

УДК 621.396.7

Технические требования к радиоконтрольному оборудованию для оценки параметров излучений беспилотных авиационных систем и определения местоположения их элементов

Антипин Б. М., Виноградов Е. М., Терновая А. К. ✉, Александров И. В.

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

Постановка задачи: Увеличение производства и применения беспилотных авиационных систем в РФ в рамках реализации государственных программ определяется их техническими возможностями, обеспечивающими повышение эффективности решения конкретных задач в гражданской сфере. Применение беспилотных авиационных систем в Российской Федерации может осуществляться только с соблюдением требований разрешительных и нормативных документов, а использование беспилотных воздушных судов — при условии обеспечения: 1) безопасности других пользователей воздушного пространства, а также людей и имущества на земле, 2) электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. **Целью работы** является определение основных технических требований к радиоконтрольному оборудованию, необходимому для оценки параметров излучений беспилотных авиационных систем, а также для определения местоположения беспилотных воздушных судов и пультов управления беспилотных авиационных систем. **Новизна:** в существующей практике регулирования использования национального радиочастотного ресурса практически отсутствуют нормативные документы, в которых были бы сформулированы требования к параметрам излучений радиотехнического оборудования беспилотных авиационных систем в части обеспечения электромагнитной совместимости с радиоэлектронными средствами других систем радиосвязи, а следовательно нет и требований к радиоконтрольному оборудованию, которое должно измерять и проверять излучения передатчиков беспилотных авиационных систем. **Результат:** на основе анализа функциональных возможностей элементов беспилотных авиационных систем, характеристик и параметров излучений их передатчиков, а также анализа действующих отечественных и международных нормативных документов сформулированы требования к радиоконтрольному оборудованию для оценки параметров излучений радиотехнического оборудования беспилотных авиационных систем. **Практическая значимость** работы состоит в возможности использования разработанных требований в качестве обоснованных ориентиров для закупки оборудования и оснащения подразделений радиоконтроля радиочастотной службы Администрации связи РФ, а также других министерств и ведомств.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, беспилотные воздушные суда, телеуправление, частотные диапазоны для радиоканалов, характеристики излучений, требования к оборудованию радиоконтроля.

Библиографическая ссылка на статью:

Антипин Б. М., Виноградов Е. М., Терновая А. К., Александров И. В. Технические требования к радиоконтрольному оборудованию для оценки параметров излучений беспилотных авиационных систем и определения местоположения их элементов // Вестник СПбГУТ. 2023. Т. 1. № 1. С. 2. EDN: CTDCNK

Reference for citation:

Antipin B., Vinogradov E., Ternovaya A., Alexandrov I. Technical requirements for radio monitoring equipment for assessing the radiation parameters of unmanned aircraft systems and determining the location of their elements // Herald of SPbSUT. 2023. Vol. 1. Iss. 1. P. 2. EDN: CTDCNK

Источник финансирования: исследование выполнено в рамках прикладных научных исследований по государственному заданию СПбГУТ на 2023 год, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Введение

Вопрос радиочастотного обеспечения эксплуатации беспилотных авиационных систем (БАС) гражданского назначения был рассмотрен на заседании Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) от 24.04.2023 г. [1] в рамках гармонизации применения беспилотных воздушных судов (БВС) на межгосударственном уровне и выполнения рекомендаций Международной организации гражданской авиации (ICAO, *аббр. от англ. International Civil Aviation Organization*) и сектора радиосвязи Международного союза электросвязи (МСЭ-R). Рассматривалось использование для линий управления и связи наземных систем дистанционного пилотирования воздушных судов радиочастотных каналов в соответствии с п. 3.1.4. Отчета МСЭ-R SM.2486-0 [2].

Для обеспечения безопасности полетов легитимных БВС и предотвращения инцидентов с ними актуальным является своевременное обнаружение и прекращение применения БАС, не имеющих разрешительных документов на использование радиочастотного спектра и на осуществление полетов. Кроме того, в соответствии с положениями ст. 25 Федерального закона «О связи» от 07.07.2003 г. N 126-ФЗ радиочастотная служба должна осуществлять радиоконтроль за излучениями радиотехнического оборудования БАС с целью обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (РЭС) и эксплуатационной готовности радиочастотного ресурса.

В связи с вышеизложенным, актуальной задачей является определение требований к оборудованию радиоконтроля за излучениями передатчиков БАС.

Функции элементов БАС и параметры излучений их радиопередатчиков

БАС гражданского назначения разрабатываются, создаются и применяются для решения конкретных народнохозяйственных задач с целью повышения эффективности производственных и других процессов.

Основными элементами БАС являются БВС и пульта управления (ПУ).

К функциям ПУ БАС относятся:

- передача команд управления полетом БВС (включение двигателя, взлет с набором высоты, снижение, зависание в одной точке — для БВС вертолетного типа, повороты и др.);
- передача сигналов управления полезной нагрузкой (включение, выключение, переключение режимов, сброс — для транспортных систем и др.);
- прием потокового видео;
- прием телеметрии от БВС.

Основные функции БВС (определяются целевым назначением БАС):

- передача изображения в режиме потокового видео при обеспечении наблюдения за объектом или районом;
- передача телеметрической информации о местонахождении БВС, техническом состоянии систем и о параметрах полета;
- передача информации о наличии (сбросе) полезной нагрузки при обеспечении ее доставки или информации о выполнении конкретных действий при выполнении сельскохозяйственных работ и др.

Из перечня приведенных выше функций следует, что на ПУ БАС необходимо наличие радиопередающих средств, обеспечивающих телеуправление полетом и полезной нагрузкой, а также приемников сигналов телеметрии, фотоизображений и видеосигнала в потоковом режиме.

FPV (*аббр. от англ. First Person View* — вид от первого лица) — способ управления БАС, находящейся вне поля зрения пилота, с использованием видеокамеры на борту, которая в реальном времени передает видеоизображение. В современных FPV БВС данные телеметрии могут совмещаться с видеоизображением (т. е. передаваться в одном радиоканале с ним и при приеме отображаться на том же экране или на устройствах дополненной реальности).

В канале телеуправления БВС может использоваться как аналоговая (в основном в оборудовании более ранних лет выпуска), так и цифровая модуляция сигнала. Как правило, аналоговая модуля-

ция сигнала используется на более низких радиочастотах 27 и 72 МГц, а сигналы с цифровой модуляцией — в более высоких частотных диапазонах (433 и 868/915 МГц; 1,2 и 2,4 ГГц).

У БВС гражданского применения частота радиоканала телеуправления определяется диапазоном работы радиомодуля ПУ и приемником сигналов телеуправления на борту (обычно передатчик радиомодуля и приемник сигналов телеуправления выпускаются в виде парного комплекта). Радиомодуль может быть встроенным в ПУ, т. е. несъемным или внешним, допускающим его замену, что позволяет производить модернизацию БАС по мере создания радиомодулей, поддерживающих новые функции. Наиболее распространенными являются ПУ с внешними радиомодулями, работающие с приемниками ELRS в диапазоне 2,4 ГГц или 868/915 МГц (например, TBS Tango 2, TBS Crossfire, Express LRS ES915TX и др.), кроме них применяются модули, использующие в канале управления частоты в диапазоне 1,3 ГГц и 433 МГц. Использование более низкой частоты в канале управления увеличивает дальность контролируемого полета БВС, что определяется меньшими потерями сигнала в канале.

В соответствии с п. 3.1.4. Отчета МСЭ-R SM.2486-0 [2] оператор БВС должен обеспечивать безопасность других пользователей воздушного пространства, а также людей и имущества на земле. Для этого на БВС могут быть установлены дополнительные устройств (акустический датчик для обнаружения и предупреждения столкновения во время полета, аварийный парашют, резервная линия связи и резервная система позиционирования), а канал телеуправления ПУ в рамках комплекса мероприятий для предотвращения инцидентов с БВС должен иметь защиту от несанкционированного перехвата управления полетом. Для этого в данном канале ПУ БВС абсолютного большинства современных БАС малого класса гражданского назначения используется режим псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ).

Параметры излучения радиопередатчиков ПУ в режиме ППРЧ

В канале телеуправления существующих БАС гражданского назначения зарубежного производства отмечено использование следующих параметров режима ППРЧ:

– скорость перестройки — 300–1000 скачков в секунду; (в БАС специализированного назначения отмечено применение ППРЧ с 2900 скачков в секунду и более);

– вид модуляции — FSK (*аббр. от англ. Frequency Shift Keying*, частотная манипуляция), PSK (*аббр. от англ. Phase Shift Keying*, фазовая манипуляция), OFDM (*аббр. от англ. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*, мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов), OFDMA (*аббр. от англ. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing Access*, многопользовательский доступ к мультиплексированию с ортогональным частотным разделением каналов);

– длительность импульса — от 500 мкс до 2,5 мс;

– ширина полосы частот импульса — 0,3–2,0 МГц;

– скорость передачи данных — до 2 Мбод;

– ширина полосы ППРЧ — от 34 до 200 МГц (наиболее часто встречается 80 МГц).

Число каналов ППРЧ — от 32 (для полосы 34 МГц) до 100 (для полосы 200 МГц).

В Российской Федерации для БАС параметры перестройки каналов с ППРЧ определены в Решении ГКРЧ от 07.05.2007 г. № 07-20-03-001 «О выделении полос радиочастот устройствам малого радиуса действия» (в ред. от 23.12.2022 г.) [3]:

– диапазон радиочастот — 2400–2483,5 МГц;

– ширина канала — не менее 1 МГц;

– время пребывания на одной несущей, выбор которой осуществляется по псевдослучайному закону, — не более 0,4 с;

– количество каналов ППРЧ — не менее 15.

Важной характеристикой БАС является гарантированная максимальная дальность управления БВС.

Для относительно небольших расстояний дальность передачи сигналов управления от наземного ПУ до БВС определяется исходя из следующих параметров:

– дальность радиогоризонта;

– чувствительность приемника, обеспечивающего прием сигналов телеметрии (или чувствительность приемника потокового видео, если данные телеметрии передаются в канале видеоизображения, что характерно для FPV БВС);

– эффективная изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ) передатчика на ПУ, используемого в канале управления.

Кроме того, влияние на дальность управления оказывают подстилающая поверхность, гидрометеорологические условия, сезонные физико-географические факторы и, конечно же, используемые аппаратные алгоритмы формирования и обработки полезного сигнала.

Частотный ресурс для ПУ БАС гражданского назначения, разрешенный для использования в РФ, на текущий момент составляет:

- 117,975–137 МГц,
- 5030–5091 МГц,
- 5,850–6,425 ГГц,

а также, в соответствии с Решением ГКРЧ [3] с учетом соответствующих ограничений по уровню мощности, виду модуляции, ширине и количеству каналов и др.:

- 26,957–27,283 МГц,
- 28,0–28,2 МГц,
- 40,66–40,7 МГц,
- 433,075–434,79 МГц,
- 2400–2483,5 МГц.

Уровни ЭИИМ передатчиков ПУ в зависимости от используемого частотного диапазона составляют от 10 мВт до 1 Вт. Разрешенное значение для устройств малого радиуса действия — 100 мВт [3] (запас мощности передатчиков ПУ, заложенный разработчиками, позволяет повысить мощность до 400 мВт, а с установкой дополнительного усилителя — до 1,5 Вт).

Мощность передатчиков БАС определяется в соответствии с принятым в стране стандартом:

- 100 мВт — для стандарта CE (стандарт Евросоюза);
- 400 мВт — для стандарта FCC (*аббр. от англ.* Federal Communication Commission, Федеральная комиссия по связи) для США и ряда других стран, чье законодательство в области связи гармонизировано с США);
- 100 или 150 мВт — для стандарта SRRC (*аббр. от англ.* State Radio Regulation Committee, Государственный комитет регулирования радиосвязи).

Ряд пультов для FPV-дронов производства КНР (например, Radiomaster Boxer, TBS Tango 2), использующих встроенный радиомодуль ELRS (поставляется в РФ в комплекте с дронами), имеют выходную мощность 1 Вт.

Функции и параметры излучений радиопередатчиков БВС

Основные функции БВС определяются целевым предназначением БАС. На сегодняшний день БАС гражданского назначения применяются для:

- наблюдения за объектами и территориями;
- поиска объектов;
- доставки грузов;
- сельскохозяйственных работ;
- спасательных работ и др.

Из перечня приведенных выше задач следует, что на БВС, помимо радиоприемных устройств, обеспечивающих прием команд телеуправления полетом и сигналов систем геопозиционирования, необходимо наличие радиопередающих средств для трансляции на ПУ фотографий (статических изображений), видеосигнала в потоковом режиме, телеметрической информации (о своем местоположении, параметрах полета, техническом состоянии систем БВС и выполнении команд телеуправления, а также об исполнении команд управления полезной нагрузкой).

Как было сказано выше, БАС для передачи сигналов телеметрии и приема потокового видео на ПУ использует, как правило, один радиоканал в диапазоне 2400–2483,5 или 5725–5825 или 5850–6425 МГц с полосой радиочастот 20 МГц и ЭИИМ не более 0,1 Вт.

Требования к радиоконтрольному оборудованию для обнаружения и оценки параметров излучений передатчиков ПУ и БВС

Основными требованиями к радиоконтрольному оборудованию (РКО) для проверки радиопередатчиков ПУ БАС (без учета массогабаритных характеристик) являются:

– охват всего частотного диапазона, который включает радиоканалы телеуправления полетом БВС, полезную нагрузку, прием сигналов телеметрии и потокового видео (от 20 МГц до 6,5 ГГц); необходимость такого частотного диапазона объясняется требованием универсальности РКО, поскольку не известно, для обнаружения какой системы управления БАС оно будет применяться;

– наличие полосы одновременного анализа до 200 МГц; чем шире эта полоса, тем выше вероятность обнаружения сигнала ППРЧ; минимально достаточное значение, обеспечивающее обнаружение каналов телеуправления функционирующих в режиме ППРЧ большинства ПУ БАС гражданского назначения, составляет 80 МГц;

– быстродействие системы обработки сигнала, позволяющее гарантированно отображать импульсы ППРЧ длительностью не более 500 мкс в полосе анализа; желательно, чтобы анализатор спектра обладал режимом реального времени с POI (*аббр. от англ. Point of Interest, точка интереса*), не превышающим 10 мкс;

– отображение спектрограммы в режиме растровой развертки или «водопада» (в осях «частота – время»);

– высокая чувствительность в сочетании с соответствующим динамическим диапазоном (конкретные значения этих величин должны определять по принципу «не хуже, чем ...» исходя из расчета для реальных условий);

– наличие «дифференциального» режима, аналогичного используемому в компактном мониторинговом приемнике реального времени R&S@PR100.

При активации дифференциального режима отображаются только отличающиеся от сохраненного спектра сигналы, что позволяет легко отобрать сигналы постоянных источников излучения, не занимая экран анализатора посторонними излучениями.

Для обнаружения излучения радиопередатчиков потокового видео, расположенных на БВС, РКО должно обеспечивать контроль полос 2400–2483,5 МГц или 5725–5825 МГц, или 5850–6425 МГц с полосой одновременного анализа не менее 20 МГц.

Таким образом, сопоставляя требования к РКО для обнаружения излучений передатчиков ПУ и БВС, можно сделать вывод, что к оборудованию для обнаружения излучений наземных ПУ предъявляются более жесткие требования по охвату частотного диапазона, полосе одновременного анализа, быстродействию и чувствительности, а к РКО для обнаружения излучений БВС – по динамическому диапазону.

Определение местоположения элементов БАС

Определение местоположения стационарного (ПУ) и мобильного (БВС) элементов БАС обладает рядом особенностей, обусловленных параметрами электромагнитных излучений передатчиков и подвижностью элементов БАС в пространстве.

Для определения местоположения стационарного РЭС наиболее рациональным (по критерию «стоимость – эффективность») способом является радиопеленгование.

Основной особенностью системы радиопеленгования передатчика ПУ в режиме ППРЧ является применение в радиопеленгаторе алгоритма с быстродействием, позволяющим определить направление (пеленг) на ПУ либо за время излучения одного импульса, либо в режиме постобработки результатов анализа фрагмента контролируемой полосы радиочастот. Последний вариант достовернее, так как обладает более высокой точностью, а с учетом квазистационарности ПУ и возможности перемещения радиопеленгатора позволяет определить местоположение ПУ БАС с приемлемой погрешностью. Конкретные значения среднеквадратической погрешности полученного местоположе-

ния ПУ можно приблизительно оценить, исходя из предполагаемого взаимного размещения системы пеленгования и ПУ БАС.

Необходимо учитывать, что максимальная дальность определения местоположения такой системы в реальных условиях не будет превышать дальности радиогоризонта.

Для определения местоположения БВС может быть применен как способ радиопеленгования, так и гиперболический (разностно-дальномерный) способ координатометрии на основе измерения времени прихода радиоволны в несколько (три и более) приемных пунктов, в которых размещены приемные устройства (сенсоры) системы обнаружения. Может быть применен и энергетически-дальномерный способ координатометрии, основанный на измерении уровней излучений от передатчика в трех пространственно разнесенных приемных пунктах [4], и другие способы [5, 6].

Каждый из перечисленных способов имеет свои достоинства и недостатки, определяемые количеством и стоимостью радиоконтрольного оборудования.

Оборудование российских производителей для радиоконтроля БАС

В результате санкционной политики, проводимой западными странами в области ограничения ввоза на территорию РФ радиоэлектронного оборудования различного назначения, включая измерительное, используемое в целях радиоконтроля, поставки радиоконтрольного оборудования ведущих мировых брендов в РФ официально практически прекращены.

Кроме того, во исполнение Указа Президента РФ от 30.03.2022 г. № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [7], а также подпункта г) пункта 71 Методических рекомендаций по переходу на использование российского программного обеспечения (ПО) [8], оборудование радиоконтроля, используемое в подразделениях радиоконтроля, должно функционировать под управлением российского ПО.

По информации, предоставленной разработчиками РКО, этим требованиям могут удовлетворять анализаторы спектра реального времени и панорамные приемники.

На сегодняшний день отечественные анализаторы спектра реального времени предлагаются несколькими компаниями, в том числе «INWAVE» и «АнтЭМС Групп», специализирующимися на изготовлении и поставке контрольно-измерительного оборудования и комплексов для испытаний технических средств различного назначения на электромагнитную совместимость.

Заключение

Анализ отечественных нормативных документов в области регулирования использования радиочастотного спектра показал, что в настоящее время практически отсутствуют положения, в которых были бы сформулированы требования к параметрам излучений передатчиков БВС. Соответственно, отсутствуют и требования к радиоконтрольному оборудованию, которое должно производить мониторинг передатчиков БВС. Однако согласно закону «О связи» радиоконтроль должен выполняться в целях обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств, в том числе это касается и БВС.

В статье проведен анализ основных функциональных возможностей элементов БАС и основных технических характеристик параметров излучений передатчиков как ПУ, так и БВС, что позволило сформулировать требования к радиоконтрольному оборудованию за излучениями передатчиков БАС и к оборудованию для определения местоположения ПУ и БВС.

Литература

1. Об использовании полос радиочастот радиоэлектронными средствами для организации связи в беспилотных авиационных системах гражданского назначения. Решение ГКПЧ от 24 апреля 2023 г. № 23-66-01 // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. 2023. URL: digital.gov.ru/ru/documents/8969 (дата обращения 20.09.2023)

2. Применение коммерческих дронов для выполнения задач МСЭ-R по контролю за использованием спектра. Серия SM. Управление использованием спектра. Отчет МСЭ-R SM.2486-0 (06/2021). URL: <http://www.itu.int/publ/R-REP/en> (дата обращения 20.09.2023)

3. О выделении полос радиочастот устройствам малого радиуса действия (с изменениями на 10 марта 2017 г.). Решение ГКПЧ от 07 мая 2007 г. № 07-20-03-001. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902048009?marker=64U0IK> (дата обращения 20.09.2023)

4. Александров И. В., Антипин Б. М., Спиринов А. Д. Определение местоположения источников радиоизлучений в условиях сложного окружения // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: материалы VI международной научно-технической и научно-методической конференции (Санкт-Петербург, 01–02 марта 2017 г.): в 4-х тт. СПб.: СПбГУТ, 2017. Т. 2. С. 31–35.

5. Логинов Ю. И., Екимов О. Б., Антипин Б. М., Гриценко А. А., Павлов В. Н., Портнаго Л. Б. Дальномерно-разностно-дальномерный способ определения координат местоположения источников радиоизлучений и реализующее его устройство // Патент на изобретение RU 2510038 C2, опубл. 20.03.2014. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37796043> (дата обращения 15.11.2023)

6. Spirin A. D., Antipin B. M. Non-Conventional Algorithm of Radio Transmission Sources Position Location // Proceedings of the 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus, St. Petersburg and Moscow, 01–03 February 2017). 2017. PP. 565–568. DOI: 10.1109/EIConRus.2017.7910617

7. О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации. Указ Президента РФ от 30.03.2022 г. № 166 // Гарант.ру. Информационно-правовой портал. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403684114/?ysclid=loum3s578s396313950> (дата обращения 20.09.2023)

8. Об утверждении Методических рекомендаций по переходу на использование российского программного обеспечения, в том числе на значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, и о реализации мер, направленных на ускоренный переход органов государственной власти и организаций на использование российского программного обеспечения в Российской Федерации. Приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ от 18.01.2023 г. № 21 // Гарант.ру. Информационно-правовой портал. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406310773/?ysclid=loum9153xi63289295> (дата обращения 20.09.2023)

Статья поступила 5 октября 2023 г.
Одобрена после рецензирования 24 октября 2023 г.
Принята к публикации 30 октября 2023 г.

Информация об авторах

Антипин Борис Маврович — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: antipin.bm@sut.ru

Виноградов Евгений Михайлович — кандидат технических наук, доцент, инженер 1-й кат. НИЛ Радиоконтроля и ЭМС Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: vinogradov.em@sut.ru

Терновая Анастасия Константиновна — магистрант 2 курса (направление 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи) Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: ternovaya_00@bk.ru

Александров Илья Владимирович — инженер 1-й кат. НИЛ Радиоконтроля и ЭМС Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: alexandrov.iv@sut.ru

Technical Requirements for Radio Monitoring Equipment for Assessing the Radiation Parameters of Unmanned Aircraft Systems and Determining the Location of Their Elements

B. Antipin, E. Vinogradov, A. Ternovaya✉, I. Alexandrov

The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

Task statement: *The increase in the production and use of unmanned aircraft systems (UAS) in the Russian Federation within the framework of the implementation of state programs is determined by their technical capabilities, which ensure an increase in the efficiency of solving specific tasks in the civil sphere. The use of UAS in the Russian Federation can be carried out only if the requirements of licensing and regulatory documents are met, and the use of unmanned aerial vehicles is subject to compliance with the requirements for ensuring the safety of other airspace users, the safety of people and property on the ground, as well as ensuring electromagnetic compatibility of electronic means. **The purpose** of the work is to determine the basic technical requirements for radio monitoring equipment necessary to assess the radiation parameters of unmanned aircraft systems, as well as to determine the location of unmanned aircraft and control panels of unmanned aircraft systems. **Novelty:** in the existing practice of the functioning of the system for regulating the use of the national radio frequency resource, there are practically no regulatory documents that would formulate requirements for the radiation parameters of UAS radio equipment in terms of ensuring electromagnetic compatibility with radio electronic means of other radio communication systems and, consequently, there are no requirements for radio monitoring equipment that should measure and control the radiation of UAS transmitters. **Result:** based on the analysis of the functional capabilities of the elements of unmanned aircraft systems, the characteristics and parameters of the radiation of their transmitters, as well as the study of existing domestic and foreign regulatory documents, the requirements for radio monitoring equipment for assessing the radiation parameters of radio equipment of unmanned aircraft systems are formulated. **The practical significance** of the work consists in the possibility of using the developed requirements as reasonable guidelines for the purchase of equipment and equipping radio control units of the radio frequency service of Communications Administration, as well as radio frequency services of other ministries and departments.*

Keywords: *unmanned aircraft systems, unmanned aircraft, remote control, frequency ranges for radio channels, radiation characteristics, requirements for radio monitoring equipment.*

Funding: *the article was prepared within the framework of applied scientific research of SPbSUT, registration number 123060900012-6 in the EGISU R&D.*

Information about Authors

Boris Antipin — Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Television and Metrology (The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications).
E-mail: antipin.bm@sut.ru

Evgeny Vinogradov — Ph. D. of Engineering Sciences, Associate Professor. Engineer of Scientific Research Laboratory Radio Control and EMC (The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications). E-mail: vinogradov.e.m.@sut.ru

Anastasia Ternovaya — a 2nd year master's student (The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications). E-mail: ternovaya_00@bk.ru

Ilya Alexandrov — Engineer of Scientific Research Laboratory Radio Control and EMC (The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications). E-mail: alexandrov.iv@sut.ru