточная Азия, западная Северная Америка, северная часть Тихого океана)	44	-	-
Ямал-300К/ГПКС	аренда ресурса и услуги связи на Дальнем Востоке и в Тихоокеанском регионе	-	Когурные лучи (С-band), Северный луч 1 (фиксированный, когурный), Северный луч 2 (фиксированный, эллиптический), Переключаемый (Ku-band)	С-диапазон, Ku-диапазон	РФ, северная часть Тихого океана и Западное побережье Северной Америки	-	-	-
Ямал-401/ГПКС	аренда ресурса и услуги связи	-	1 фиксированный в С-диапазоне и 2 фиксированных в Ku-диапазоне; Луч С-диапазона, Российский луч Ku-диапазона, Северный луч Ku-диапазона	С-диапазон, Ku-диапазон	РФ и сопредельные государства	47(C), 51(Ku)	2,5(C), 4-5(Ku)	-
Ямал-402/ГПКС	высокоскоростные широкополосные услуги	-	4 фиксированных луча и 1 переключаемый: Российский луч, Северный луч, Европейский луч, Южный луч, Переключаемый луч	Ku-диапазон	РФ, страны СНГ, Западная и Центральная Европа, Ближний Восток и Африка	52(Ku) выходная мощность транспондеров в С-band: 120-150Вт	4 (Ku)	-

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Спутник/Оператор ССЦ	Орбитальная высота, градусов в.д./з.д.	Масса спутника, кг/масса полезной нагрузки, кг	Общая мощность источников электроэнергии спутника, кВт/ Мощность, потребляемая полезной нагрузкой, Вт	Тип космической платформы / пропозититель	Стойбилизация	Срок активного существования на орбите, лет	Габаритные размеры спутника при запуске, ХХУХЗ, форма, размах солнечных батарей	Точность удержания на ГСО, по наклонению/по долготе Град.	Дата и время запуска/ космодром (название космодрома, если спутник проектировался для запуска с другого космодрома)	РН (разработчик/владелец) /разработчик/владелец	Регионы РФ, обслуживаемые спутником	Диапазон частот/Космическое радиополосовое эквиваленте 36 МГц
Ямар-601/ГКС	49° в.д.	5400	7400	Spacebus-4000СА/ БРТК - ИСС им.М.Ф.Решетнева, ПИ - TASI (Франция)	трепетная	10	-	±0,1 / ±0,1	30.05.2019 17:42UTC Байконур	РН Протон-М/РБ Бриз-М/С-400(Германия)	С (видимая со спутника часть территории РФ), Ка (Европейская часть России, включая Калининградскую область, Урал, Западная Сибирь)	70{18 (C-band), 32(Ka-band)}
Электро-12/ Госкорпорация Роскосмос	14,5° з.д.	1740/462	1700/700	Научно-производственное объединение им. С.А.Лавочкина (НПО им. С.А.Лавочкина)	трепетная	10	5,5x2,5м	-	11.12.2015	РН Зенит-2SB/РБ Фрегат-СБ	Видимая со спутника часть территории РФ	4{X-band, L-band,UHF-band}
Электро-13/ Госкорпорация Роскосмос	165,5° в.д.	1740/462	1700/700	НПО им. С.А.Лавочкина	трепетная	10	5,5x2,5м	-	24.12.2019	РН Протон-М/РБ Бриз-М	Видимая со спутника часть территории РФ	4{X-band, L-band,UHF-band}
Электро-III/ Госкорпорация Роскосмос	76°50' в.д.	-	-	НПО им. С.А.Лавочкина	трепетная	12	5,5x2,5м	-	-	РН Зенит-2SB/РБ Фрегат-СБ	Видимая со спутника часть территории РФ	4{X-band, L-band,UHF-band}
Радуга 1-8/ Космические	12° в.д.	2420	1600	Глобус №18/ИСС им.М.Ф.Решетнева	трепетная	3	5,5x2,5м	-	28.02.2009	РН Протон-К/РБ ЛМ2	Видимая со спутника часть территории РФ	9{L-band,X-band,6(C-band), Ku-band}
Радуга 1М-2/Космические	85° в.д.	2400	1600	Глобус №12/ИСС им.М.Ф.Решетнева	трепетная	3	5,5x2,5м	-	28.01.2010	РН Протон-М/РБ Бриз-М	Видимая со спутника часть территории РФ	11{L-band,3(X-band),6(C-band), Ku-band}
Радуга 1М-3	35° в.д.	2400	1600	Глобус №13/ИСС им.М.Ф.Решетнева	трепетная	3	5,5x2,5м	-	12.11.2013	РН Протон-М/РБ Бриз-М	Видимая со спутника часть территории РФ	11{L-band,3(X-band),6(C-band), Ku-band}
Гаргуи №1/Космические войска	13,5° з.д.	-	-	ГУКОС/ИСС им.М.Ф.Решетнева	трепетная	15	-	-	21.09.2011	РН Протон-М/РБ Бриз-М/Байконур	Видимая со спутника часть территории РФ	C-band, Ku-band
Гаргуи №2/Космические войска	80° в.д.	-	-	ГУКОС/ИСС им.М.Ф.Решетнева	трепетная	15	-	-	13.12.2015	РН Протон-М/РБ Бриз-М/Байконур	Видимая со спутника часть территории РФ	C-band, Ku-band
Благовест №11.1/ Космические войска	неизв	3400	-	Экспресс-2000/ИСС им.М.Ф.Решетнева	трепетная	15	-	-	17.08.2017	РН Протон-М/РБ Бриз-М/Байконур	Видимая со спутника часть территории РФ	C-band, Ka/Q-band
Благовест №11.1/ Космические войска	неизв	3400	-	Экспресс-2000/ИСС им.М.Ф.Решетнева	трепетная	15	-	-	17.08.2017	РН Протон-М/РБ Бриз-М/Байконур	Видимая со спутника часть территории РФ	C-band, Ka/Q-band
Благовест №11.1/ Космические войска	неизв	3400	-	Экспресс-2000/ИСС им.М.Ф.Решетнева	трепетная	15	-	-	17.08.2017	РН Протон-М/РБ Бриз-М/Байконур	Видимая со спутника часть территории РФ	C-band, Ka/Q-band
Благовест №11.1/ Космические войска	неизв	3400	-	Экспресс-2000/ИСС им.М.Ф.Решетнева	трепетная	15	-	-	06.08.2019	РН Протон-М/РБ Бриз-М/Байконур	Видимая со спутника часть территории РФ	C-band, Ka/Q-band

*NN-"no name" -обозначение лучей, если название лучей не опубликовано в открытой печати
 Сокращения: БРТК - бортовой ретрансляционный комплекс, ПИ - полезная нагрузка
 НПО ПМ - Акционерное общество «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва (ИСС) - до 3 марта 2008 года — ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнёва (НПО ПМ)

Кроме того, геостационарные спутники используются радиовещательной спутниковой службой, межспутниковой службой, метеорологической службой, службой космических исследований. Назначение этих служб понятно из их названия.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Таблица 2 – Характеристики лучей геостационарных спутников РФ

Спутник/Оператор/СПЦ	Услуги	Предельная скорость передачи сигнала	Лучи (наименование/точка наклонения/присоединение) луча	Диапазон частот/Объемы услуг-результаты геостационарных новых технологий, описание диапазонов, прожек	Зоны обслуживания лучей	ЭВМ (описание типичных параметров по обслуживаемой зоне) \ спутник КА и наземные лучи, ЛЭВР	Добротность СЧТ антенны КА, ЛЭВР	Тип по организации луча
Экспресс-АМБ/ГПКС	цифровое ТВ, телерадиовещание, телефония, видеоконференцсвязь, ПД, доступ в сеть ИНТЕРНЕТ	-	1 фиксированный и 1 перенацеливаемый (С), 3 фиксированных и 1 перенацеливаемый (Ku), есть транспондеры L-диапазона	С-диапазон, Ku-диапазон, Ka-диапазон	РФ и Центральная Азия	-	-	-
Экспресс-АМ5/ГПКС	ФСС: пакет мультисервисных услуг (цифровое ТВ, телефония, видеоконференцсвязь, передача данных, доступ в сеть Интернет), сети VSAT; ПСС: правительственная и президентская	-	2 фиксированных (C-band), 4 фиксированных (Ku-band), 10 перенацеливаемых (Ka-band) *Фиксированный луч С-диапазон", *Перенацеливаемый луч С-диапазон", *Фиксированный луч №1 Ku-диапазон", *Фиксированный луч №2 Ku-диапазон", *Перенацеливаемый луч Ku-диапазон", *Фиксированный луч №1-10 Ka-диапазон"	С-диапазон, Ku-диапазон, L-диапазон	РФ, Филиппинские острова	49,7 (C-band), 55 (Ku-band), 62 (Ka-band)	-	-
Экспресс-АМ6/ГПКС	ФСС: пакет мультисервисных услуг (цифровое ТВ, телефония, видеоконференцсвязь, передача данных, доступ в сеть Интернет), сети VSAT; ПСС: правительственная и президентская	-	F1 и F2 (C), FK1 и FK2 (Ku), NN1* (Ka), NN2* (L)	С-диапазон, Ku-диапазон, Ka-диапазон, L-диапазон (Луч С-диапазона (3,4 до 8 ГГц) Луч Ku-диапазона (от 12 до 18 ГГц), Ka-диапазона (от 26,5 до 40 ГГц) L-диапазон (от 1 до 2 ГГц)	F1 (Европейская часть России и Западная Сибирь), F2 (Африка), FK1 (Европейская часть России и Западная Сибирь), FK2 (Центральная Европа и страны Ближнего Востока), NN1* (Европейская часть России и Западная Сибирь), NN2* (нет данных)	46 (C-band), 53,5 (Ku-band)	-	круговая
Экспресс-АМ7/ГПКС	ФСС: услуги ТВ, широкополосный доступ и мультимедиа, передача данных, телефония, ПСС.	-	1 фиксированный и 1 перенацеливаемый (С), 3 фиксированных и 1 перенацеливаемый (Ku), есть транспондеры L-диапазона	С-диапазон, Ku-диапазон, Ka-диапазон, L-диапазон (от 1 до 2 ГГц)	страны Европы, Ближний Восток, Индия	-	-	-
Экспресс АМ8/ГПКС	ФСС: услуги ТВ, широкополосный доступ и мультимедиа, передача данных, телефония, ПСС	-	*Фиксированный луч №1*, *Фиксированный луч №2*, *Фиксированный луч №3*	С-диапазон, Ku-диапазон L-диапазон (от 1 до 2 ГГц)	ФЛ1 - Европа, Северная и Центральная Африка, ФЛ2 - Южная и Северная Америка, ФЛ3 - Южная и часть Северной Америки	41 (C-band), 51 (Ku-band),	-	ВГ (Ku), круговая (C)
Экспресс-АМ3/ГПКС	аналоговое ТВ, прочие услуги связи и вещания	-	-	Испытания технологии DVB-S2, модуляция 32 APSK 9/10 - экономия орбитального ресурса 58.7 %	-	-	-	-
Экспресс-АМ4/ГПКС	ФСС: цифровое ТВ, доступ в сеть ИНТЕРНЕТ, для сетей VSAT, видеоконференцсвязь, ПСС: президентской и правительственной	-	-	С-диапазон, Ku-диапазон, Ka-диапазон, L-диапазон	Европа, Саудовская Аравия	48,2 (C-band), 55,7 (Ku-band)	-	-
Экспресс-АМ5/1/ГПКС	ТВ	-	-	С-диапазон, Ku-диапазон, Ka-диапазон, Ka-диапазон	РФ, Районы Африки южнее Сахары	54 (Ku-band)	-	-
Экспресс-АМ5/3/ГПКС	ФСС: цифровое ТВ, ПД, высокоскоростной доступ в Интернет, ПСС: морские суда	-	ФЛ1, ФЛ2 (С-диапазон), ФЛ1, ФЛ2, ФЛ3, ФЛ4. Перенацеливаемый 1, Перенацеливаемый 2 (Ku-диапазон)	С-диапазон, Ku-диапазон	РФ, Казахстан (С, Ku), Вариант 2 - запад Европейской части РФ и Казахстана, Поволжье, Урал, Зауралье, Восточная Сибирь и Дальний Восток	46,1 (C-band), 50,1 (Ku-band), 55,7 (Ku-band)	5,4 (C-band), 5,6 (Ku-band)	ВГ
Экспресс-АМ5/7/ГПКС	ФСС: цифровое ТВ, ПД, высокоскоростной доступ в Интернет, ПСС: морские суда	-	ФЛ1, ФЛ2 (С-диапазон), ФЛ1, ФЛ2 (Ku-диапазон)	С-диапазон, Ku-диапазон, L-диапазон	-	49,8 (C-band); 56,5 (C-band)	7,7 (C-band); 9,3 (Ku-band)	-
Экспресс-АТ1/ГПКС	ФСС: непосредственное спутниковое телевидение на территории западной и восточной РФ	-	луч 1 - "Широкая фиксированная зона", луч 2 - "Восточная фиксированная зона"	Ku-диапазон	РФ	52	-	-

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Спутник/Оператор/СДЦ	Услуги	Предельная скорость передачи сигнала	Длина/ширина/толщина панелей/орбитальный период	Диапазон частот/Свойства спектра - результаты тестирования новых технологий, описание диапазонов, прожек	Зона обслуживания/лучей	ЭВМ (мощность/тип/процессор/используемая мощность) \ способ КС и тип тре-дучи, ЛБВ	Добротность СЧ антенны КС, ЛБК	Тип организации луча
Экспресс АТ2/ГПКС	ФСС: непосредственное спутниковое телевидение на территории западной и восточной РФ	-	ФП1	Кв-диапазон	РФ	53	-	-
Экспресс-103/ГПКС	ФСС: цифровое ТВ, широкополосный доступ, магистральные каналы связи, организации ТВ-переговоров; ПСС: услуги связи на морских и воздушных судах	-	ФП1 (С-диапазон), ФП1 (Кв-диапазон)	Антенны: С-band - 1 приемно-передающая D=2000мм, рупорные - 1 передающая и 1 приемная; Ku-band - 2 приемно-передающая D=2000мм, рупорные - 1 передающая; С-band - 2 приемно-передающая (глобальная и зональная)	РФ, северная Индия и Юго-Восточная Азия	46,7 (С-band); 52 (Ku-band)	-	-
Экспресс 80/ГПКС	ФСС: цифровое ТВ, широкополосный доступ, магистральные каналы связи; ПСС: услуги связи на морских и воздушных судах	-	ФП1 (С-диапазон), ФП1, ФП2 (Кв-диапазон)	С-диапазон, Кв-диапазон, L-диапазон	РФ, страны СНГ	45,1 (С-band); 48,8 (Ku-band)	-	-
Луч-5А/ Государственная корпорация космической деятельности "Роскосмос" (Госкорпорация "Роскосмос")	для работы с низколетящими спутниками с высотой орбит до 2000 км - прием телеметрии и передача команд на них; пилотируемые космические комплексы, РН, разгонные блоки	150 Мбит/с (Ku-band), 5 Мбит/с (С-band)	1 антенна с узкими ДН - 1 Ku-band, 1 S-band	S-диапазон, Кв-диапазон, Р-диапазон, L-диапазон	-	55	24	-
Луч-5Б/ Госкорпорация "Роскосмос"	для работы с низколетящими спутниками с высотой орбит до 2000 км - с возможностью передачи команд на них; прием сигналов в Р-диапазоне и их ретрансляция в L-диапазоне системы "КОСПАС-САРСАТ" сбора и передачи гидрометеорологической информации "Планета-С"	150 Мбит/с (Ku-band), 5 Мбит/с (С-band)	2 антенны с узкими ДН, D=4,2 м - 1 Ku-band, 1 S-band	S-диапазон, Кв-диапазон, Р-диапазон, L-диапазон	-	23-59,6	16,5-25,1	-
Луч-5В/ Госкорпорация "Роскосмос"	для работы с низколетящими спутниками с высотой орбит до 2000 км - с возможностью передачи команд на них; прием сигналов в Р-диапазоне и их ретрансляция в L-диапазоне системы "КОСПАС-САРСАТ" сбора и передачи гидрометеорологической информации "Планета-С"	150 Мбит/с (Ku-band), 5 Мбит/с (С-band)	2 антенны с узкими ДН, D=4,2 м - 1 Ku-band, 1 S-band	S-диапазон, Кв-диапазон, Р-диапазон, L-диапазон	-	-	-	-
Ямал-202/ГКС	ФСС: магистральные каналы; ПСС: морские суда	-	-	С-диапазон,	Полу глобальная зона обслуживания (восточная Азия, западная Северная Америка, северная часть Тихого океана)	44	-	-
Ямал-300К/ГКС	аренда ресурса и услуги связи на Дальнем Востоке и в Тихоокеанском регионе	-	Контурные лучи (С-band), Северный луч 1 (фиксированный, контурный), Северный луч 2 (фиксированный, эллиптический), Перенацеливаемый (Ku-band)	С-диапазон, Кв-диапазон	РФ, северная часть Тихого океана и Западное побережье Северной Америки	-	-	-
Ямал-401/ГКС	аренда ресурса и услуги связи	-	1 фиксированный в С-диапазоне и 2 фиксированных в Кв-диапазоне: Луч С-диапазона, Российский луч Кв-диапазона, Северный луч Кв-диапазона	С-диапазон, Кв-диапазон	РФ и сопредельные государства	47(С), 51(Ku)	2,5(С), 4-5(Ku)	-
Ямал-402/ГКС	высокоскоростные широкополосные услуги	-	4 фиксированных луча и 1 перенацеливаемый: Российский луч, Северный луч, Европейский луч, Южный луч, Перенацеливаемый луч	Кв-диапазон	РФ, страны СНГ, Западная и Центральная Европа, Ближний Восток и Африка	52(Ku)/ выходящая мощность транспондеров в С-band: 120-150Вт	4 (Ku)	-

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Спутник/Оператор/ССПД	Услуги	Предельная скорость передачи сигнала	Лучи (название/точка наведения/проектирования) луча	Диапазон частот/Объемности - результаты тестирования новых технологий, описание диапазонов, процес	Зона обслуживания лучей	ЭНИМ (эквивалентная изотропно излучаемая мощность) \ стволы КА и центра луча, дБВт	Добротность С/Т антенны КА, дБ/К	Тип polarization луча
Ямал-601/ГКС	ФСС и высокоскоростной доступ в Интернет	30Гбит/с	NN1 - многоручевое покрытие (Ка - 32 луча по 0,52 град.х0,52 град), NN2 (С)	С-диапазон, Ка-диапазон	С (видимая со спутника часть территории РФ, стран СНГ, Европы, Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии), Ка (РФ)	61	-	-
Электро-Л2/ Госкорпорация Роскосмос	получение изображений облачности поверхности Земли, проведение гелиогеофизических измерений, сбор и ретрансляция гидрометеорологической и служебной информации	30,72 Мбит/с	-	-	-	-	-	-
Электро-Л3/ Госкорпорация Роскосмос	Анализ и прогноз погоды, состояния акваторий морей и океанов, условий полета авиации, гелиогеофизической обстановки в околоземном космическом пространстве, состояния ионосферы и магнитного поля Земли, мониторинг климата и глобальных измерений, контроль чрезвычайных ситуаций, экологический контроль.	30,72 Мбит/с	-	-	-	-	-	-
Электро-П/ Госкорпорация Роскосмос	геостационарный оперативный метеорологический спутник	30,72 Мбит/с	-	-	-	-	-	-
Радуга 1-8/ Космические	военное назначение, связь в труднодоступных районах ПСС	-	-	L-диапазон, С-диапазон, X-диапазон, Ka-диапазон	Видимая со спутника часть Земли	33	-	-
Радуга 1М-2/ Космические	военное назначение, связь в труднодоступных районах ПСС	-	-	L-диапазон, С-диапазон, X-диапазон, Ka-диапазон	Видимая со спутника часть Земли	-	-	-
Радуга 1М-3	военное назначение, связь в труднодоступных районах ПСС	-	-	L-диапазон, С-диапазон, X-диапазон, Ka-диапазон	Видимая со спутника часть Земли	-	-	-
Гаргуи №1/Космические войска	военное назначение	-	-	С-диапазон, Ku-диапазон	Видимая со спутника часть Земли	-	-	-
Гаргуи №2/Космические войска	военное назначение	-	-	С-диапазон, Ku-диапазон	Видимая со спутника часть Земли	-	-	-
Благовест №11.Л/Космические войска	спутник связи военного назначения	-	-	С-диапазон, Ka/Q-диапазон	Видимая со спутника часть Земли	-	-	-
Благовест №11.Л/Космические войска	спутник связи военного назначения	-	-	С-диапазон, Ka/Q-диапазон	Видимая со спутника часть Земли	-	-	-
Благовест №11.Л/Космические войска	спутник связи военного назначения	-	-	С-диапазон, Ka/Q-диапазон	Видимая со спутника часть Земли	-	-	-
Благовест №11.Л/Космические войска	спутник связи военного назначения	-	-	С-диапазон, Ka/Q-диапазон	Видимая со спутника часть Земли	-	-	-

Для всех вышеупомянутых служб Регламентом радиосвязи выделены полосы частот, которые различаются для направлений Земля-Космос и Космос-Земля и в зависимости от местоположения ЗС. В Регламенте Радиосвязи вся Земля в соответствии с этим поделена на три района – Район 1 (Европа, Африка, а так же вся азиатская часть РФ и стран бывшего СССР и МНР), Район 2 (Америка), Район 3 – (Азия – без бывшего СССР, Австралия, Океания).

Диапазоны радиочастот фиксированной спутниковой службы

Для фиксированной спутниковой службы основными, наиболее используемыми сейчас, являются следующие диапазоны: С-диапазон (4/6 ГГц), Ku-диапазон (11/14 ГГц), Ka-диапазон (20/30 ГГц), V-диапазон (40/60 ГГц), а также X-диапазон и Q-диапазон, частоты которых пересекаются с вышеупомянутыми, поэтому мы их не указываем, так как они не относятся к ФСС. Заявлены системы для частот 100 и более ГГц, хотя оборудования соответствующего еще нет.

Операторы спутниковой связи, предоставляющие услуги фиксированной спутниковой связи в Российской Федерации

В России системы спутниковой связи с КА на геостационарной орбите построены с использованием космических аппаратов, принадлежащих Федеральному государственному унитарному предприятию (ФГУП) «Космическая связь», Международной организации космической связи (МОКС) «Интерспутник», АО «Газпром Космические системы» (ГКС, ранее ОАО «Газком»), а также компаниям Интелсат и Евтелсат.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Космическая связь»

В Российской Федерации на данный момент более 50 процентов рынка спутниковой связи занимает ФГУП «Космическая связь». ФГУП «Космическая связь» (ГПКС) образовано в 1967 г. и имеет статус национального оператора в области спутниковой связи. ГПКС является уполномоченным органом Минцифры России по созданию и эксплуатации технических средств спутниковой связи. Предприятие зарегистрировано в Международном союзе электросвязи, является акционером международных компаний Интелсат, Евтелсат и основным партнером международной организации космической связи «Интерспутник».

Основные виды деятельности ГПКС – предоставление в аренду спутниковой емкости, телерадиовещание, телефонная связь, высокоскоростная передача данных и доступ в Интернет, видеоконференц-связь, проектирование и создание корпоративных сетей. Своим приоритетным направлением ГПКС считает создание мультисервисных сетей на основе технологии VSAT.

Орбитальная группировка ГПКС насчитывает 35 геостационарных спутников, работающих в С-, Ku-, расширенном Ku- и L-диапазонах и расположенных на дуге орбиты от 11° з.д. до 183° в.д.

Зона обслуживания этих спутников охватывает территорию России, СНГ, стран Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Африки. Большая часть клиентов компании сосредоточена в России и странах СНГ.

Все спутники серии «Экспресс-АМ» были созданы на базе единой унифицированной платформы.

Так же НПО ПМ разработало две новые универсальные платформы, которые могут работать как на геостационарной, так и на иных (наклонных) орбитах:

- платформа «Экспресс-1000» используется для создания спутников связи с массой 500...1000 кг, массой модуля полезной нагрузки до 250 кг и его энергопотреблением до 2000 Вт;
- платформа «Экспресс-2000» используется для создания тяжелых спутников с массой до 3200...3600 кг, включая массу модуля полезной нагрузки до 1350 кг, и энергопотреблением последнего не менее 10 500 Вт.

Разработчики универсальной платформы считают, что за счет увеличения

массы полезной нагрузки и ее энергопотребления возможности космических аппаратов будут существенно расширены.

На базе «Экспресс-2000» разработаны усовершенствованный спутник связи и вещания «Экспресс-АМУ», а также спутник непосредственного телевизионного вещания и обеспечения интерактивных услуг и мультимедиа с обработкой сигнала на борту «Экспресс-АТ», а также спутники для высокоэллиптических орбит.

На базе же спутника «Экспресс-1000» созданы спутник для распределения телепрограмм и малые спутники связи для регионов с низким трафиком.

Помимо орбитальной спутниковой группировки в состав ГПКС входят несколько центров космической связи, которые объединены волоконно-оптической цифровой SDH-сетью. Объединенная телекоммуникационная инфраструктура предприятия позволяет транслировать федеральные и региональные телерадиопрограммы, обеспечивать подвижную правительственную связь, телефонию, передачу данных в аналоговом и цифровом режимах.

Главный офис ГПКС расположен в Москве.

Акционерное общество «Газпром Космические системы»

Одним из перспективных операторов на рынке спутниковой связи является АО ГКС, имеющий 5 спутников «Ямал» на геостационарной орбите.

Открытое акционерное общество «Газком» образовано в 1992 г. предприятиями РАО «Газпром», РКК «Энергия» и акционерным банком «Газпром-банк». Основными видами деятельности компании являются создание и эксплуатация космических систем связи, реализация телекоммуникационных и телевизионных проектов, предоставление услуг связи.

Орбитальная группировка состоит из одного спутника-ретранслятора серии «Ямал-200», одного КА серии «Ямал-300» и двух КА серии «Ямал-400» и одного спутника «Ямал-601». Суммарная зона их покрытия охватывает территорию России и страны СНГ.

«Газком» оказывает следующие телекоммуникационные услуги: предоставление частотного ресурса на спутниках, аренда спутниковых каналов, спутниковое цифровое телерадиовещание, спутниковый доступ в Интернет. Среди сетей спутниковой связи, обслуживаемых компанией, можно выделить сети VSAT, магистральные сети и сети распределительного телерадиовещания. ОАО «Газком» предоставляет емкость спутников «Ямал» государственным структурам, корпоративным клиентам (в том числе ОАО «Газпром»), телекоммуникационным компаниям, Интернет-провайдерам, центральным и региональным теле- и радиовещательным компаниям.

Офис компании находится в г. Королев Московской области.

Международная организация космической связи «Интерспутник»

Международная организация космической связи «Интерспутник» создана в 1971 году. В настоящее время в ней используется КА «Экспресс», «Ямал», КА системы «Евтелсат» и другие СР сторонних организаций.

Компания Интелсат (Intelsat)

Организация Интелсат основана в 1964 году, к 2000 году членами ее являлись более 140 стран, в том числе и Российская Федерация. Орбитальная группировка Интелсат охватывает четыре основных региона обслуживания – Атлантический, Индийский, Азиатско-Тихоокеанский и Тихоокеанский. За 40 лет существования этой организации сменилось 10 поколений спутников, частотный ресурс и энергетические ха-