

Д.В. Лазарев**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ПОРТРЕТА МОРСКОГО ОБЪЕКТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ**

Лазарев Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, окончил факультет информатики и телекоммуникаций Московского государственного института электроники и математики (Технического университета). Ведущий научный сотрудник ОАО «Центральный научно-исследовательский институт «Курс». Имеет статьи в области оценки электромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности на технических объектах морского базирования. [e-mail: QSK@mail.ru].

Аннотация

Статья содержит данные об оригинальном запатентованном способе измерений электромагнитных полей верхней полусферы морских объектов. Приведены сведения о разработанном специализированном программном обеспечении для построения электромагнитного портрета исследуемого морского объекта.

Ключевые слова: морской объект, электромагнитное поле радиочастотного диапазона, мобильный комплекс мониторинга, аэроподъемное устройство, электромагнитный портрет, электромагнитная совместимость, электромагнитная безопасность.

Введение

Функционирование любых сложных объектов и сооружений, в том числе морского базирования, оснащенных радиоэлектронными средствами различного назначения, сопровождается генерацией многих физических полей, в том числе и электромагнитных (ЭМП), в верхней полусфере. Каждый такой объект имеет свой, характерный только для него, портрет физических полей. Постоянный мониторинг портретов физических полей позволяет контролировать общее состояние работоспособности объектов и их оборудования.

Особое место среди физических полей объектов занимают первичные ЭМП, создаваемые объектовыми источниками излучения электромагнитной энергии, и их производные, образующие вследствие переизлучения источники искрообразования и непосредственно влияющие на качество обеспечения электромагнитной совместимости объектовых радиоэлектронных средств (ЭМС РЭС) и электромагнитную безопасность (ЭМБ) в отношении биологических объектов и технических средств.

Среди объектов морского базирования задача контроля ЭМП наиболее актуальна для кораблей, судов обеспечения и иных объектов ВМФ с групповым размещением РЭС на ограниченных площадях. Актуальность этой задачи возрастает

с увеличением сложности технических объектов морского базирования (ТОМБ) и насыщенности их многофункциональными широкополосными радиотехническими системами различного назначения, в том числе радиолокационного и радиосвязного профилей. Высокие интегральные уровни создаваемых ЭМП при функционировании объектов приводят к негативным последствиям по причине создания непреднамеренных влияний на качество функционирования РЭС самого объекта, на РЭС соседних объектов (кораблей тактической группы), а также на бортовое радиоэлектронное оборудование ракетного оружия и летательных аппаратов корабельного базирования, нежелательное влияние также оказывается на условия транспортирования легковоспламеняющихся жидкостей и газов из-за потенциального повышения искрообразования в облучаемых металлических конструкциях ТОМБ, на боеприпасы, взрывчатые вещества и оружие, инициируемое электрическим зарядом, нежелательное влияние оказывается и на персонал, личный состав и пассажиров ТОМБ, наконец, первичные ЭМП влияют на скрытность морских объектов специального назначения. С учетом возрастающих возможных рисков в отношении ЭМС РЭС и ЭМБ при эксплуатации ТОМБ необходимо непрерывное их сопровождение с позиций «электромагнитного проектирования», которое подразумевает анализ всех вновь выявляемых информационных данных о ТОМБ, влияющих на их электромагнитный портрет, на каждом этапе их жизненного цикла, кроме этапа утилизации.

Таким образом, каждый объект, особенно насыщенный РЭС, на каждом из этапов своего жизненного цикла: проектирование, макетирование, производство, монтаж, наладка, испытания, эксплуатация, модернизация – должен подвергаться тщательному анализу в отношении складывающегося интегрального ЭМП радиочастот при функционировании его радиоэлектронных комплексов различного назначения. И чем детальнее проведен такой анализ на ранних этапах, тем выше вероятность избежать дорогостоящих и трудозатратных проблем, которые могут возникнуть на этапах испытаний и эксплуатации. Существенное развитие специализированных систем автоматизированного проектирования (САПР), направленных на анализ электродинамических процессов, складывающихся на ТОМБ с групповым размещением РЭС, позволяет получать детальные картины таких электромагнитных явлений, в том числе и во времени. Однако эффективность применения таких инструментов зависит от адекватности применяемых электромагнитных моделей. Неполнота информации о ТОМБ на ранних этапах их жизненного цикла не позволяет учесть в этих моделях всех влияющих факторов, в том числе и факторов непосредственной эксплуатации. Единственным объективным отражением происходящих электромагнитных процессов является информация, которую содержат результаты измерений, проводимых при полномасштабных испытаниях ТОМБ как в период приема-сдачи, так и во время периодической аттестации. Без этой информации невозможно обоснованно решить: достаточно ли предпринятых на предыдущих этапах мер по обеспечению ЭМС РЭС, ЭМБ на ТОМБ или скрытности ТОМБ специального назначения по первичным ЭМП. Оптимальным было бы сочетание и взаимное дополнение процессов моделирования электромагнитных явлений при помощи специализированных САПР

и процессов измерений с применением специальных способов и средств. Таким образом, процесс измерений ЭМП верхней полусферы ТОМБ является важным и необходимым на этапах их жизненного цикла, так как является неотъемлемой частью программы обеспечения ЭМС РЭС, ЭМБ на ТОМБ и скрытности ТОМБ специального назначения по первичным ЭМП.

Современные радиоэлектронные комплексы различного назначения, устанавливаемые на ТОМБ, работают в широком диапазоне радиочастот, являются широкополосными, многоканальными, оперируют сложными сигналами с разнообразными видами модуляции, обладают широким динамическим диапазоном, а также работают с сигналами вплоть до наносекундного интервала. Это предъявляет жесткие требования как к применяемым измерительным комплексам, так и к способам проведения измерений и испытаний. В первую очередь к таким требованиям относятся: необходимость проведения измерений электромагнитных излучений сложной структуры в реальном времени с высокой точностью, высокая степень автоматизации процесса измерений, большой динамический диапазон и широкая полоса пропускания средств измерений.

Для эффективного решения задач метрологического обеспечения ТОМБ в части измерения ЭМП его радиочастот такой морской измерительный автоматизированный комплекс (МИАК) должен обладать следующими функциональными возможностями [1]:

- панорамный поиск по частоте, измерение частоты и ширины спектра, уровней и отношений уровней напряженности и плотности потока энергии основных, побочных и внеполосных излучений (непрерывных и импульсных) радиопередающих устройств РЭС;
- измерение спектральной плотности электромагнитных излучений;
- измерение поляризационных характеристик принимаемых сигналов;
- поиск электромагнитных излучений по направлению и определение пеленга на источник излучения;
- измерение параметров и видов модуляции сигналов, в том числе непрерывной генерации, амплитудной, частотной, фазовой и импульсной модуляции;
- измерение напряженности и плотности потока энергии непрерывных и импульсных электромагнитных полей высокой (с соблюдением санитарно-эпидемиологических норм по допускам уровней полей, воздействующих на обслуживающий персонал) и низкой интенсивностей.

Для устранения недостатков, присущих как стандартным способам измерений параметров ЭМП (универсальные наземные мобильные системы мониторинга ЭМП радиочастот, летающие лаборатории на базе самолетов) [3–7], так и менее известным способам [2, 8], рассматриваемым в контексте измерений параметров ЭМП крупномасштабных морских объектов, а также для учета особенностей эксплуатации ТОМБ был разработан оригинальный способ измерений параметров физических полей верхней полусферы морских объектов [9]. Изобретение может использоваться для измерения параметров, например, электромагнитных, тепловых, акустических, радиационных полей крупногабаритных морских

объектов (кораблей, судов, буровых платформ) в целях определения их физических характеристик для решения различных технических задач, таких как обеспечение электромагнитной совместимости их радиоэлектронных средств, обеспечение защиты персонала, легковоспламеняющихся газов и жидкостей, боеприпасов от излучений радиоэлектронных средств, снижение акустических шумов, создаваемых техническими средствами, и т. д. В контексте нашей статьи рассмотрим процесс измерения ЭМП радиочастот.

Технический результат рассматриваемого изобретения заключается в повышении точности измерений, снижении затрат на их проведение, а также в доступности и простоте данного процесса для проектантов и эксплуатантов исследуемого морского объекта. Указанный результат достигается за счет того, что в заявленном способе фиксируются значения параметров ЭМП крупногабаритного морского объекта, без вывода его из эксплуатации, для любых положений чувствительных элементов радиоизмерительного комплекса по пеленгу, углу места и дальности по отношению к исследуемому морскому объекту и отсутствует необходимость проведения сложных дорогостоящих операций с применением летающих лабораторий и наземных измерительных комплексов.

Данный способ основан на использовании морского автоматизированного воздушного радиоизмерительного комплекса с применением вертолетного беспилотного летательного аппарата (БПЛА), в том числе привязного типа (например, [10–13]). Способ предназначен для определения параметров интегрального или парциального ЭМП, создаваемого радиотехническими средствами морского объекта, в локальных областях и точках пространства. К параметрам интегрального ЭМП относятся энергетические, частотные, фазовые, временные и поляризационные параметры ЭМП. Реализация рассматриваемого способа возможна в двух вариантах.

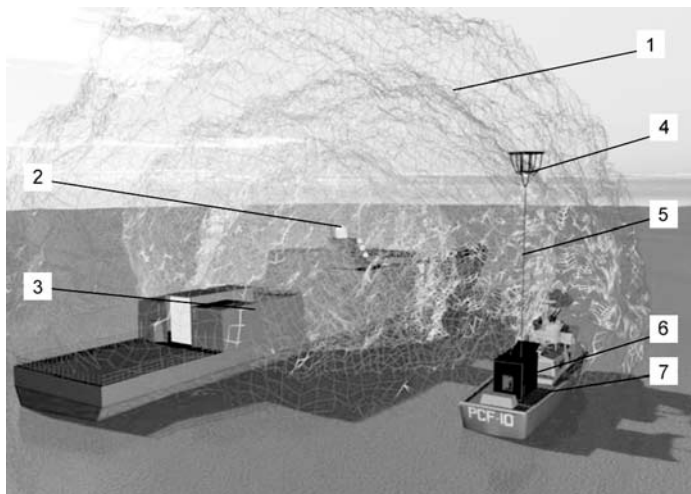


Рис. 1. Реализация разработанного способа измерения по первому варианту для корабля

На рисунке 1 показано взаимодействие различных компонентов измерительной системы, обеспечивающей реализацию первого варианта предлагаемого способа, где 1 – измеряемое ЭМП крупногабаритного морского объекта;

2 – источник измеряемого физического поля, например антенна радиолокационной станции;

3 – крупногабаритный морской объект (например, корабль);

4 – управляемое беспилотное вертолетное аэроподъемное устройство (АПУ) привязного типа, содержащее управляемый с внешней ЭВМ радиоизмерительный комплекс ЭМП (элементы радиоизмерительного комплекса);

5 – совокупность электрических кабелей, обеспечивающих работу валов электродвигателей, связанных с воздушными винтами АПУ, обеспечивающих электропитание радиоизмерительного комплекса и управление его работой (также возможна реализация управления как АПУ, так и радиоизмерительным комплексом по беспроводным радиоканалам, однако такое техническое решение необходимо обосновать с позиций ЭМС РЭС);

6 – контейнер для транспортировки АПУ, содержащий, например, рабочее место оператора, проводящего измерения, с управляющей ЭВМ;

7 – самоходный подвижный морской объект (например, катер). При этом рассматриваемый вариант данного способа может осуществляться как при стоянке исследуемого морского объекта, так и при его движении.

На рисунке 2 показано взаимодействие различных компонентов измерительной системы, обеспечивающей реализацию второго варианта предлагаемого способа, где 1 – измеряемое ЭМП крупногабаритного морского объекта;

2 – источник измеряемого ЭМП, например антенна радиолокационной станции;

3 – крупногабаритный морской объект (например, корабль);

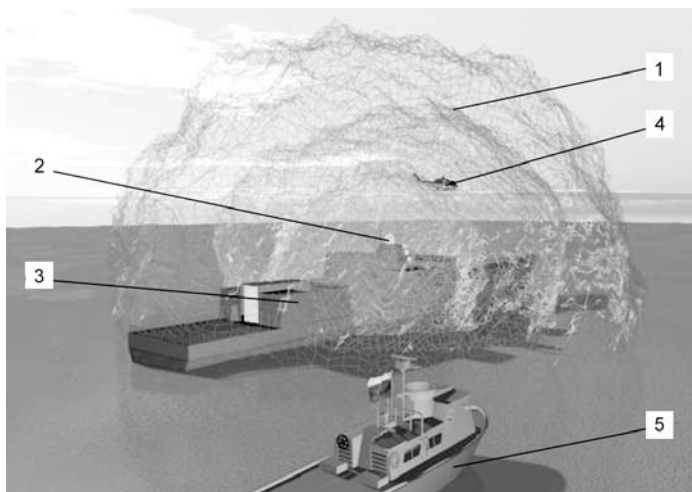


Рис. 2. Реализация разработанного способа измерения по второму варианту

4 – управляемый беспилотный летательный аппарат вертолетного типа вертикального взлета и посадки, содержащий радиоизмерительный комплекс ЭМП (элементы радиоизмерительного комплекса);

5 – самоходный подвижный морской объект (например, катер), содержащий, по меньшей мере, управляющую ЭВМ. При этом рассматриваемый вариант данного способа может осуществляться как при стоянке исследуемого морского объекта, так и при его движении.

Конкретное исполнение радиоизмерительного комплекса определяется природой измеряемого физического поля. В качестве примера приведем описание конструкции радиоизмерительного комплекса, предназначенного для измерения параметров высокочастотного ЭМП, таких как энергетические, частотные, фазовые, временные и поляризационные. В этом случае в состав измерительного комплекса должна входить, по меньшей мере, одна узконаправленная широкополосная антенна ВЧ-, ОВЧ-, УВЧ- или СВЧ-диапазонов, выход которой соединен со входом сканирующего измерительного приемника, подключенного к анализатору спектра, соединенному с запоминающим устройством.

При этом на АПУ может быть установлен как весь радиоизмерительный комплекс, за исключением управляющей ЭВМ, так и отдельные его элементы, например чувствительные элементы физических величин – датчики, антенны и т. п. При управлении радиоизмерительным комплексом либо при считывании информации с чувствительных элементов управляющая или измерительная информация может передаваться гальванически, то есть по проводам и кабелям, либо по эфиру, то есть без проводов по радиоканалу. Выбор того или иного варианта определяется внешними факторами, имеющими место при измерении свойств управляющих и измерительных каналов, таких как помехоустойчивость, пропускная способность и т. п.

Предлагаемый способ по первому варианту осуществляется следующим образом.

Исследуемый крупногабаритный морской объект транспортируют в место с малым уровнем внешних воздействующих факторов, влияющих на результаты измерений, например, на довольно большое расстояние от берега (порядка 20 морских миль) в открытое море. Включают технические средства исследуемого морского объекта, создающие физические поля той природы, которые собираются измерять. Например, включают все РЭС, преимущественно имеющие антенны (навигационные станции, радиосвязные устройства), для измерения высокочастотного ЭМП. Устанавливают радиоизмерительный комплекс (элементы радиоизмерительного комплекса) на платформу управляемого АПУ, который, в свою очередь, помещают в контейнер, содержащий рабочее место оператора управляющей ЭВМ, находящийся на самоходном подвижном морском объекте, например катере. Определяют пеленг и дальность интересующей контрольной измерительной точки по отношению к исследуемому морскому объекту. Транспортируют к этому месту самоходный подвижный морской объект. Настраивают все чувствительные элементы, включают либо переводят в режим ожидания все блоки радиоизмерительного комплекса. С помощью управляемого АПУ с нетрадиционным

способом подъема и поддержания выполняют подъем его платформы, содержащей радиоизмерительный комплекс (элементы радиоизмерительного комплекса), на требуемую высоту. С помощью управляющей ЭВМ на рабочем месте оператора осуществляют измерение и сохранение измерительной информации о параметрах исследуемого ЭМП, соответствующей определенным пеленгу, углу места и дальности по отношению к исследуемому морскому объекту. При необходимости получения большего объема измерительной информации, соответствующей другим значениям пеленга, угла места и дальности по отношению к исследуемому морскому объекту, перемещают АПУ в следующую интересующую точку, при этом в зависимости от условий эксплуатации выключают либо не выключают измерительный комплекс, опускают либо не опускают АПУ в контейнер самоходного подвижного морского объекта.

Способ по второму варианту осуществляется следующим образом.

Исследуемый крупногабаритный морской объект транспортируют в место с малым уровнем внешних воздействующих факторов, сказывающихся на результатах измерений, например на довольно большое расстояние от берега (порядка 20 морских миль) в открытое море. Включают технические средства исследуемого морского объекта, создающие физические поля той природы, которые собираются измерять. Например, включают все РЭС, преимущественно имеющие антенны (навигационные станции, радиосвязные устройства), для измерения высокочастотного ЭМП. Настраивают все чувствительные элементы, включают либо переводят в режим ожидания все блоки радиоизмерительного комплекса. Устанавливают радиоизмерительный комплекс (элементы радиоизмерительного комплекса) в БПЛА вертолетного типа с вертикальными взлетом и посадкой, который, в свою очередь, в зависимости от условий эксплуатации, помещают либо на исследуемый морской объект, либо на самоходный подвижный морской объект, либо на берег. Предусматривают наличие рабочего места оператора, содержащего, в свою очередь, по меньшей мере управляющую ЭВМ, находящегося либо на самоходном подвижном морском объекте, например катере, либо на исследуемом морском объекте. Определяют пеленг, угол места и дальность интересующей контрольной измерительной точки по отношению к исследуемому морскому объекту. Транспортируют к этому месту БПЛА, содержащий радиоизмерительный комплекс (элементы радиоизмерительного комплекса). С помощью управляющей ЭВМ на рабочем месте оператора осуществляют измерение и сохранение измерительной информации о параметрах исследуемого ЭМП, соответствующей определенным пеленгу, углу места и дальности по отношению к исследуемому морскому объекту. При необходимости получения большего объема измерительной информации, соответствующей другим значениям пеленга, угла места и дальности по отношению к исследуемому морскому объекту, БПЛА перемещают в следующую интересующую точку, при этом в зависимости от условий эксплуатации выключают либо не выключают измерительный комплекс, возвращают либо не возвращают БПЛА к месту посадки.

Возрастающие потенциальные риски в отношении электромагнитных излучений РЭС на сложных ТОМБ приводят к необходимости непрерывного сопровожде-

ния ТОМБ на основных стадиях их жизненного цикла с точки зрения обеспечения ЭМС РЭС и ЭМБ при функционировании их радиотехнических систем. Такое сопровождение ТОМБ от стадии аванпроекта до модернизации радиоэлектронного оборудования, находящегося в эксплуатации ТОМБ, предусматривает реализацию технологии обеспечения ЭМС РЭС и ЭМБ на ТОМБ, предполагающую несколько этапов и связывающую воедино процессы: моделирования электромагнитных процессов; прогнозирования интегральной электромагнитной обстановки (ЭМО); обоснования организационно-технических решений для обеспечения ЭМБ; проведения измерений и испытаний на ТОМБ; уточнения принятых организационно-технических решений для обеспечения ЭМБ; уточнения применяемых моделей и расчетных методик прогнозирования ЭМО на основе полученных экспериментальных данных испытаний; сопровождения ТОМБ на этапах его эксплуатации и выявления значимых дестабилизирующих факторов, влияющих на ЭМС РЭС и ЭМБ; контроля ЭМО при модернизации ТОМБ.

При практической реализации мероприятий по оценке и обеспечению ЭМС РЭС и ЭМБ на ТОМБ возможно совместное использование средств моделирования ожидаемой ЭМО на ТОМБ и предлагаемой радиоизмерительной системы на базе АПУ. При этом предполагается следующая подчиненность информационных потоков: с помощью средств моделирования, с учетом примененных организационно-технических решений по защите от негативного влияния ЭМП, выявляются потенциальные критичные области и точки пространства с точки зрения высокого уровня ЭМП, затем при проведении полномасштабных испытаний по данному способу проводятся измерения ЭМП исследуемого ТОМБ с целью получения достоверной информации об ЭМП в интересующих контрольных областях или точках пространства. Помимо этого, испытания по предлагаемому способу служат для снятия электромагнитного портрета исследуемого ТОМБ в целях реализации мероприятий программы обеспечения ЭМС РЭС и ЭМБ на ТОМБ, а также для накопления экспериментальных данных с целью уточнения математических моделей, заложенных в применяемые средства моделирования ожидаемой ЭМО на ТОМБ.

При этом оптимальным, с точки зрения временных, материальных ресурсов и трудоемкости, является проведение испытаний ТОМБ по предлагаемому способу согласно следующей методике:

- определяется необходимый радиус удаления от исследуемого ТОМБ и необходимая высота подъема АПУ с радиоизмерительным комплексом (элементами радиоизмерительного комплекса);

- выдерживая заданную высоту подъема АПУ, самоходный морской объект, например катер, перемещается с требуемой скоростью по окружности выбранного радиуса, и проводятся измерения параметров ЭМП, при этом результатами измерений окажутся значения параметров ЭМП на всех азимутах окружности при фиксированных дальности и угле места;

- определяют следующую интересующую высоту подъема АПУ с радиоизмерительным комплексом (элементами радиоизмерительного комплекса) и повторяют указанные действия.

Таким образом удается получить в сжатые сроки большой объем результатов испытаний для геометрического места точек в виде концентрических окружностей, по которым возможно построить электромагнитный портрет исследуемого ТОМБ (рис. 3).

К применяемому в предлагаемом способе АПУ, в том числе БПЛА, предъявляется ряд существенных требований. Во-первых, АПУ должно иметь преимущественно вертикальный взлет и посадку, поскольку ограниченные площади вспомогательных самоходных морских объектов, на которых базируется АПУ, существенно влияют на возможность выбора иного способа взлета и посадки. Исключение составляет вариант применения АПУ берегового базирования, однако в этом случае возникают задачи обеспечения требуемой управляемости на существенно удаленном расстоянии, необходимого уровня энергозапаса и времени непрерывной работы. Во-вторых, АПУ должно обеспечивать существенную грузоподъемность, в том числе возможность перемещения значительной полезной нагрузки. Оценка показывает, что для целей размещения элементов измерительного комплекса (от одной до четырех измерительных антенн, преобразователей) минимально необходимая полезная нагрузка АПУ должна быть 5–10 кг. В-третьих, конструкция перспективного к применению АПУ должна обеспечивать возможность крепления элементов измерительного комплекса в необходимом положении, не нарушая при этом свои аэродинамические характеристики. В-четвертых, высота подъема применяемого АПУ должна быть не менее 50 м для возможности охвата всей верхней полусферы исследуемого морского объекта. В-пятых, уровень энергозапаса и время непрерывной работы АПУ должны быть достаточными для проведения полноценных испытаний и измерений крупномасштабного морского объекта. В-шестых, необходимо помнить о жестких условиях эксплуатации морских объектов, таких как климатические, механические, электромагнитные и т. д., которые существенно влияют на конструктивное исполнение планируемого к применению АПУ. Этим критериям в наибольшей степени соответствует АПУ класса БПЛА привязного типа, однако существуют и альтернативные виды БПЛА, соответствующие решению обозначенных задач. Рассмотрим подходящие для указанных задач классы БПЛА.

Для реализации разработанной технологии мониторинга ЭМП верхней полусферы кораблей и иных сложных технических объектов морского базирования необходимо было разработать программное обеспечение визуализации результатов измерений параметров ЭМП верхней полусферы кораблей и иных объектов при их испытаниях.

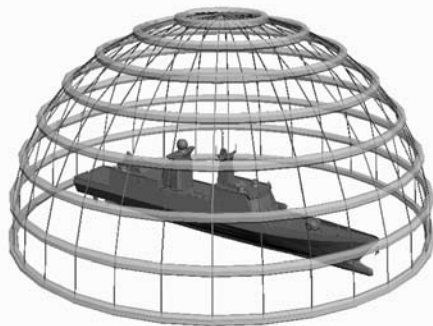


Рис. 3. К пояснению методики проведения испытаний ТОМБ

Для решения этой задачи было разработано программное обеспечение по визуализации результатов натурных испытаний морских объектов «Монитор ЭМО». Внешний вид программного обеспечения представлен на рисунках 4–6.

Исходными данными для работы программного обеспечения является трехмерная модель исследуемого морского объекта с размещенными на нем антеннами постами радиотехнических систем.

Также к исходным данным для работы программного обеспечения следует отнести протокол результатов натурных испытаний исследуемого морского объекта в виде XML-файла. Структура XML-файла была разработана на техническом этапе проектирования программного обеспечения и включает в себя разнородную информацию: состав работающих на излучение РЭС, их режимов работы и параметров излучения, параметры радиоизмерительного приемника, осуществляющего мониторинг ЭМП, перечень контрольных точек и их координат, частотные, временные и энергетические параметры ЭМП в рассматриваемых контрольных точках.

На основе содержащихся в XML-файле данных строятся различные характеристики ЭМП исследуемого морского объекта, к которым относятся следующие: интегральное ЭМП для всех контрольных точек для конкретной радиочастоты в виде раскрашенной полусферы с легендой; вертикальное сечение профиля контура интегрального ЭМП с построением радарного профиля и столбиковой гистограммы для контрольных точек (рис. 4); горизонтальное сечение профиля контура интегрального ЭМП с построением радарной диаграммы, диаграммы в полярных координатах, а также столбиковой диаграммы для контрольных точек (рис. 5); отображение параметров интегрального ЭМП для каждой контрольной точки полусферы в виде частотно-энергетического и энергетико-временного графика, а также расчета процентного распределения энергетического вклада различных частотных диапазонов для данной контрольной точки (рис. 6).

Заключение

В результате проведенного анализа существующих способов измерения ЭМП, применимых к крупномасштабным ТОМБ, были выявлены их существенные ограничения и недостатки. Предлагаемый способ измерения ЭМП ТОМБ лишен подавляющего большинства перечисленных недостатков и ограничений и располагает оптимальными возможностями для решения задач измерения параметров ЭМП радиочастот верхней полусферы ТОМБ и выполнения работ программы обеспечения ЭМС РЭС и ЭМБ на ТОМБ. Выявленная возможность технической реализации предлагаемого способа на существующей базе различных классов БПЛА как привязного, так и непривязного типа свидетельствует о перспективности предложенного способа и экономической целесообразности предлагаемого технического решения. Оптимальным решением для АПУ является БПЛА привязного типа, обладающий хорошими параметрами управляемости, стабилизации, непрерывной работы, небольшими габаритами, возможностью крепления нескольких измерительных антенн, удобством взлета и посадки с применением маломощных беспроводных радиоканалов для управления. В то же время серьезным недостатком

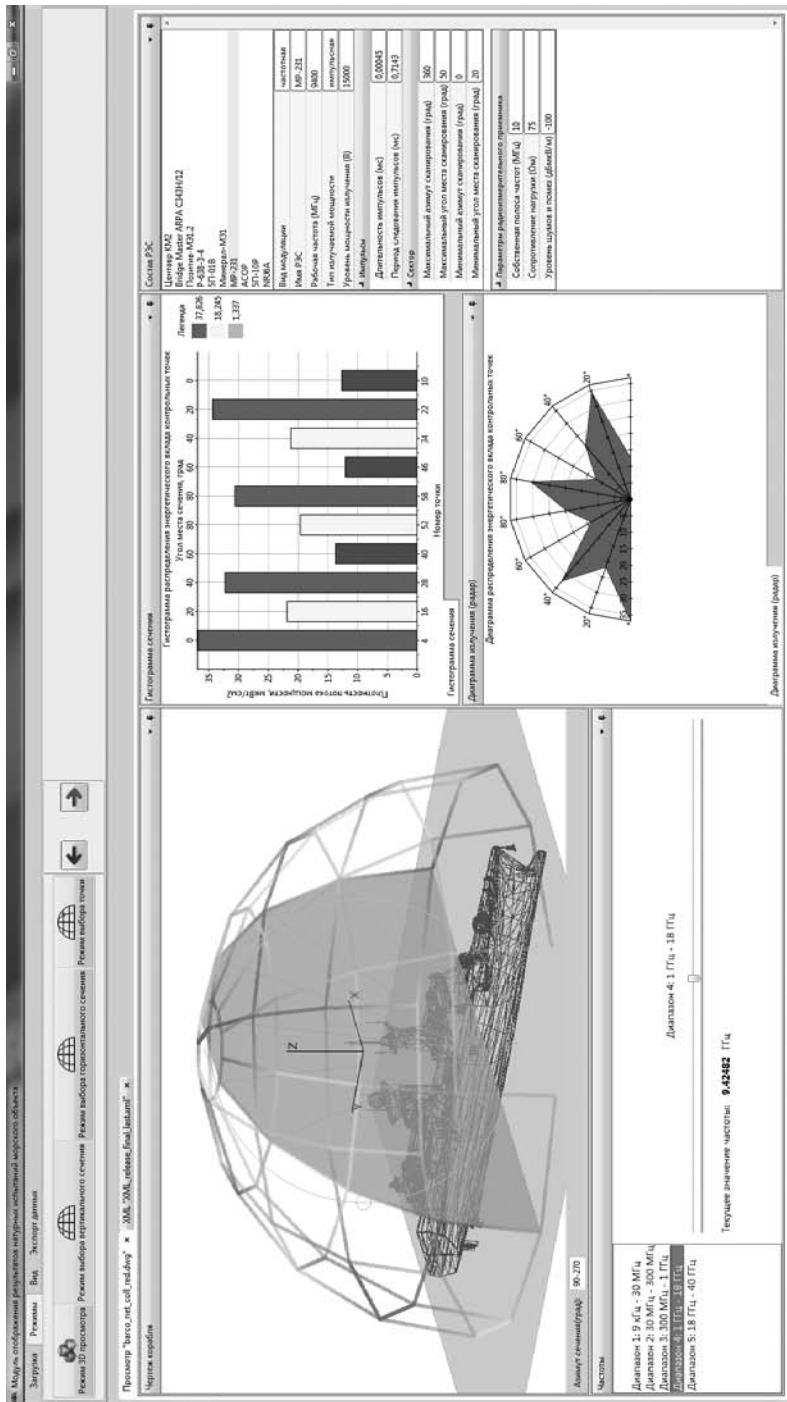


Рис. 4. Внешний вид программы «Монитор ЭМО»

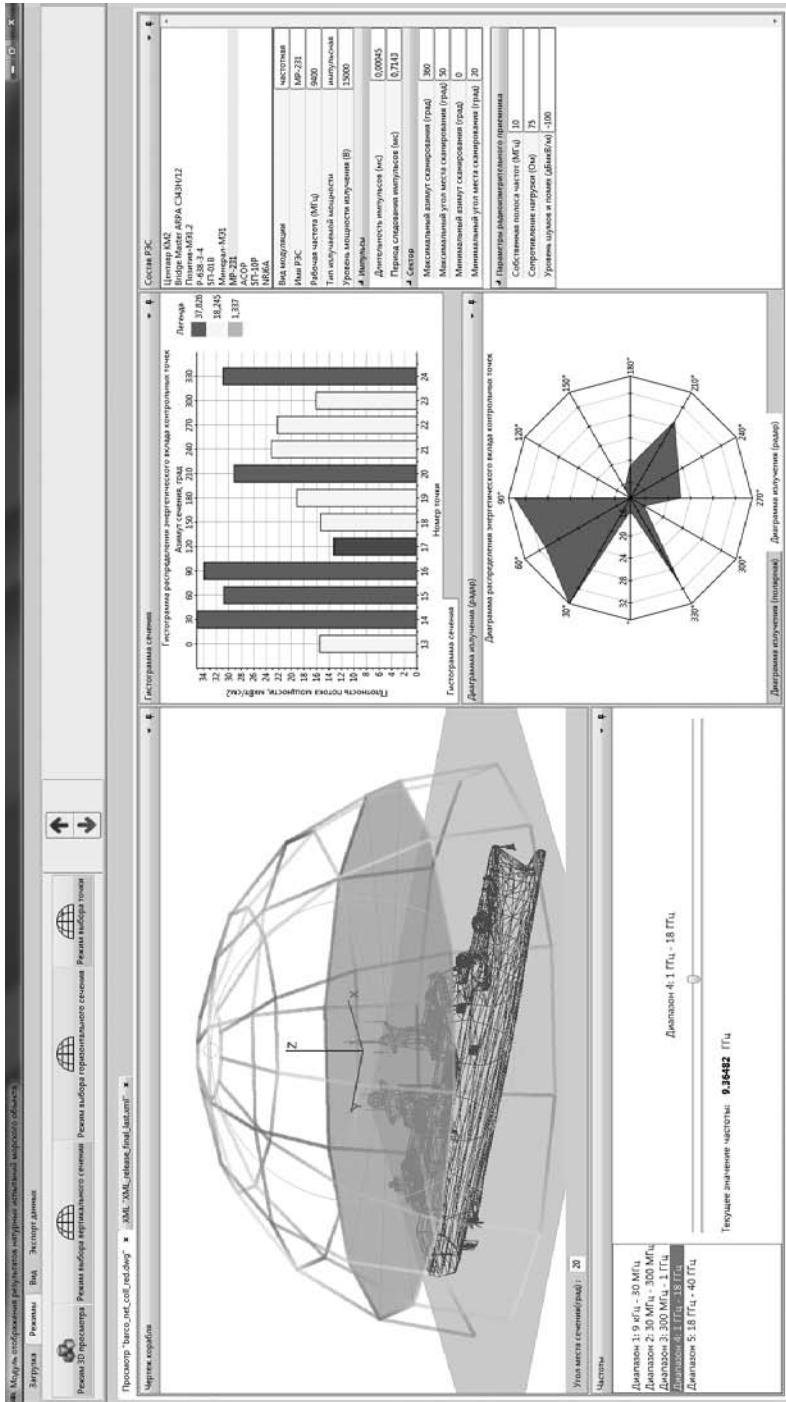


Рис. 5. Внешний вид программы «Монитор ЭМО»

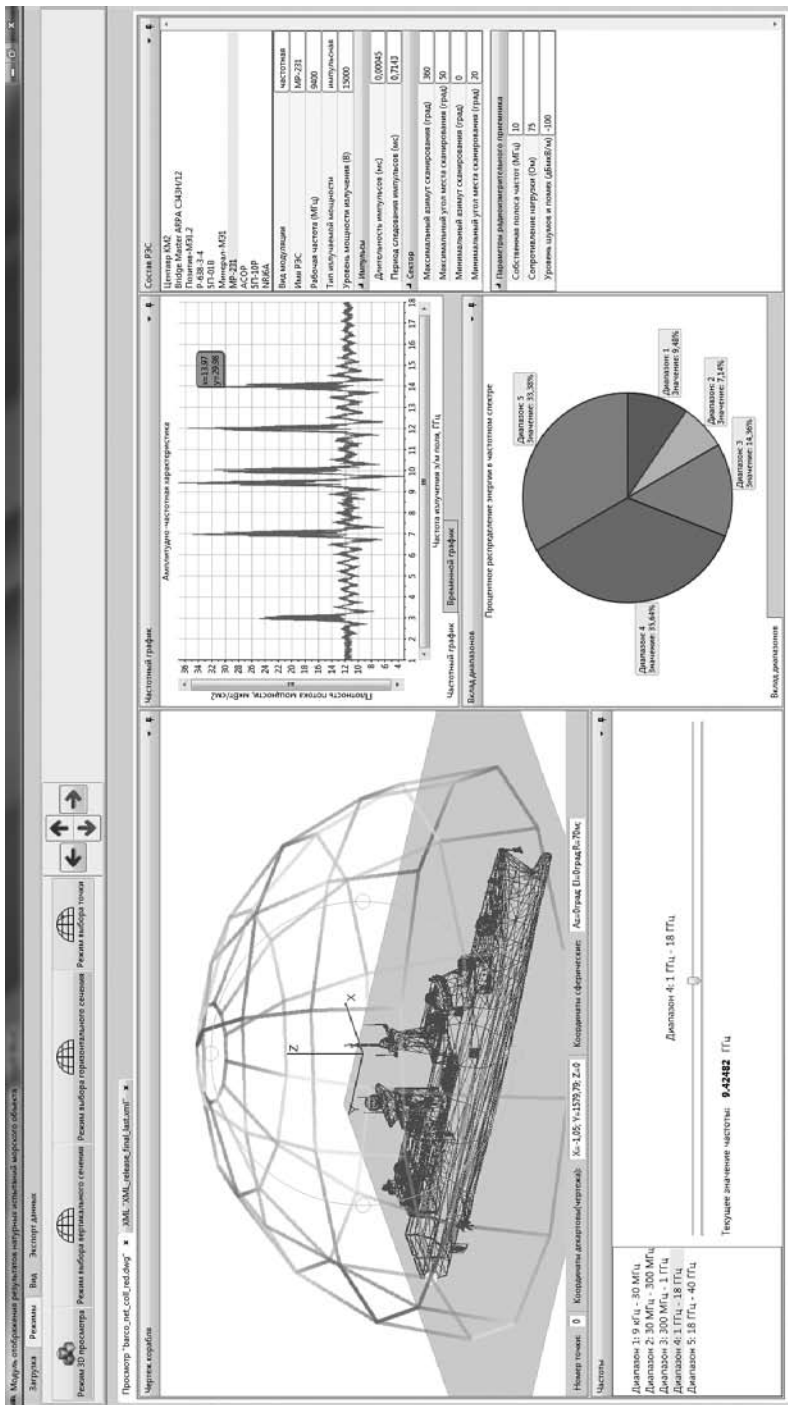


Рис. 6. Внешний вид программы «Монитор ЭМО»

применения БПЛА привязного типа, несущего значительную полезную нагрузку (до 20 кг), является необходимость наличия на борту самоходного подвижного объекта (катера) мощной системы электроснабжения (до 30 кВт).

Созданное специализированное программное обеспечение «Монитор ЭМО» позволяет автоматизировать процесс построения и анализа электромагнитного портрета исследуемого ТОМБ и существенно уменьшить работы по интерпретации результатов испытаний и реализации организационных и технических решений для обеспечения ЭМС РЭС и ЭМБ на ТОМБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалов А.Г., Коняхин К.Н., Чесноков О.Н. Принципы построения мобильного измерительного комплекса контроля параметров электромагнитной совместимости // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии, 21-я Международная Крымская конференция. 12–16 сент., 2011 г. – Т. 2, секция 7/2 : СВЧ-измерения параметров антенн, материалов и объектов. – Ст. 7.13. – С. 899–901.
2. Пат. № 2374654 Российская Федерация : Способ оценки электромагнитной совместимости корабельных технических средств и аппаратурный комплекс для его реализации / Горшков А.И., Свядоц Е.А., Вишневский А.М., Сагайдаков Ф.Р., Копченков В.П., Галушин С.И. : приоритет от 27.12.2007.
3. Пат. № 87265 Российская Федерация : Передвижной комплекс контроля электромагнитной обстановки и измерения параметров радиосигналов / Высочин В.П., Дю К.О., Недобежкин М.И., Смирнов Ю.Я. : приоритет от 21.05.2009.
4. http://www.skard.ru/?page_id=1628.
5. <http://irga.sut.ru/mobil.html>.
6. http://www.nrtb.ru/services/ems_providing/tech_tools/mobile_lab.php.
7. http://www.nrtb.ru/services/ems_providing/tech_tools/flying_lab.php.
8. Пат. № 2014624 Российская Федерация : Стенд для измерения электромагнитного поля вокруг объекта / Геруни С.П. : приоритет от 30.04.1991.
9. Пат. № 2481601 Российская Федерация : Способ измерения параметров физических полей верхней полусферы морского объекта / Клячко Л.М., Лазарев Д.В., Седов В.А., Чуриков А.Ю., Горчакова Е.А. // Бюл. № 13 от 10.05.2013. : приоритет от 04.08.2011.
10. <http://skysapience.com/products/images-and-videos>.
11. <http://roboair.ru/air-400x---carrier>.
12. Пат. № 2371355 Российская Федерация : Аэроэлектроподъемный летательный аппарат / Думов В.И. : приоритет от 14.07.2008.