

СИСТЕМЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORK TECHNOLOGIES

Научная статья
УДК 621.396
<https://doi.org/10.24143/2072-9502-2025-3-112-120>
EDN OOSZQB

Разработка маршрутной карты мониторинга электромагнитной обстановки участка Астраханской области для радиочастотного центра ЮФО РФ

Олег Николаевич Пищин[✉], Александр Андреевич Датцкий

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, o.pishin@yandex.ru[✉]*

Аннотация. Для соблюдения норм электромагнитного воздействия на население и биологические объекты, создания благоприятной электромагнитной обстановки и отсутствия конфликтов между радиосистемами различного назначения предложено повысить эффективность современных средств радиомониторинга за счет проведения предварительного проектирования маршрута движения подвижного средства мониторинга, основанного на расчетах дальности действия поста пеленгации. Эффективность мониторинга систем радиосвязи зависит не только от технической оснащенности, но и от подготовки персонала в области эксплуатации вверенного оборудования. Разработан алгоритм создания маршрутной карты и создана маршрутная карта пути следования для подвижного измерительного комплекса «Аргумент-И». На базе измерительного комплекса были проведены натурные испытания, подтверждающие высокую эффективность радиопеленгации при использовании предварительного проектирования маршрута движения. Мониторинг проводился на территории Черноярского района Астраханской области, прилегающего к правому берегу р. Волги. Этот район протяженностью 269 км, насыщенность радиоэлектронными средствами которого связана со стратегическим значением сухопутного и водного транспортно-логистического направления юга России, является одним из сложных зон проведения радиомониторинга. Результатом радиомониторинга с новой маршрутной картой стало обнаружение на территории исследования 72-х объектов радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств вместо 59, ранее учтенных реестром Российской Федерации и находящихся на постоянном учете и контроле.

Ключевые слова: электромагнитная обстановка, электромагнитная совместимость, радиомониторинг, контроль использования радиоэлектронных средств, маршрутная карта, электромагнитная безопасность, здоровье населения

Для цитирования: Пищин О. Н., Датцкий А. А. Разработка маршрутной карты мониторинга электромагнитной обстановки участка Астраханской области для радиочастотного центра ЮФО РФ // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2025. № 3. С. 112–120. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2025-3-112-120>. EDN OOSZQB.

Original article

Development of a route map for monitoring the electromagnetic situation in the Astrakhan region for the radio frequency center of the Southern Federal District of the Russian Federation

Oleg N. Pishchin[✉], Alexandr A. Dattsky

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, o.pishin@yandex.ru[✉]*

Abstract. In order to comply with the norms of electromagnetic exposure to the population and biological objects, create a favorable electromagnetic environment and avoid conflicts between radio systems for various purposes, it is proposed to increase the effectiveness of modern radio monitoring tools by conducting a preliminary design of the route of a mobile monitoring device based on calculations of the range of the direction finding post. The effectiveness of monitoring radio communication systems depends not only on the technical equipment, but also on the training of personnel in the field of operation of the entrusted equipment. An algorithm for creating a route map has been developed and a route map has been created for the Argumentum-I mobile measuring system. Field tests were carried out on the basis of the measuring complex, confirming the high efficiency of radio direction finding using preliminary route design. The monitoring was carried out on the territory of the Chernoyarsk district of the Astrakhan region, adjacent to the right bank of the Volga River. With a length of 269 km, this area, which is saturated with electronic means, is associated with the strategic importance of the land and water transport and logistics directions of the south of Russia, and is one of the most difficult areas for radio monitoring. The result of the radio monitoring with the new route map was the discovery of 72 objects of radio-electronic means and high-frequency devices on the territory of the study instead of 59 previously registered by the registry of the Russian Federation and under constant registration and control.

Keywords: electromagnetic environment, electromagnetic compatibility, radio monitoring, control of the use of electronic means, use of radio frequencies, route map, electromagnetic safety, public health

For citation: Pishchin O. N., Dattsky A. A. Development of a route map for monitoring the electromagnetic situation in the Astrakhan region for the radio frequency center of the Southern Federal District of the Russian Federation. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer science and informatics. 2025;3:112-120.* (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2025-3-112-120>. EDN OOSZQB.

Введение

Индустрия производства электронного оборудования (чаще всего оборудования, работающего по беспроводным каналам) с каждым новым этапом развития инфокоммуникационных технологий усложняет электромагнитную обстановку. Каждый новый этап развития систем связи связан с внедрением нового оборудования, как правило, без вывода из эксплуатации оборудования, используемого ранее. Примером могут служить системы сотовой связи, операторы которых в отдельных регионах России уже приступают к реализации систем 5-го поколения, однако базовыми, «каркасными» элементами системы остаются системы 2-го (2G) и последующих поколений (3G, 4G). Системы сотовой связи различных поколений друг для друга не являются взаимоисключающими, а внедряются для дополнения функциональности и расширения возможностей действующих систем сотовой связи, увеличения доступности и спектра услуг, предоставляемых абонентам. В связи с этим контроль электромагнитной обстановки усложняется. В условиях уплотнения использования радиосредств различного назначения необходимо, с одной стороны, не допустить вредно-

го воздействия радиоэлектронных средств (РЭС) на биологические объекты, с другой стороны, не снижая качества предоставляемых услуг в системах связи, обеспечить их согласованную работу, т. е. обеспечить электромагнитную совместимость излучающих РЭС. Эти работы возложены на Федеральное государственное унитарное предприятие «Главный радиочастотный центр» (ФГУП ГРЧЦ), который занимается радиомониторингом вверенных участков территории в соответствии с административным делением. Предприятие создано на основании постановления Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2000 г. № 1002 «О государственной радиочастотной службе при Министерстве Российской Федерации по связи и информатизации» и распоряжения Министерства имущественных отношений Российской Федерации от 14 марта 2001 г. № 627-р «О создании федерального государственного унитарного предприятия "Главный радиочастотный центр"» [1]. Основными направлениями деятельности ФГУП ГРЧЦ являются деятельность в области обеспечения надлежащего использования радиочастот и радиочастотных каналов, радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств

гражданского назначения, экспертизы и мониторинга соблюдения законодательства в установленной сфере деятельности Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, а также участие в предоставлении государственных услуг с целью соблюдения норм электромагнитной совместимости.

Основной задачей средств радиомониторинга ФГУП ГРЧЦ является постоянный или периодический контроль за радиочастотной «нагрузкой» эфира в широком диапазоне частот, обнаружение и анализ новых излучений, определение местоположения их источников, оценка их опасности или ценности, выявление непреднамеренных или специально организованных радиоканалов утечки информации. Каждая из этих задач – многоэтапная, решается в условиях сложной электромагнитной обстановки и требует использования широкой номенклатуры радиотехнических средств, выполняющих определенные функции.

Согласно «Концепции развития системы контроля за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации», целью которой является определение направлений развития и принципов построения системы радиоконтроля, решение возложенных на Радиочастотную службу задач методом мониторинга РЭС в условиях постоянного развития радиотехнологий на основе гибкого риск-ориентированного подхода [2] является одним из наиболее эффективных.

На современном этапе, в свете реализации задач радиоконтроля, важность которых подчеркивается материалами современных исследований [2–6], производятся выездные контрольные мониторинги групп радиоконтроля для проверки соответствия количества зарегистрированных в реестре Российской Федерации средств радиоизлучения их реальному количеству и соответствия их качественных характеристик по мощности излучения, точности позиционирования, азимутам и высотам размещения антенн, а также других характеристик действующим на эти средства РЭС разрешениям, выданным государственными органами.

Однако мониторинг, проводимый без предварительного проектирования (создания оптимальной маршрутной карты), может не полностью выявить радиосредства, расположенные в зоне ответственности контролирующей организации, но оказавшиеся недоступными для радиуса охвата радиомониторингом. Не выявленные или нелегально используемые средства радиоизлучения могут нарушать электромагнитную обстановку, наносить вред биологическим объектам и в целом наносить вред электромагнитной совместимости РЭС различных радиослужб.

Необходимость обеспечения электромагнитной

совместимости РЭС в одном из крупных районов Астраханской области связана с тем, что вдоль водного пути от Черного Яра до Астрахани могут располагаться различные РЭС, включая радиостанции различных диапазонов, радионавигационные средства, средства радиосвязи и мониторинга для управления движением судов, системы радио- и телевидения и др. Радиоконтроль за средствами излучения необходим для обеспечения безопасности и надежности работы этих устройств. Он включает в себя мониторинг радиочастотного спектра, проверку соответствия параметров РЭС установленным нормам, обнаружение и устранение помех, а также контроль за соблюдением правил использования радиочастот.

Постановка задачи

С целью повышения эффективности радиомониторинга подвижными средствами радиоконтроля, соблюдения норм электромагнитного воздействия на население и биологические объекты, создания благоприятной электромагнитной обстановки необходимо проведение предварительного проектирования маршрута движения подвижного средства мониторинга, основанного на расчетах дальности действия «радиопеленга» или, другими словами, радиуса радиомониторинга подвижных средств государственных органов контроля радиоизлучений. Таким образом, необходимо создать маршрутную карту пути движения средств мониторинга, которая позволит обеспечить охват контролем 100 % вверенной локальной зоны исследования.

Зоной проведения исследования является северная часть Астраханской области по правому берегу р. Волги, от населенного пункта Черный Яр до г. Астрахань, включая водный путь.

Основой исследования является диапазон ультравысоких частот (УВЧ) – дециметровый диапазон. Интерес к области УВЧ обусловлен тем, что именно в этом диапазоне (от 300 до 3 000 МГц) происходит интенсивное развитие технологий и увеличение количества средств РЭС, к которым относятся средства радиоизлучения в области подвижной радиосвязи (базовые станции, работающие в диапазонах 900, 1 800, 2 100, 2 600 МГц, и станции цифрового эфирного телевизионного вещания, для которых в целом предусмотрена полоса частот в диапазоне 470–790 МГц). Особенностью этого диапазона частот является то, что он не подвержен влиянию таких погодных условий, как пылевые бури, туман, облачность, дожди и другие виды осадков, ввиду несоизмеримости длины волны в этом диапазоне с размерами гидрометеоров. Этот признак стабильности радиоканалов привлекает все большие технологии, поэтому диапазон УВЧ нуждается в более тщательном радиоконтроле с целью обес-

печения электромагнитной совместимости РЭС и комфортных условий эксплуатации современных технологий для их пользователей.

Необходимо разработать универсальный алгоритм создания маршрутной карты мониторинга и маршрутную карту проведения мониторинга с максимальной глубиной охвата контролем систем радиоэлектронного излучения, подлежащих учету реестром средств РЭС РФ.

Разработка маршрутной карты мониторинга электромагнитной обстановки

Электромагнитной обстановкой (ЭМО) называется такое состояние электромагнитного поля (фона), которое создается РЭС, действующее на заданной территории в определенный временной промежуток в фиксированном частотном диапазоне [7]. Таким образом, ЭМО – фактор ситуационный, но определять его будут, как правило, средства, постоянно размещенные на стационарных объектах.

Электромагнитная совместимость технических средств (ЭМС ТС) – это способность ТС функционировать с заданным качеством в определенной ЭМО, не создавая при этом недопустимых электромагнитных помех другим ТС и недопустимых электромагнитных воздействий на биологические объекты [8] (Федеральный закон «О государственном регулировании в области обеспечения ЭМС ТС»).

Протяженность исследуемой территории от н. п. Черный Яр до г. Астрахань составляет 269 км, на ней проживает до 50 тыс. чел. местного населения. Согласно реестру РФ, на исследуемом участке должны находиться 59 объектов РЭС.

Задачей радиомониторинга является выявление незарегистрированных средств радиоизлучения с целью РЭС и их последующей регистрации и наблюдения ЭМС РЭС [9].

С целью определения наиболее эффективного оборудования для проведения мероприятий пеленгации было исследовано современное оборудование, с помощью которого могут производиться измерения и поиск излучающих РЭС. В настоящее время используются два комплекса российского производства: БАРС-МПИ2 и «Аргумент-И». Основными характеристиками, влияющими на точность определения позиционирования средств радиоизлучения, являются ширина диапазона рабочих частот, в которых могут производиться необходимые исследования, скорость панорамного анализа, минимальная длительность обнаружения, чувствительность приемника, ширина полосы одновременного сканирования оборудования и инструментальная точность пеленгования по азимуту. Сравнение возможностей вышеупомянутых комплексов приведено в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Характеристики основного оборудования пеленгации

Characteristics of the main direction finding equipment

Основные технические характеристики	Аргумент-И	БАРС-МПИ2
Диапазон рабочих частот (моб. связь), МГц	1,5–8 000	25–3 000
Диапазон рабочих частот радиорелейных станций, МГц	2 400–30 000	3 000–18 000
Скорость панорамного анализа	не менее 15 ГГц/с	не менее 500 МГц/с
Полоса одновременного анализа, МГц	до 24	до 5
Чувствительность в диапазоне 20–3 000 МГц, мкВ/м	8 (тип 3)	15
Инструментальная точность пеленгования по азимуту	не более 2°	не более 5°

Подвижный комплекс «Аргумент-И» имеет значительные преимущества по диапазону частот, полосе одновременного анализа, чувствительности и инструментальной точности пеленгования по азимуту (см. табл. 1). Исходя из данных именно этого оборудования, были проведены дальнейшие исследования и натурные испытания.

Примем, что в нашем случае область действия радиопеленгаторов – это слабо пересеченная местность с холмами, средняя высота которых не превышает 10–15 м, что является типичным для степ-

ных и полупустынных районов Астраханской области. В этом случае в качестве модели распространения радиоволн, обеспечивающей оценку зоны электромагнитной доступности, следует выбрать модель Эгли [10]. Эта модель уже использовалась при проведении исследований в области радиомониторинга и показала свою эффективность, на основании этой модели в работе [3] получена математическая модель дальности действия радиопеленгатора:

$$D = 10^{\left[0,5\log(H_t/H_R) + 0,25\log P - 0,5\log E + 0,37\right]}, \quad (1)$$

где H_t – высота передающей антенны (источника излучения), м; H_R – высота размещения антенны поста пеленгования, м; P – мощность излучения передатчика поста пеленгации, Вт; E – чувствительность приемника поста пеленгования, В/м; дальность D . Исследованиями используются условия, которые отражают возможность изменения высоты подвеса антенны поста пеленгации. Имеется возможность развертывания высоко поднятых антенн на временных стоянках поста пеленгования. Мощность излучения передатчика также можно изменять, однако при малой высоте подвеса антенн целесообразно иметь максимальную мощность излучения передатчика поста пеленгования. Чувствительность приемника поста пеленгации является величиной постоянной, как базовая заявленная производителем характеристика поста пеленгования.

Под термином «пост пеленгования» будем понимать комплект оборудования в системе радиомониторинга, обеспечивающий определение (фиксирование) точного местоположения источников радиоизлучения.

Из выражения (1) видно, что зона действия радиопеленгатора обратно пропорциональна квадрат-

ному корню от его чувствительности. Кроме того, дальность действия радиопеленгатора прямо пропорциональна корню четвертой степени от мощности излучения пеленгуемого источника радиоизлучения и прямо пропорциональна корню квадратному от высоты подъема его приемной антенны. Чувствительность радиопеленгаторов определяется чувствительностью его приемных трактов, конструкцией антенной системы и алгоритмом вычисления пеленга. Чувствительность зависит также от ширины полосы пропускания радиоприемных трактов. Если шумы в канале приема имеют равномерный спектр, то чувствительность пеленгатора будет обратно пропорциональна корню квадратному из полосы пропускания [11].

Для проведения расчетов исходными данными будут являться технические данные подвижного комплекса «Аргумент-И», а именно высота передающей антенны от 5 до 30 м, высота антенны поста пеленгования – 3 м. Мощность передатчика будет рассматриваться в пределах от 5 до 60 Вт, штатная чувствительность приемника поста пеленгования – 8 мкВ/м. Результаты расчетов размещения в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

**Результаты расчетов зависимости дальности обнаружения от мощности передатчика
и высоты используемой антенны**

**The results of calculations of the dependence of the detection range on the power of the transmitter
and the height of the antenna used**

Мощность передатчика, Вт	Высота антенны, м					
	5	10	15	20	25	30
5	4,80	6,79	8,31	9,60	10,73	11,76
10	5,71	8,07	9,89	11,42	12,76	13,98
15	6,32	8,93	10,94	12,63	14,13	15,47
20	6,79	9,60	11,76	13,58	15,18	16,63
25	7,18	10,15	12,43	14,36	16,05	17,58
30	7,51	10,62	13,01	15,02	16,80	18,40
35	7,81	11,04	13,52	15,62	17,46	19,12
40	8,07	11,42	13,98	16,15	18,05	19,77
45	8,31	11,76	14,40	16,63	18,59	20,36
50	8,54	12,07	14,78	17,07	19,09	20,91
55	8,74	12,36	15,14	17,48	19,55	21,41
60	8,93	12,63	15,47	17,87	19,98	21,88

На основании проведенных расчетов была построена графическая зависимость дальности обнаружения РЭС от высоты подвеса антенны и мощности передатчика (рис. 1).

Исходя из возможностей подвижного комплек-

са обеспечивать сканирование местности в движении, можно полагать, что при невысоком уровне подвеса антенны (3–5 м) на автомобиле в движении гарантированной дальностью обнаружения можно считать дистанцию до 5 000 м.

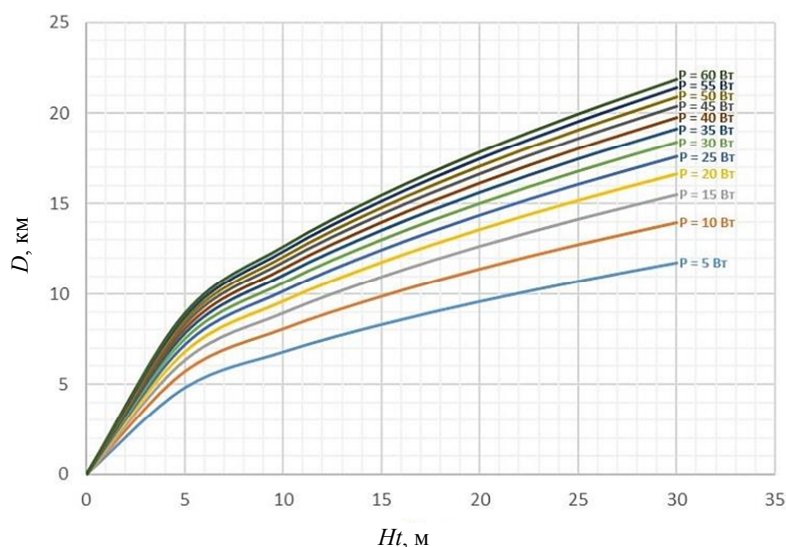


Рис. 1. График зависимости дальности обнаружения средств РЭС от высоты размещения антенны подвижного комплекса радиомониторинга и мощности передатчика

Fig. 1. Graph of the dependence of the detection range of the distribution zone on the height of the antenna of the mobile radio monitoring complex and the power of the transmitter

Для составления маршрутной карты мониторинга был составлен алгоритм «Блок-схема универсального алгоритма создания маршрутной карты» (рис. 2).

версального алгоритма создания маршрутной карты» (рис. 2).

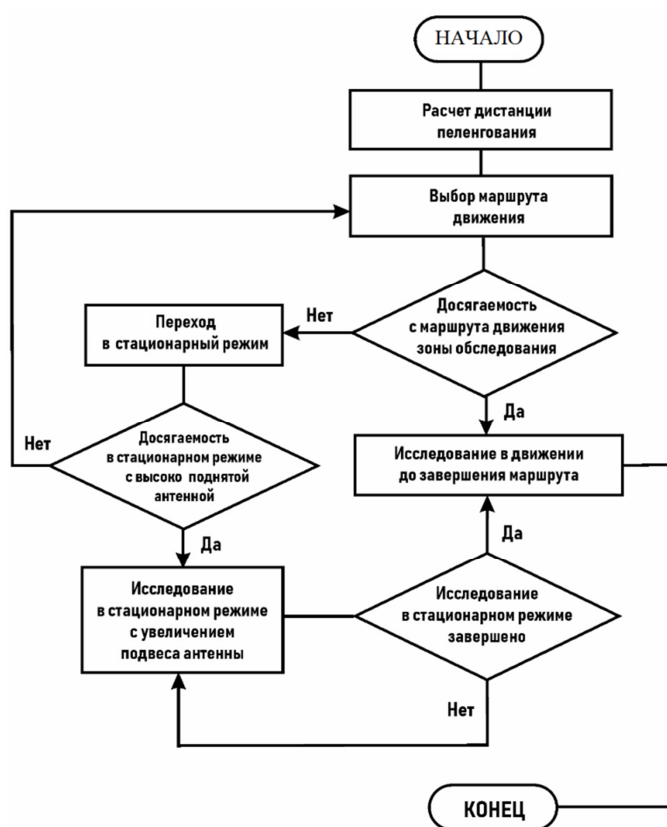


Рис. 2. Блок-схема универсального алгоритма создания маршрутной карты

Fig. 2. Flowchart of a universal algorithm for creating a route map

Последовательность выполнения подготовительных мероприятий в алгоритме следующая. Первое – обязательное проведение расчетов для получения радиуса действия или максимальной дальности охвата радиопеленгом. Маршрут движения выбирается таким образом, чтобы вся исследуемая зона была доступна по всему пути следования подвижного комплекса мониторинга. В тех местах, где удаленность границ необходимой зоны пеленгации превышает дальность действия комплекса в режиме движения, необходимо перейти в новый режим: стационарный с высоко поднятыми антеннами. Этот режим позволит временно увеличить радиус действия передвижного комплекса. После завершения исследования удаленной зоны комплекс может про-

должить исследование в движении до завершения всего маршрута.

Алгоритм считается универсальным, т. к. не имеет ограничений по параметрам используемого оборудования и на его основе могут составляться маршрутные карты для любых районов пеленгации.

На основании алгоритма и условий, указанных в табл. 2 и графике зависимости дальности обнаружения средств РЭС от высоты размещения антенны подвижного комплекса радиомониторинга и мощности передатчика (см. рис. 1), была разработана и опробована маршрутная карта для проведения периодического контроля за радиообстановкой вдоль водного пути по правобережью р. Волги от н. п. Черный Яр до г. Астрахань (рис. 3).

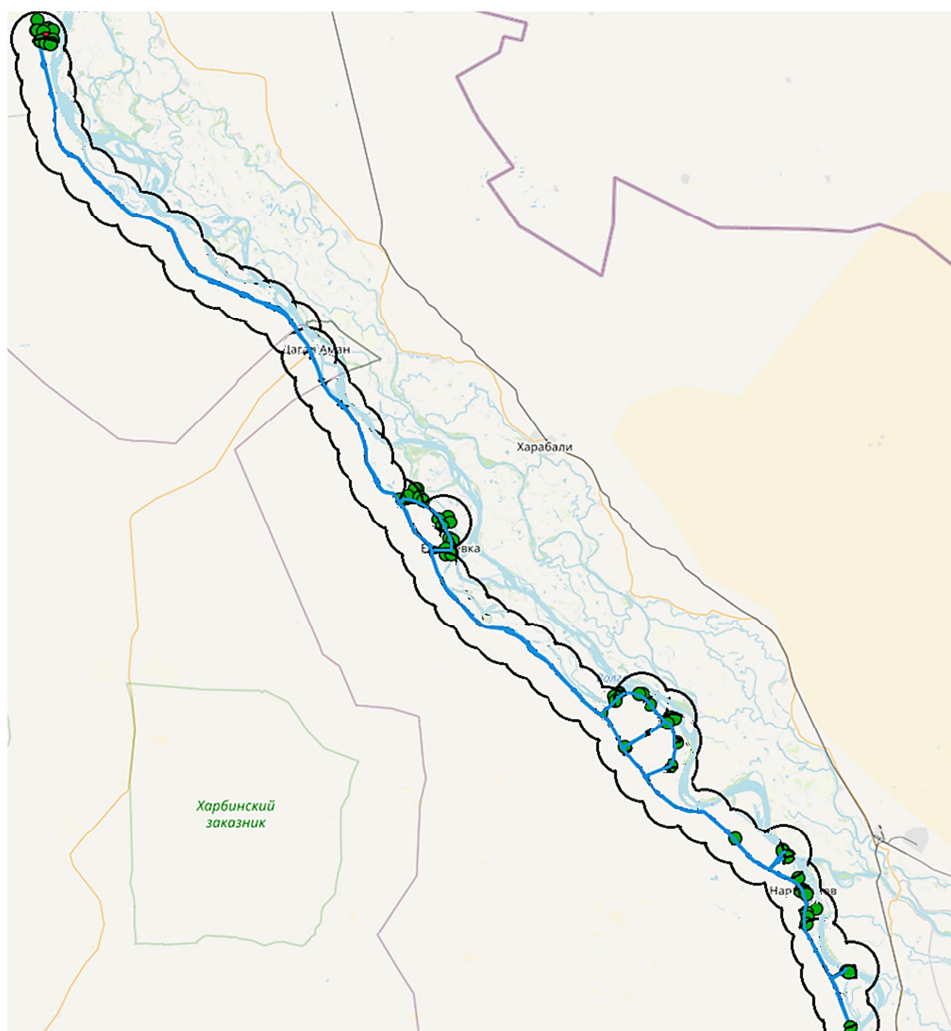


Рис. 3. Маршрутная карта комплекса радиомониторинга

Fig. 3. Route map of the radio monitoring complex

Согласно предварительно составленному маршруту с помощью системы автоматизированного

проектирования [12] был произведен радиомониторинг вышеописанного участка. В результате про-

верки эффективности вновь спроектированного маршрута, использующего все возможные пути подъезда к границам исследуемой территории, было выявлено 72 объекта РЭС вместо 59 зарегистрированных (учтенных ранее реестром средств РЭС РФ, подлежащих обязательной регистрации). Одновременно зафиксировано, что все РЭС и высокочастотные устройства, находящиеся на маршруте, работают без нарушения ЭМО, однако выявленные новые объекты подлежат последующей обязательной регистрации в реестре средств РЭС и высокочастотных устройств РФ.

Заключение

Необходимость радиоконтроля основывается на нескольких факторах. Основное – это защита здоровья людей, поскольку использование некоторых РЭС с электромагнитным излучением, превышаю-

щим нормативные уровни, может вызывать неблагоприятные последствия для здоровья биологических объектов. Второе, но не менее важное – это предотвращение несанкционированного доступа к радиочастотам, что могло бы привести к нарушению работы важных систем связи и навигации, нарушению межсистемной и объектовой электромагнитной совместимости.

Использование предварительного проектирования дальности действия радиосредств и цифровых карт местности на программных комплексах автоматизированного проектирования позволит получить сведения, необходимые для корректировки пути следования подвижных средств радиомониторинга. Для успешного формирования маршрутных карт создан универсальный алгоритм движения подвижных комплексов мониторинга.

Список источников

1. О государственной радиочастотной службе при Министерстве Российской Федерации по связи и информатизации: Постановление Правительства РФ от 25 декабря 2000 г. № 1002. URL: <https://base.garant.ru/182794/> (дата обращения: 22.02.2025).
2. Концепция развития системы контроля за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации на период до 2025 года. Утв. решением ГКРЧ от 4 июля 2017 г. № 17-42-06. М., 2017. 33 с. URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/kontseptsiya-radiokontrolya.pdf> (дата обращения: 22.02.2025).
3. Козьмин В. А., Муратов А. В., Сладких В. А. Оценка зоны электромагнитной доступности телекоммуникационных систем // Журн. Воронеж. гос. техн. ун-та. 2012. Т. 8. № 2. С. 27–31.
4. Аксёнов В. О. Современное состояние и тенденции развития систем радиоконтроля // Электросвязь. 2017. № 9. С. 15–20.
5. Демко А. И., Семенов О. Ю. Система мероприятий радиомониторинга электронных средств связи // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сб. науч. ст. по итогам VIII Междунар. науч. конф. (Казань, 30–31 августа 2020 г.). Казань: ООО «КОНВЕРТ», 2020. С. 32–36.

6. Кизима С. В. Объекты и средства радиоконтроля. Совместное развитие технологий радиосвязи и радиоконтроля // Электросвязь. 2018. № 11. С. 68–74.
7. ГОСТ Р 50397-2011 (МЭК 60050-161:1990). Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2020. 56 с.
8. Балюк Н. В., Болдырев В. Г. и др. Электромагнитная совместимость технических средств подвижных объектов: учеб. пособие / под ред. В. П. Булекова. М.: Изд-во МАИ, 2004. 648 с.
9. О порядке регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств: Постановление Правительства РФ от 20 октября 2021 г. № 1800. URL: <https://base.garant.ru/402961872/> (дата обращения: 22.02.2025).
10. Egli John J. Radio Propagation Above 40MC Over Irregular Terrain // Proceedings of the IRE. 1957. V. 45. P. 1383–1391.
11. Вартанесян В. А. Радиоэлектронная разведка. М.: Воениздат, 1991. 255 с.
12. Программный комплекс ONEPLAN RPLS-DB планирования и оптимизации подвижной и фиксированной связи (сетевая версия). URL: https://reestr.digital.gov.ru/reestr/310318/?sphrase_id=6516582 (дата обращения: 22.02.2025).

References

1. *O gosudarstvennoi radiochastotnoi sluzhbe pri Ministerstve Rossiiskoi Federatsii po svyazi i informatizatsii: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 25 dekabria 2000 g. № 1002* [On the State Radio Frequency Service under the Ministry of Communications and Informatization of the Russian Federation: Decree of the Government of the Russian Federation No. 1002 dated December 25, 2000]. Available at: <https://base.garant.ru/182794/> (accessed: 22.02.2025).
2. *Kontsepsiia razvitiia sistemy kontrolya za izlucheniiami radioelektronnykh sredstv i (ili) vysokochastotnykh ustroystv grazhdanskogo naznachenii v Rossiiskoi Federatsii na period do 2025 goda. Uverzhdena resheniem GKRCCh ot 4 iuliia 2017 g. № 17-42-06* [Concept for the development of a radia-

- tion monitoring system for radio-electronic devices and (or) high-frequency devices for civil purposes in the Russian Federation for the period up to 2025. Approved by the decision of the State Committee for Emergency Situations dated July 4, 2017 No. 17-42-06]. Moscow, 2017. 33 p. Available at: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/kontseptsiya-radiokontrolya.pdf> (accessed: 22.02.2025).
3. Koz'min V. A., Muratov A. V., Sladkikh V. A. *Otsenka zony elektromagnitnoi dostupnosti telekommunikatsionnykh sistem* [Assessment of the electromagnetic availability zone of telecommunication systems]. *Zhurnal Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, vol. 8, no. 2, pp. 27-31.

4. Aksenov V. O. Sovremennoe sostoianie i tendentsii razvitiia sistem radiokontroliia [Current state and development trends of radio monitoring systems]. *Elektrosviaz'*, 2017, no. 9, pp. 15-20.

5. Demko A. I., Semenov O. Iu. Sistema meropriiatiit radiomonitoringa elektronnykh sredstv sviazi [The system of measures of radio monitoring of electronic means of communication]. *Prioritetnye napravleniia innovatsionnoi deiatel'nosti v promyshlennosti: sbornik nauchnykh statei po itogam VIII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Kazan', 30–31 avgusta 2020 g.)*. Kazan', OOO «KONVERT», 2020. Pp. 32-36.

6. Kizima S. V. Ob"ekty i sredstva radiokontroliia. Sovmestnoe razvitie tekhnologii radiosviasi i radiokontroliia [Radio monitoring facilities and facilities. Joint development of radio communication and radio monitoring technologies]. *Elektrosviaz'*, 2018, no. 11, pp. 68-74.

7. GOST R 50397-2011 (MEK 60050-161:1990). *Sovmestnost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaia. Terminy i opredeleniia* [ISS R 50397-2011 (IEC 60050-161:1990). Electromagnetic compatibility of technical means. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 2020. 56 p.

8. Baliuk N. V., Boldyrev V. G. i dr. *Elektromagnitnaia*

sovmestnost' tekhnicheskikh sredstv podvizhnykh ob"ektov: uchebnoe posobie [Electromagnetic compatibility of technical means of mobile objects: a textbook]. Pod redaktsiei V. P. Bulekova. Moscow, Izd-vo MAI, 2004. 648 p.

9. *O poriadke registratsii radioelektronnykh sredstv i vysokochastotnykh ustroistv: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 20 oktiabria 2021 g. № 1800* [On the procedure for registration of radio-electronic devices and high-frequency devices: Decree of the Government of the Russian Federation No. 1800 dated October 20, 2021]. Available at: <https://base.garant.ru/402961872/> (accessed: 22.02.2025).

10. Egli John J. Radio Propagation Above 40MC Over Irregular Terrain. *Proceedings of the IRE*, 1957, vol. 45, pp. 1383-1391.

11. Vartanesian V. A. *Radioelektronnaia razvedka* [Electronic intelligence]. Moscow, Voenizdat, 1991. 255 p.

12. *Programmnyi kompleks ONEPLAN RPLS-DB planirovaniia i optimizatsii podvizhnoi i fiksirovannoi sviasi (setevaia versia)* [ONEPLAN RPLS-DB software package for planning and optimizing mobile and fixed communications (network version)]. Available at: https://reestr.digital.gov.ru/reestr/310318/?sphrase_id=6516582 (accessed: 22.02.2025).

Статья поступила в редакцию 20.04.2025; одобрена после рецензирования 27.06.2025; принята к публикации 22.08.2025
The article was submitted 20.04.2025; approved after reviewing 27.06.2025; accepted for publication 22.08.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Олег Николаевич Пищин – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой связи; Астраханский государственный технический университет; o.pishin@yandex.ru

Александр Андреевич Датский – магистрант, направление обучения «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»; Астраханский государственный технический университет; sane5852@gmail.com

Oleg N. Pishchin – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Telecommunications; Astrakhan State Technical University; o.pishin@yandex.ru

Alexandr A. Dattsky – Master's Course Student, training area "Infocommunication technologies and communication systems"; Astrakhan State Technical University; sane5852@gmail.com

