

УДК 629.76/.78.001.14 DOI 10.30894/issn2409-0239.2019.6.2.51.58

Радиочастотное обеспечение и международно-правовая защита частотных присвоений для малых космических аппаратов

А. А. Таланов, к. т. н., contact@spacecorp.ru

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

С. А. Федотов, к. т. н., contact@spacecorp.ru

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с выделением, присвоением радиочастот, порядком проведения международно-правовой защиты, которые должны выполняться головным разработчиком малых космических аппаратов (МКА) при проведении научно-исследовательских работ, разработке и производстве элементов космических систем и комплексов.

Проведен анализ радиочастотных диапазонов работы служебных и целевых радиолиний известных отечественных МКА. Приведены данные о полосах радиочастот командно-телеметрических систем (КТС) и радиолинии целевой информации (РЛЦИ) малых космических аппаратов, разработанных российскими компаниями.

Отмечено, что используемые в настоящее время для работы МКА полосы радиочастот накладывают достаточно жесткие ограничения для построения космического сегмента и/или кластера на их базе, что неизбежно негативно скажется на возможностях их расширенного использования. Предложены альтернативные полосы радиочастот и варианты построения радиолинии с учетом выполнения требований Таблицы распределения полос частот между радиослужбами РФ и Регламента радиосвязи.

Ключевые слова: малые космические аппараты, космическая платформа, частотный диапазон, Регламент радиосвязи

Radio Frequency Provision and International Legal Protection of Frequency Assignments for Small Satellites

A. A. Talanov, *Cand. Sci. (Engineering)*, contact@spacecorp.ru

Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

S. A. Fedotov, *Cand. Sci. (Engineering)*, contact@spacecorp.ru

Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

Abstract. The article deals with the issues related to the allocation and assignment of radio frequencies, the procedure of their international legal protection, which should be performed by the head developer of a small satellite (SSL) during research, development and production of elements of space systems and complexes.

The analysis of radio frequency ranges of service and target radio lines of well-known Russian SSL is carried out. The data on the radio frequency bands of command and telemetric systems (CTS) and the target information radio line (TIRL) of small satellites developed by Russian companies are presented.

It is noted that the radio frequency bands currently used for the SSL operation impose rather strict restrictions on the construction of a space segment and/or cluster on their basis, which will inevitably have a negative impact on the possibilities of their extended use. Proposed are alternative frequency bands and radio link designs to meet the requirements of the Table of Distribution of Frequency Bands between radio services of the Russian Federation and the Radio Regulations.

Keywords: small satellite, space platform, frequency range, Radio Regulations

Введение

Количество запускаемых малых космических аппаратов (МКА) [1] мини-, микро- и нано- (Cube-Sat) класса [2–5] в настоящее время достигает нескольких десятков в год, и спрос на них постоянно растет. В связи с этим при создании МКА актуальными становятся вопросы радиочастотного обеспечения функционирования радиоэлектронных средств (РЭС) и их электромагнитной совместимости, которые в силу их сложности и объемности не всегда своевременно и в полном объеме решаются разработчиками. Рассмотрим нормативно-правовую базу выделения и присвоения радиочастот, а также радиочастотные диапазоны, используемые сегодня для работы служебных и целевых радиолиний МКА.

Нормативно-правовая база частотных присвоений

Все вопросы, связанные с выделением и присвоением радиочастот, регламентируются Федеральным законом «О связи» [6] и рядом других правовых документов. Закон определяет разрешительный порядок доступа к радиочастотному спектру. Право на использование радиочастотного спектра предоставляется посредством официального выделения полос радиочастот и присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов. Использование радиочастотного спектра без соответствующего разрешения не допускается.

Радиочастотная заявка на выделение полос радиочастот должна быть подготовлена и представлена при планировании применения, разработке, производстве, модернизации, проведении научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ на срок свыше 6 месяцев [7].

Выделение полос радиочастот производится Государственной комиссией по радиочастотам (ГКРЧ) в соответствии с порядком рассмотрения материалов и принятия решений о выделении полос радиочастот, переоформления решений и внесения в них изменений [7].

Необходимо отметить, что заявка на выделение полос радиочастот для разработки РЭС кос-

мических комплексов и/или систем представляется заявителем (головным исполнителем) не позднее этапа завершения эскизного или эскизно-технического проектирования [7].

Присвоение (назначение) радиочастоты или радиочастотного канала для радиоэлектронных средств гражданского назначения осуществляется федеральным органом исполнительной власти в области связи на основании заявлений с учетом результатов проводимой радиочастотной службой экспертизы возможности использования заявленных радиоэлектронных средств и их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования радиоэлектронными средствами (экспертиза электромагнитной совместимости). Рассмотрение материалов и принятие решений ГКРЧ о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов в пределах выделенных полос радиочастот производится в соответствии с утвержденным Порядком проведения экспертизы [8].

Решение ГКРЧ о присвоении (назначении) радиочастот не всегда положительное [9, 10], а иногда содержит существенные ограничения.

В качестве примера: заявителям было отказано в выделении полосы радиочастот 1610,115–1621,185 МГц, 2483,773–2494,845 МГц (космос–космос) для использования спутникового модема «Глобалстар-АСП», предназначенного для установки на МКА «Аист-2Д», в 2015 г. [9] и полосы радиочастот 432–433 МГц для РЭС космического комплекса 197КС МКА «Аист-2» в 2016 г. [10] на основании отрицательных заключений о возможности выделения полос радиочастот, представленных членами государственной комиссии по радиочастотам.

В то же время ГКРЧ разрешила использование полосы радиочастот 8025–8393 МГц (космос–Земля) земной станцией системы контроля и управления ЦПОИ «Самара» (полоса радиочастот совместного пользования РЭС любого назначения) при условии непредъявления претензий на возможные непреднамеренные помехи от РЭС специального и специального назначения и разработки и согласования с Минобороны России организационно-технических мероприятий по обеспечению электромагнитной совместимости с РЭС военного назначения [10, 12].

В соответствии со статьей 23 Федерального закона «О связи» и постановлением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2011 г. № 1049-34 ГКРЧ разработана Таблица распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации [13]. Таблица является основным документом, регламентирующим распределение и условия использования полос радиочастот в Российской Федерации гражданами Российской Федерации и российскими юридическими лицами, которые заказывают, разрабатывают или ввозят на территорию Российской Федерации радиоэлектронные средства, а также осуществляют планирование использования и эксплуатацию радиоэлектронных средств.

Порядок использования частот любительской спутниковой службы (ЛСС) 144–146 МГц и 435–438 МГц в Российской Федерации определен Решением ГКРЧ «О выделении полос радиочастот для радиоэлектронных средств любительской и любительской спутниковой служб» от 15 июля 2010 г. № 10-07-01 с учетом изменений, утвержденных Решением ГКРЧ от 16 апреля 2018 г. № 18-45-02, в соответствии с которым не требуется оформление отдельных Решений ГКРЧ и разрешений на использование частот при условии выполнения технических и эксплуатационных ограничений (ограничение энергетики радиополос, классов излучений и полос радиочастот и др.).

Международно-правовая защита частотных присвоений для радиоэлектронных средств осуществляется в целях обеспечения национальных интересов Российской Федерации при международном регулировании использования радиочастотного спектра, международного признания частотных присвоений для радиоэлектронных средств, а также в целях создания благоприятных условий для развития и использования радиоэлектронных средств, различных радиослужб в Российской Федерации [14].

Порядок проведения в Российской Федерации работ по международно-правовой защите присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов, в том числе работ, связанных с заявлением, координацией и регистрацией в Международном союзе электросвязи таких радиочастот или радиочастотных каналов и соответствующих позиций

спутников на геостационарной орбите либо соответствующих характеристик спутников на других орбитах, определен во введенных постановлением Правительства РФ от 14 ноября 2014 г. № 1194 следующих правилах [14]:

– «Правилах проведения в Российской Федерации работ по международно-правовой защите присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов»;

– «Правилах использования на территории Российской Федерации спутниковых сетей связи, находящихся под юрисдикцией иностранных государств».

Таким образом, в Российской Федерации нормативно закреплены и строго регламентируются вопросы, связанные с выделением и присвоением радиочастот, порядком их международно-правовой защиты, которые должны выполняться главным исполнителем при проведении научно-исследовательских работ, разработке и производстве элементов космических систем и комплексов МКА.

Характеристики служебных и целевых радиополос МКА

Для анализа радиочастотных диапазонов работы служебных и целевых радиополос МКА рассмотрим в качестве основного параметра используемые в них радиочастоты в направлениях космос–Земля и Земля–космос.

В таблице приведены полосы радиочастот командно-телеметрической системы (КТС), а также радиополосы обмена целевой информацией (РЛЦИ) малых космических аппаратов, предназначенных для решения следующих задач:

– оперативного оптико-электронного наблюдения акваторий, водных участков земной поверхности, чрезвычайных ситуаций различного характера, а также для оперативного контроля состояния инженерных объектов: «Аист-2Д» [9, 10, 15], «Канопус-В» [16, 17];

– проведения научных экспериментов: «Университетский-Татьяна-2» [18], «Юбилейный-2» [19, 20], «Чибис-М (АИ)» [10, 21, 22], «Бауманец-2» [10], SamSat-218 [10, 23].

Таблица. Основные характеристики радиолиний МКА [34]

Организация	МКА (Дата запуска)	Платформа	РЛЦИ (космос– Земля), МГц	КТС (космос–Земля)/ (Земля–космос), МГц
АО «РКЦ “Прогресс”»	«Аист-2Д» (28.04.2016)	«Аист-2» [15]	8025–8393 [10, 12]	435,3065–435,3235 435,3556–435,3735/ 145,831–145,849 145,861–145,879 [9, 10]
АО «Корпорация “ВНИИЭМ”»	«Канопус-В» (22.07.2012)	«Канопус-В» [17]	8066,3–8189,7 8258,3–8381,7 [16]	2205,44–2224,06/ 2031,52–2048,23 [16]
АО «Корпорация “ВНИИЭМ”»	«Университетский- Татьяна-2» (17.09.2009)	УМП-70 [18]	1,7 ГГц [18, 31, 32]	435,3–435,6/ 145,8–146,0 [18, 31, 32]
АО «ИСС»	«Юбилейный-2» (28.07.2012)	«Юбилейный» [19, 20]	2,4 ГГц [19, 20, 33]	435,3–435,6/ 145,8–146,0 [19, 20, 33]
ИКИ РАН	«Чибиc-М» (30.10.2011)	«Чибиc-М» [21]	2,27 ГГц [21]	435,3–435,6/ 145,8–146,0 [21]
ИКИ РАН	«Чибиc-АИ» (проект)	«Чибиc-М» [21]	2269,5–2270,5 8395–8400 [10, 22]	435,2065–435,2235 435,3065–435,3235/ 145,804–145,816 145,849–145,861 [10, 22]
МГТУ им. Н. Э. Баумана	«Бауманец-2» (28.11.2017)	—	8195–8255 94 980–95 020 [10]	435,395–435,435/ 145,815–145,835 и 145,845–145,865 [10]
СГАУ	SamSat-218 (28.04.2016)	CubeSat (3U)	—	145,85–145,89/ 435,59–435,61 [10, 23]

МКА для задач связи, ретрансляции, радиотехнического наблюдения для обнаружения, опознавания, определения местоположения и курса движения морских, речных и воздушных судов по излучению их РЭС в данной таблице не рассматривались.

В соответствии с приведенными данными частотный диапазон работы КТС находится в пределах первичного распределения ЛСС 435–438 МГц и 144–146 МГц [13, 24–26]. Отметим, что диапазон частот 144–146 МГц достаточно сильно загружен,

т.к. в этом же диапазоне также находятся любительская и воздушная подвижная связь [13, 26].

В диапазоне частот 435–438 МГц также находятся любительская, радиолокационная службы и спутниковая служба исследования Земли (ССИЗ) (активная) [13, 26].

Полоса радиочастот 435–438 МГц может использоваться станциями ЛСС на вторичной основе при условии исключения помех другим службам [13, 24, 25]. Эта полоса радиочастот используется РЭС военного и специального назначения,

которые могут накладывать ограничения по режиму использования и создавать неприемлемые помехи для работы других радиополос в этих полосах частот, таким образом, защита от помех при использовании этого диапазона не может быть гарантирована.

Отметим, что радиополоса МКА SamSat-218 разработки СГАУ не совместима по направлению передачи с остальными приведенными радиополосами.

В качестве альтернативы может быть рассмотрено использование специально отведенных для СКЭ полос радиочастот 267–273 МГц (космос–Земля) [13, 24, 25].

Таким образом, в полосе радиочастот 145–146 МГц и 435–438 МГц источники помех со временем будут увеличиваться и, как следствие, электромагнитная обстановка в зоне работы наземных средств управления и приема информации с МКА будет только ухудшаться. Необходимо проработать вариант перехода в другой диапазон частот.

Как вариант, полосы радиочастот 258–261 МГц (Земля–космос) могут быть использованы для построения КТС, при этом потребители не должны создавать вредных помех системам подвижной спутниковой службы [13, 24, 25].

Полосы частот, используемые РЛЦИ, назначены в соответствии с требованиями Таблицы распределения полос радиочастот Российской Федерации (приведены в таблице) и изменений не требуют.

Следует отметить как неудачный выбор АО «Информационные спутниковые системы» частоты 2,4 ГГц для своего МКА [19, 20], т.к. полоса радиочастот 2300–2450 МГц [13, 24, 25] является полосой радиочастот преимущественного пользования (ПР) РЭС, предназначенных для нужд государственного управления, в том числе президентской связи, правительственной связи, нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка, а также для фиксированной, подвижной, любительской, радиолокационной служб. Также частоты 2300–2400 МГц и 2500–2690 МГц или участки этих полос определены для использования администрациями, желающими внедрить Международную подвижную электросвязь (ИМТ) в соответствии с Резолюцией 223 (пересм. ВКР-15) [13, 26].

Кроме того, частота 2,4 ГГц (Земля–космос) на вторичной основе [13, 24, 25] может быть использована только для космической связи при условии разработки и согласования с Минобороны России организационно-технических мероприятий по обеспечению электромагнитной совместимости с РЭС специального и военного назначения. Приведенные условия использования частоты 2,4 ГГц налагают серьезные ограничения на возможность получения разрешения и применения данной частоты при построении космических систем и комплексов МКА.

Выводы и предложения

Вопросы радиочастотного обеспечения функционирования космического комплекса (системы) на базе МКА нормативно достаточно жестко регламентированы, но разработчиками выполняются не в полной мере. Используемые в настоящее время полосы радиочастот накладывают достаточно жесткие ограничения для построения космического сегмента и/или кластера на базе МКА, что неизбежно негативно скажется при их расширенном применении. Прогнозируемое дальнейшее увеличение количества запускаемых МКА приведет к усложнению функционирования командно-телеметрических систем в направлениях (космос–Земля) и (Земля–космос), а также загрузке радиополос целевой информации (РЛЦИ) в направлении (космос–Земля).

К сожалению, следует отметить, что в настоящее время в вопросах использования частотного радиодиапазона между радиослужбами гражданского и военного назначения практически отсутствуют необходимая координация и взаимодействие.

В сложившихся условиях представляется предпочтительным следующее использование имеющихся полос радиочастот:

– 258–261 МГц (Земля–космос) могут применяться для построения командно-телеметрической системы МКА, при этом потребители не должны создавать вредных помех системам подвижной и подвижной спутниковой служб, работающим в этой полосе частот, или требовать защиты от них, или ограничивать использование и развитие таких систем [13, 24, 25];

– 267–273 МГц (космос–Земля) выделена для службы космической эксплуатации с учетом, что эта полоса радиочастот преимущественного пользования РЭС, предназначенных для нужд государственного управления, в том числе президентской связи, правительственной связи, нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка [13, 24, 25] с ограничениями 5.254, 5.257 [26] и 95, 125, 127 [13];

– 2025–2110 МГц, используемые службой космических исследований (Земля–космос, космос–космос), службой космической эксплуатации (Земля–космос, космос–космос), спутниковой службы исследования Земли (Земля–космос, космос–космос) с ограничениями 5.392 [26] и 193, 200, 211, 219, 221, 222, 223, 224, 225 [13];

– 2200–2290 МГц, используемые службой космических исследований (космос–космос, космос–Земля), службой космической эксплуатации (космос–космос, космос–Земля), спутниковой службой исследования Земли (космос–космос, космос–Земля) [13];

– 8025–8400 МГц для спутниковой службы исследования земли (космос–Земля), метеорологической спутниковой (Земля–космос) и фиксированной спутниковой (Земля–космос) с учетом ограничения 5.462А Таблицы распределения радиочастот [13].

В то же время необходимо рассмотреть варианты ухода из полосы радиочастот 8400–8500 МГц службы космических исследований (космос–Земля), предназначенной для нужд государственного управления, в том числе президентской связи, правительственной связи, нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка [13].

Реализация управления и приема информации с КА систем спутниковой связи, относящихся к фиксированной спутниковой и подвижной спутниковой службам (СПСС «Турайя» [27], СПСС «Иридиум» [27], многофункциональная система персональной спутниковой связи «Гонец-Д1М» [28, 30], перспективная низкоорбитальная система спутниковой связи «Гонец-ВЕБ» [29, 30]), будет крайне затруднена нерешенностью вопросов частотных присвоений и потребует внесения изменений в соответствующие нормативные документы.

Рекомендуемый вариант построения радиоэлектронных средств и обеспечение электромагнитной совместимости этих РЭС для космических систем (комплексов) на базе МКА — это совместная система управления, приема телеметрии и информации с бортовых полезных нагрузок, работающая в полосе радиочастот, выделенных для решения той или иной целевой задачи в соответствии с таблицей распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации.

Для решения целевых задач оперативного оптико-электронного наблюдения акваторий, водных участков земной поверхности, чрезвычайных ситуаций различного характера, а также для оперативного контроля состояния инженерных объектов целесообразно использовать диапазоны радиочастот [13, 26]: 2025–2110 МГц (космос–космос, Земля–космос), 7190–7250 МГц (Земля–космос), 8025–8400 МГц (космос–Земля), 25,5–27,0 ГГц (космос–Земля), 37,5–38,0 ГГц (космос–Земля на вторичной основе), 40,0–40,5 ГГц (Земля–космос), 65,0–66,0 ГГц.

Для проведения научных экспериментов целесообразно использовать диапазоны радиочастот [13, 26]: 2025–2100 МГц (космос–космос, Земля–космос), 7145–7190 МГц (дальний космос, Земля–космос), 7190–7235 МГц (ближний космос, Земля–космос), 8400–8450 МГц (дальний космос, космос–Земля), 8450–8500 МГц (космос–Земля), 22,55–23,15 (Земля–космос), 31,8–32,3 ГГц (дальний космос, космос–Земля), 34,2–34,7 ГГц (дальний космос, Земля–космос), 37,0–38,0 ГГц (космос–Земля), 40,0–40,5 ГГц (Земля–космос), 65,0–66,0 ГГц, 94,0–94,1 ГГц.

Список литературы

1. ГОСТ 53802-2010 «Системы и комплексы космические. Термины и определения». М.: Стандартинформ, 2011. 27 с.
2. ГОСТ Р 56526-2015 «Требования надежности и безопасности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования». М.: Стандартинформ, 2015. 50 с.

3. Small Spacecraft Technology State of the Art. Mission Design Division Staff Ames Research Center, Moffett Field, California, 2014, 200 p. (NASA/TP-2014-216648/REV1).
4. Small Spacecraft Technology State of the Art. Mission Design Division Ames Research Center, Moffett Field, California, 2015, 168 p. (NASA/TP-2015-216648/REV1).
5. Characteristics, definitions and spectrum requirements of nanosatellites and picosatellites, as well as systems composed of such satellites, Electronic Publication Geneva, ITU, 2014, 15 p. (Report ITU-R SA.2312-0 (09/2014)).
6. Федеральный закон Российской Федерации от 7 июля 2003 г. № 126-ФЗ «О связи» с изменениями и дополнениями от 4 августа 2018 г. <https://base.garant.ru/186117/> (Дата обращения 14.05.2019).
7. Решение ГКРЧ от 20 декабря 2011 г. № 11-13-01 «Порядок рассмотрения материалов и принятия решений о выделении полос радиочастот, переоформления решений и внесения в них изменений».
8. Решение ГКРЧ от 20 декабря 2011 г. № 11-13-02 «Порядок проведения экспертизы возможности использования заявленных радиоэлектронных средств и их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования радиоэлектронными средствами, рассмотрения материалов и принятия решений о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов в пределах выделенных полос радиочастот».
9. Решение ГКРЧ от 16 октября 2015 г. № 15-35-09-4. http://www.grfc.ru/grfc/norm_doc/detail/?ID=40711 (Дата обращения 14.05.2019).
10. Решение ГКРЧ от 29 февраля 2016 г. № 16-36-11-4. http://www.grfc.ru/grfc/norm_doc/detail/?ID=41867 (Дата обращения 14.05.2019).
11. ОСТ-134-1020-2008 «Системы и комплексы космические. Термины и определения». М.: ЦКБС ФГУП «ЦНИИ машиностроения», 2008. 56 с.
12. Приложение № 12 к решению ГКРЧ от 29 февраля 2016 г. № 16-36-11-4. http://www.grfc.ru/upload/medialibrary/75f/prilozhenie-12-k-resheniyu-gkrch-_16_36_11_4.pdf (Дата обращения 14.05.2019).
13. Таблица распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации, постановление Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2011 г. № 1049-34, выписка, 98 с.
14. Постановление Правительства РФ от 14 ноября 2014 г. № 1194 «О международно-правовой защите присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов и порядке использования на территории Российской Федерации спутниковых сетей связи, находящихся под юрисдикцией иностранных государств, а также о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» с изменениями и дополнениями от 15 августа 2017 г.
15. Кирилин А. Н., Ахметов Р. Н., Шахматов Е. В., Ткаченко С. И. и др. Опытно-технологический малый космический аппарат «Аист-2Д». Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2017. 324 с.: ил.
16. Решение ГКРЧ от 28 апреля 2008 г. № 08-24-05-009. <https://digital.gov.ru/ru/documents/4035/#tag5> (Дата обращения 14.05.2019).
17. Макриденко Л. А., Волков С. Н., Горбунов А. В., Жустрина О. С., Ильина И. Ю. (ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ») История создания малых космических аппаратов «КАНОПУС-В» № 1 и белорусского КА. 72 с. <https://www.roscosmos.ru/media/files/docs/3/kanopus.pdf> (Дата обращения 17.10.2018).
18. Волков С. Н., Макриденко Л. А., Ходненко В. П. Малые космические аппараты НПП ВНИИЭМ. От концепции до воплощения в «металле» // Вопросы электромеханики, 2011, т. 121, № 2. С. 3–8.
19. Зимин И. И., Валов М. В., Яковлев А. В., Галочкин С. А. Малый космический аппарат «Михаил Решетнев». Результаты работы [Электронный ресурс] // Труды МАИ, 2013, № 65. 10 с. <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35908> (Дата обращения 17.10.2018).
20. Зимин И. И. и др. Малый космический аппарат «Михаил Решетнев». Результаты работы // Авиация и космонавтика-2012: 11-я Междунар. конф. (13–15 нояб. 2012, г. Москва). СПб.: Мастерская печати, 2012. С. 97.
21. Зеленый Л. М. и др. Академический микроспутник ЧИБИС-М // Космические исследования, 2014, т. 52, № 2. С. 93–105.
22. Приложение № 6 к решению ГКРЧ от 29 февраля 2016 г. № 16-36-11-4. http://www.grfc.ru/upload/medialibrary/102/prilozhenie-6-k-resheniyu-gkrch-_16_36_11_4.pdf (Дата обращения 14.05.2019).
23. Приложение № 6 к решению ГКРЧ от 4 июля 2017 г. № 17-42-08-2. http://www.grfc.ru/upload/medialibrary/e97/prilozhenie-_6-k-resheniyu-gkrch-_17_42_08_2.pdf (Дата обращения 14.05.2019).
24. Приложение № 2 к решению ГКРЧ от 15 июля 2010 г. № 10-07-01. http://www.grfc.ru/grfc/norm_doc/detail/?ID=511 (Дата обращения 20.01.2019).
25. Приложение к решению ГКРЧ от 16 октября 2015 г. № 15-35-02. <http://www.grfc.ru/upload/medialibrary/>

- b8a/prilozhenie-k-resheniyu-gkrch-ot-16.10.2015--15_35_02.pdf (Дата обращения 14.05.2019).
26. Регламент радиосвязи. Статьи. Издание 2016 года, ITU. 442 с. <http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.ru.601.pdf> (Дата обращения 14.05.2019).
27. Решение ГКРЧ от 2 октября 2012 г. № 12-15-05-7. http://www.grfc.ru/grfc/norm_doc/detail/?ID=607 (Дата обращения 20.01.2019).
28. Решение ГКРЧ от 29 февраля 2016 г. № 16-36-11-4. http://www.grfc.ru/grfc/norm_doc/detail/?ID=41867 (Дата обращения 20.01.2019).
29. Решение ГКРЧ от 24 мая 2013 г. № 13-18-06-5. http://www.grfc.ru/grfc/norm_doc/resheniya-gkrch/?PAGEN_1=6 (Дата обращения 20.01.2019).
30. Решение ГКРЧ от 7 ноября 2016 г. № 16-39-05-2. http://www.grfc.ru/grfc/norm_doc/detail/?ID=44061 (Дата обращения 20.01.2019).
31. *Макриденко Л.А., Волков С.Н., Горбунов А.В., Кожевников В.А., Ходненко В.П.* Малый космический аппарат «Университетский-Татьяна-2» // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ, 2017, т. 160. С. 45–54.
32. Tatiana-2/Universitetsky-2 <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tatiana-2> (Дата обращения 17.01.2019).
33. Yubileiny-2 / MiR (Mikhail Reshetnev) Microsatellite <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/yubileiny-2> (Дата обращения 17.01.2019).
34. *Таланов А.А., Федотов С.А., Степанов А.М.* Предложения по разработке унифицированных космических платформ малых космических аппаратов // Ракетно-космическое приборостроение и информационные технологии, 2018. Сб. трудов IX Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий» (5–7 июня 2018 г.) / Под ред. д.т.н., проф. А.А. Романова. М.: АО «Российские космические системы», 2018. С. 470–482.