

УДК 629.76/.78.001.14 EDN RTLBJJ

Вопросы электромагнитной совместимости и защиты орбитально-частотного ресурса космических комплексов и систем

А. А. Таланов, к. т. н., TalanovAA@tsniimash.ru

АО «ЦНИИмаш», Королев, Московская обл., Российская Федерация

С. А. Федотов, к. т. н., Fedotov.SA@spacecorp.ru

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

А. М. Степанов, rfs@spacecorp.ru

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассматриваются актуальные вопросы международной правовой защиты орбитально-частотного ресурса Российской Федерации. Сформулированы проблемные вопросы радиочастотного обеспечения земных станций командно-измерительных систем на командно-измерительных пунктах с учетом принятых решений на международных конференциях по радиосвязи. Систематизировано и представлено состояние международной правовой защиты орбитально-частотного ресурса существующих и перспективных отечественных космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Приведены проблемные вопросы электромагнитной совместимости, возникающие в связи с развертываемой мобильной связью 5-го и 6-го поколений (5G, 6G), связью стандарта Wi-Fi 7 (802.11be). Сделан вывод о необходимости проведения верификации наземной космической инфраструктуры дистанционного зондирования Земли из космоса для формирования требований по вопросам радиочастотного обеспечения и международной правовой защиты орбитально-частотного ресурса при разработке технических заданий на новые космические комплексы и целесообразности создания коалиции с дружественными государствами для защиты востребованных частотных присвоений для Российской Федерации на Всемирной конференции радиосвязи.

Ключевые слова: орбитально-частотный ресурс, наземная космическая инфраструктура, мобильная связь, космические аппараты дистанционного зондирования Земли, ВРЛ, командно-измерительная система, радиочастотный спектр, электромагнитная совместимость, ВКР-2023

Для цитирования: Таланов А. А., Федотов С. А., Степанов А. М. Вопросы электромагнитной совместимости и защиты орбитально-частотного ресурса космических комплексов и систем. *Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы*. 2025. Т. 12. № 1. С. 64–71.

Issues of Electromagnetic Compatibility and Protection of the Orbital-Frequency Resource of Space Complexes and Systems

A. A. Talanov, *Cand. Sci. (Engineering)*, TalanovAA@tsniimash.ru

Joint Stock Company "Central Research Institute for Machine Building",

Korolev, Moscow region, Russian Federation

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

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

A. M. Stepanov, rjc@spacecorp.ru

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

Abstract. The article considers problematic issues of international legal protection of the orbital-frequency resource of the Russian Federation. The paper outlines problematic issues of radio frequency support for ground-based command and measurement systems on command and measurement stations (CMS) with regard to the decisions taken at international conferences on radio communications. The state of international legal protection of the orbital-frequency resource of existing and prospective domestic Earth remote sensing spacecraft is systematized and presented. Problematic issues of electromagnetic compatibility arising in connection with the deployment of mobile communications of the fifth and sixth generations (5G, 6G), Wi-Fi 7 (802.11be) communications are set forth. It is concluded that the ground and space infrastructure of space-based Earth remote sensing requires verification in order to place new requirements for radio frequency support and international legal protection of the orbital-frequency resource when developing technical specifications for space complexes, and that it is expedient to create a coalition with friendly states to protect the frequency assignments requested by the Russian Federation at the World Radiocommunication Conference.

Keywords: orbital-frequency resource, ground-based space infrastructure, mobile communications, Earth remote sensing spacecraft, high frequency radio link, command and measurement system, radio frequency spectrum, electromagnetic compatibility, WRC-2023

For citation: Talanov A. A., Fedotov S. A., Stepanov A. M. Issues of Electromagnetic Compatibility and Protection of the Orbital-Frequency Resource of Space Complexes and Systems. *Rocket-Space Device Engineering and Information Systems*. 2025. Vol. 12. No. 1. P. 64–71. (in Russian)

Введение

В настоящее время в мире и в том числе в Российской Федерации прослеживается динамика наращивания космических систем дистанционного зондирования Земли из космоса (ДЗЗ), метеорологии и геодезии, что требует особого внимания к решению вопросов их электромагнитной совместимости, к резервированию требуемого орбитально-частотного ресурса, а также международной правовой защите как для существующих, так и для перспективных космических комплексов и систем.

Влияние помеховой обстановки и вопросы электромагнитной совместимости сегодня должны прорабатываться при разработке и использовании космических систем, земных станций командно-измерительных систем и комплексов приема целевой информации ДЗЗ с учетом происходящего дополнительного распределения частот для развития мобильной связи 5-го и 6-го поколений и сетей беспроводного широкополосного доступа WAS/RLANs.

Таблица 1. Динамика изменения количества КА на орбите с 2020 по 2024 гг.

КА	ДЗЗ	Метеорология	Геодезия	Итого
Количество КА на 31.12.2020 г.				
Зарубежные	228	32	6	326
Российские	7	5	0	12
Количество КА на 31.12.2021 г.				
Зарубежные	343	34	6	383
Российские	7	6	0	13
Количество КА на 31.12.2022 г.				
Зарубежные	443	38	7	488
Российские	6	5	0	11
Количество КА на 31.12.2023 г.				
Зарубежные	518	63	8	589
Российские	6	7	0	13
Количество КА на 31.12.2024 г.				
Зарубежные	571	89	8	668
Российские	9	9	0	18

Из табл. 1 видно, что за последние 4 года зарубежная орбитальная группировка (ОГ) КА ДЗЗ, метеорологии и геодезии увеличилась более чем в 2 раза, а российская ОГ только начала расти. Можно предположить, что динамика роста будет нарастать по мере увеличения потребности в услугах и сервисах на основе космических данных ДЗЗ, метеорологии и научных исследований. Таким образом, вопросы, касающиеся электромагнитной совместимости и использования орбитально-частотного ресурса, для орбитальных группировок и наземной космической инфраструктуры будут только обостряться.

Международная и российская нормативно-правовые базы вопросов электромагнитной совместимости и орбитально-частотного ресурса

Проблемные вопросы электромагнитной совместимости и определения возможных рисков в части международной правовой защиты (МПЗ) орбитально-частотного ресурса и разрешения на использование частот космических комплексов и систем (КС), наземной инфраструктуры должны решаться с учетом результатов работы полномочной конференции (РР-22) и Всемирной конференции радиосвязи (ВКР-2023).

Необходимо отметить, что МПЗ присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов для радиоэлектронных средств различных радиослужб Российской Федерации установлена «Правилами проведения в Российской Федерации работ по международно-правовой защите присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов», утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 14 ноября 2014 г. № 1194 [9]. МПЗ частотных присвоений для радиоэлектронных средств осуществляется в целях обеспечения национальных интересов Российской Федерации при международном регулировании использования радиочастотного спектра, а также в целях создания благоприятных условий для развития и использования радиоэлектронных средств различных радиослужб в стране.

Право на использование радиочастот космическими системами выдает Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ), разрешение на использование радиочастот земных станций выдается Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) на основании заключения ФГУП «ГРЧЦ» (Главного радиочастотного центра).

Защита орбитально-частотного ресурса Российской Федерации регулируется Основными положениями государственной политики в области распределения, использования и защиты орбитально-частотного ресурса Российской Федерации, утвержденными постановлением Правительства РФ от 1 февраля 2000 г. № 88 [10].

Контроль за использованием орбитально-частотного ресурса и технический контроль за излучениями радиоэлектронных средств возложен на Роскомнадзор и соответствующие службы Министерства обороны РФ и Федеральной службы охраны РФ.

Вопросы использования земных станций командно-измерительных систем типа «Клен» на командно-измерительных пунктах Российской Федерации

По состоянию на ноябрь 2024 г. вопросы использования земных станций (ЗС) командно-измерительных систем (КИС) типа «Клен» на командно-измерительных пунктах (КИП) Российской Федерации решены не в полной мере.

1. ЗС КИС «Клен» на Балтийском КИП, г. Калининград.

В настоящее время для ЗС КИС «Клен» нет МПЗ, регистрация в Международном союзе электросвязи (далее МСЭ) не проведена. Таким образом, в случае возникновения помех по требованию сопредельных государств ЗС КИС должны быть выключены до устранения замечаний по помехам, кроме того, ЗС КИС не могут требовать своей защиты от помех со стороны станций иностранных государств.

2. ЗС КИС «Клен» на Восточном КИП, г. Циолковский.

В настоящее время на Восточном КИП отсутствует разрешение на использование радиочастот. Следовательно, в случае возникновения помех по требованию сопредельных государств аппаратура ЗС КИС также должна быть выключена и не функционировать до устранения замечаний по помехам, а развернутые ЗС КИС не могут требовать защиты от помех со стороны станций иностранных государств.

3. Технические средства в Центрах дальней космической связи (ЦДКС) «Школьное» и «Евпатория» (Крым).

Вопрос о возможности размещения и использования технических средств осложнен тем, что заявление и регистрация в МСЭ частотных присвоений РЭС для технических средств наземной космической инфраструктуры ЦДКС «Школьное» и «Евпатория» в настоящее время невозможны без согласия Администрации связи сопредельной Украины. Таким образом, сегодня МПЗ для данных средств практически неосуществима и выставить претензии в части обеспечения защиты частотного спектра от помех по отношению к сопредельным государствам не получится, поэтому оформление разрешения на использование частот для работы наземной космической инфраструктуры на территории республики Крым в настоящее время невозможно.

Состояние решений ГКРЧ и МПЗ в 2024 г. для существующих и перспективных космических систем ДЗЗ РФ

Информация о состоянии решений ГКРЧ и МПЗ по действующим и перспективным КА ДЗЗ и метеорологии представлена для анализа в табл. 2 с учетом результатов работы полномочной конференции (РР-22), проходившей в Бухаресте в 2022 г. и Всемирной конференции радиосвязи (ВКР-2023), прошедшей в Дубае (ОАЭ) в 2023 г.

Из представленной информации следует, что из 25 действующих, перспективных и заявленных КА ДЗЗ и метеорологии из состава космических систем

Таблица 2. Состояние решений ГКРЧ и МПЗ в 2024 году для существующих и перспективных КА ДЗЗ и метеорологии

№№	Наименование КА	Состояние решений ГКРЧ и МПЗ			
		Есть решение ГКРЧ и регистрация частотных присвоений в МСЭ	Есть только решение ГКРЧ, работы по МПЗ и регистрации в МСЭ не проводятся	Решения ГКРЧ нет, работы по радиочастотному обеспечению организованы	Решения ГКРЧ нет, работы по радиочастотному обеспечению не проводятся
1	«Электро-Л» [1, 2]	✓	–	–	–
2	«Электро-М» [1, 2]	–	–	✓	–
3	«Арктика-М» [1, 2]	✓	–	–	–
4	«Арктика-МП» [2]	–	–	–	✓
5	«Метеор-М» [1, 2]	✓	–	–	–
6	«Метеор-МП» [2]	–	–	✓	–
7	«Ионосфера-М» [1, 2]	✓	–	–	–
8	«Зонд-М» [2]	–	–	–	✓
9	«Ресурс-П» [1, 2]	✓	–	–	–
10	«Ресурс-ПМ» [2]	✓	–	–	–
11	«Лидер-МЧС» [8]	–	–	–	✓
12	«Канопус-В-ИК» [7]	✓	–	–	–
13	«Канопус-В» [7]	✓	–	–	–
14	«Канопус-В-О» [2]	–	✓	–	–
15	«Аист-2Т» [1, 2]	–	✓	–	–
16	«Обзор-Р» [1, 2]	✓	–	–	–
17	«Кондор-ФКА» [1]	✓	–	–	–
18	«Кондор-ФКА-М» [2]	–	✓	–	–
19	«Грифон» [8]	–	✓	–	–
20	«Беркут-О» [3]	–	–	✓	–
21	«Беркут-ВД» [3]	–	–	✓	–
22	«Беркут-Х» [3]	–	–	✓	–
23	«Беркут-XLP» [3]	–	–	–	✓
24	DIAMOND-X [5]	–	–	✓	–
25	«Автограф» [2, 4, 6]	–	–	✓	–

получены решения ГКРЧ и проведена регистрация частотных присвоений орбитально-частотного ресурса только для 9 космических систем; это КС на базе КА «Электро-Л», «Арктика-М», «Ресурс-П», «Канопус-В-ИК», «Канопус-В», «Обзор-Р»,

«Ионосфера-М», «Метеор-3М» и «Кондор-ФКА», что составляет не более 36 % от общего числа заявленных КА.

По 4 КА («Метеор-МП», «Арктика-МП», «Зонд-М», «Лидер-МЧС»), что составляет 16 %

от рассмотренных КА, положительные решения ГКРЧ на 2024 г. отсутствуют и, соответственно, работы по МПЗ и регистрации в МСЭ не проводятся.

В отношении остальных КА (48 %) работы по радиочастотному обеспечению находятся на разной стадии завершения.

Обеспечение защиты частотных присвоений для технических средств ДЗЗ и спутниковой связи РФ по результатам работы ВРК-2023

На Всемирной конференции радиосвязи (ВКР-2023) Россию представляла межведомственная делегация под руководством Минцифры РФ.

По результатам работы ВКР-2023 была идентифицирована дополнительная полоса радиочастот 6425–7125 МГц в Районе 1 (включает РФ) для развития мобильной связи 5-го поколения (IMT-2020). Выделенная полоса может также использоваться для систем широкополосного доступа WAS/RLANs.

Эти дополнительные частоты могут оказывать серьезное помеховое влияние для фидерных линий и КИС в направлении космос–Земля в диапазоне полос 6470–7125 МГц для космических систем «Гонец-М1», «Марафон» и «СКИФ».

Отметим, что в среднесрочной перспективе (5–10 лет) каналы 6925 МГц и 7300 МГц приборов КА «Метеор-М» станут непригодными для использования над сушей вследствие высокого уровня помех от новых сетей наземной связи. В рамках пункта повестки дня 1.19 следующей Всемирной конференции радиосвязи (ВКР-2027) планируется в качестве дополнения к данным каналам рассмотреть возможность распределения полос радиочастот 4200–4400 МГц и 8400–8500 МГц для спутниковой службы исследования Земли (ССИЗ) (пассивная).

Использование полосы частот 8400–8500 МГц пассивными датчиками ССИЗ накладывает жесткие требования по обеспечению электромагнитной совместимости к передатчикам высокоскоростных радиолиний (ВРЛ) в направлении космос–Земля для КА ДЗЗ и приемникам пассивных датчиков.

В диапазоне 7100–7250 МГц возможно будет оказываться помеховое влияние для КИС в направлении Земля–космос, также могут возникать проблемы с получением новых разрешений на использование частот для передающих земных станций КИС, размещаемых вблизи крупных городов с населением более 500 000 человек.

Необходимо отметить, что на следующей ВКР-2027 будет завершено согласование детальных технических требований к системе мобильной связи 6-го поколения (6G) IMT-2030. В рамках пункта 1.7 повестки дня для использования сетей сотовой связи 5G и 6G может быть идентифицирована полоса частот 7125–8400 МГц или отдельные ее участки в зависимости от результатов исследований совместимости.

Сегодня в соответствии с решением ГКРЧ (заседание от 24 апреля 2023 г., протокол № 23-66) [11] Госкорпорации «Роскосмос» выделены следующие полосы радиочастот:

- 2026,008–2109,456 МГц (Земля–космос) и 2200,448–2289,554 МГц (космос–Земля) для космической станции типа «ТКС-КВО» и земных станций, включая КИС «Клен», КИС «Клен-Р» и КИС «Клен-М»;
- 8062,307–8362,693 МГц (космос–Земля) для космической станции типа «РЛЦИ-КВО» и земных станций «ВКПИ-Д», «НКПОИ», «ПК-7», «ПК-9», «ПК-9М», «ПРИ-ПМ», «КПИ-5» и «КПИ-9» с учетом Приложения № 1 к решению ГКРЧ от 24.04.2023 № 23-66-02 [12].

Также продлен срок действия пункта 18 решения ГКРЧ от 24.05.2013 № 13-18-06-9 до 24.05.2033 в части полос радиочастот 1016–1023 МГц, 1024–1037 МГц, 1240–1265 МГц, 1520–1560 МГц, 1572,92–1577,92 МГц, 1600–1610 МГц, 1613,8–1626,5 МГц, 2200–2250 МГц, 2270–2300 МГц, 3400–3500 МГц, 3675–3850 МГц, 4200–4204 МГц, 4500–4800 МГц, 5010–5030 МГц, 5150–5216 МГц, 5250–5500 МГц, 7380–7750 МГц, 8400–8500 МГц (космос–Земля) для использования корреляционно-фазовым пеленгатором «Ритм-М» и предназначенным для мониторинга орбитально-частотного ресурса радиоизлучающих КА в пределах околоземного космического пространства на условиях,

определенных в Приложении № 1 к решению ГКРЧ от 24 мая 2013 г. № 13-18-06-9 [13].

В Российской Федерации существуют достаточные условия для обеспечения МПЗ орбитально-частотного ресурса и оформления разрешений на использование частот разворачиваемых космических комплексов и систем, а также наземной инфраструктуры.

Однако помехи могут оказываться в полосе частот 7100–7250 МГц, в которой планируется реализовать запросные радиолинии (Земля–космос) перспективной командно-измерительной системы.

Особенно сложная помеховая обстановка может сложиться для приемных земных станций КС ДЗЗ, работающих в диапазоне полос радиочастот 7450–7550 МГц, 7750–7900 и 8025–8400 МГц в направлении космос–Земля.

В настоящее время проходит окончательное урегулирование вопрос сертификации устройств стандарта Wi-Fi 7 (802.11be) в диапазонах частот 5925–7125 МГц с шириной канала до 320 МГц. Беспроводной Интернет стандарта Wi-Fi 7 (802.11be) может начать оказывать влияние на работу космических радиотехнических средств, в том числе перспективных КИС.

Нужно отметить, что на практике аппарата беспроводного Интернета Wi-Fi (выходная мощность варьируется от 100 мВт до 400 мВт) со штатными антеннами (коэффициент усиления 2–6 dBi) обеспечивает уверенный прием сигнала в пределах 35–100 м и 120–350 м в помещении и на открытой местности соответственно.

В то же время сигнал уличной точки доступа Wi-Fi с узконаправленными антеннами (коэффициент усиления до 20 dBi) может распространяться от сотен метров до нескольких километров в зависимости от погодных условий, плотности застройки, рельефа местности и других факторов.

Таким образом, излучение беспроводного Интернета Wi-Fi может оказывать мешающее воздействие не только в зоне уверенного приема сигнала с заданными характеристиками скорости передачи информации по каналам Wi-Fi, но и на большем расстоянии как мешающий сигнал для высокочувствительных приемников космических радиотехнических средств.

Выводы

Необходимо в максимально короткое время провести активизацию работ по вопросам радиочастотного обеспечения и МПЗ наиболее востребованных космических систем ДЗЗ, завершить работы по МПЗ частотных присвоений действующих и спланированных для размещения перспективных технических средств наземной космической инфраструктуры в критических районах России [Западный КИП (Медвежьи озера), Балтийский КИП (г. Калининград), Восточный КИП (г. Циолковский), ИП «Сахалин», ЦДКС «Школьное» (Крым) и ЦДКС «Евпатория» (Крым)].

Совместно с дружественными государствами целесообразно создать коалицию по защите востребованных частотных присвоений для представления интересов Российской Федерации на ВКР-2027.

Заказчикам при разработке ТТЗ на космические системы (комплексы) следует выставлять скорректированные требования радиочастотного обеспечения и МПЗ с учетом решений ВКР-19 и ВКР-23.

Список литературы

1. *Пермяков Р. В.* Итоги запусков космических аппаратов ДЗЗ в 2023 году и перспективы 2024 года. https://racurs.ru/upload/iblock/77c/c9iyuparwhwufcm1c3iqm4o4odbquqdx/Zapuskisputnikov-DZZ_2023_final2.pdf (Дата обращения 26.09.2024).
2. Роскосмос рассказал о вводе в эксплуатацию спутников для съемки и мониторинга Земли в ближайшие годы. <https://rspectr.com/novosti/roskosmos-rasskazal-o-vvode-v-ekspluatatsiyu-sputnikov-dlya-semki-i-monitoringa-zemli-v-blizhajshie-gody> (Дата обращения 26.09.2024).
3. Спутники всепогодного мониторинга Земли для программы «Сфера» получили название «Беркут». <https://tass.ru/kosmos/9912259> (Дата обращения 26.09.2024).
4. «Российские космические системы» и НПО им. Лавочкина создадут ДЗЗ «Автограф». <https://tass.ru/kosmos/21251167> (Дата обращения 28.09.2024).
5. НПО машиностроения создает спутники миникласса с АФАР X-диапазона. https://nauka.tass.ru/nauka/16899609?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru

- &utm_referrer=yandex.ru (Дата обращения 28.09.2024).
6. *Титянецко Р.* Роскосмос создаст новую много-спутниковую группировку для наблюдения Земли. <https://prokosmos.ru/2024/07/02/roskosmos-sozdast-povuyu-mnogosputnikovuyu-gruppirovku-dlya-nablyudeniya-zemli> (Дата обращения 16.10.2024).
 7. Космический комплекс «Канопус-В». https://www.vniim.ru/ru/index.php?option=com_content&view=article&id=468:-l-r&catid=37:spaceprograms&Itemid=62 (Дата обращения 16.10.2024).
 8. *Зайцев Е. М.* Наземная инфраструктура ДЗЗ коллективного использования. http://conf.rse.geosmis.ru/files/pdf/22/10724_02_%D0%97%D0%B0%D0%B9%D1%86%D0%B5%D0%B2%20%D0%95.%D0%9C..pdf (Дата обращения 16.10.2024).
 9. Постановление Правительства РФ от 14 ноября 2014 г. N 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). <https://base.garant.ru/70799822/?ysclid=lwwbubxzcn880221385> (Дата обращения 09.11.2024).
 10. Постановление Правительства РФ от 1 февраля 2000 г. N 88 «Об утверждении Основных положений государственной политики в области распределения, использования и защиты орбитально-частотного ресурса Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). <https://base.garant.ru/12118193/?ysclid=lwwbw6bpw316895533> (Дата обращения 09.11.2024).
 11. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Заседание ГКРЧ от 24 апреля 2023 г. (протокол № 23-66). <https://digital.gov.ru/ru/documents/8969/> (Дата обращения 09.11.2024).
 12. Приложение № 1 к решению ГКРЧ от 24.04.2023 № 23-66-02. <https://digital.gov.ru/uploaded/files/2-reshenie-23-66-02-prilozhenie1-prilozhenie-roskosmos.pdf> (Дата обращения 09.11.2024).
 13. Решение Государственной комиссии по радиочастотам от 24 мая 2013 г. № 13-18-06-9 «О выделении полос радиочастот, внесении изменений в решения ГКРЧ и установлении срока действия решений ГКРЧ в соответствии с информационным листом». <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70302978/?ysclid=lwwc2gvrmg11508659> (Дата обращения 09.11.2024).

Дата поступления рукописи
в редакцию 17.01.2025

Дата принятия рукописи
в печать 28.02.2025