

# РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОЦЕНКЕ РИСКА В ОТНОШЕНИИ УРОВНЕЙ ПАРЦИАЛЬНЫХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ СЧ-СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СУДОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Д. В. Лазарев

Центральный научно-исследовательский институт "Курс"  
Москва, Российская Федерация  
E-mail: qsk@mail.ru

*Необходимость обеспечения электромагнитной безопасности в отношении промышленных и биологических объектов на технических объектах морского базирования обусловлена сложной высокоэнергетичной электромагнитной обстановкой вследствие функционирования множества радиоэлектронных средств. В работе описана технология и механизм применения расчётных методов для оценки электромагнитной безопасности, применяемые на этапе проектирования технических объектов морского базирования. Описываются возможности разработанного автоматизированного программного комплекса для моделирования электромагнитной обстановки, складывающейся на морских объектах при функционировании их радиоэлектронных средств различного назначения. Приводятся результаты расчётов рисков в отношении электромагнитной безопасности на современных морских объектах и практические рекомендации по обеспечению приемлемого уровня электромагнитных полей.*

## ВВЕДЕНИЕ

Сложность электромагнитной обстановки (ЭМО), складывающейся на технических объектах морского базирования (ТОМБ), укомплектованных с большой плотностью разнообразной радиоэлектронной аппаратурой, приводит к возрастанию рисков при проведении различных работ. Электромагнитная безопасность (ЭМБ) охватывает воздействие электромагнитного поля на ответственное оборудование, взрывчатые вещества и компоненты, легковоспламеняющиеся материалы, жидкости и газы, обслуживающий персонал [1, 2]. С целью устранения данной проблемы необходимо выработать обоснованные практические рекомендации и применить определенные организационные и технические решения. Задача обеспечения ЭМБ на ТОМБ напрямую зависит от качества оценки складывающейся на них ЭМО, поддающейся в той или иной мере прогнозированию.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В основном в пределах ТОМБ электромагнитное поле (ЭМП) радиопередатчиков окончательно не сформировано и структура электромагнитных волн соответствует ближней зоне излучения, что усложняет ситуацию. В некоторых случаях это относится и к устройствам радиолокационного профиля. Актуально создание доступной научно-технической инженерной методики по расчёту электромагнитной обстановки и возможных наводимых напряжений на проводящих конструкциях при функционировании технических средств радиосвязного и радиолокационного профилей, расположенных на ТОМБ, с целью обоснования технических решений по

обеспечению электромагнитной безопасности. А также необходима её автоматизация для выполнения большого количества и с заданной точностью трудоёмких расчётов различных вариантов размещения антенных устройств и анализ их зависимостей от различных параметров их эксплуатации. Разработанная научно-техническая инженерная методика позволяет проводить расчёты для следующих радиотехнических систем: расчёт электрической напряженности (плотности потока мощности) электромагнитных полей, создаваемых РЭС с проволочными антеннами СЧ диапазона, со штыревыми антеннами ВЧ диапазона в ближней и дальней зоне, с вибраторными антеннами ОВЧ-УВЧ диапазона в ближней и дальней зоне, с антенными решётками УВЧ-СВЧ диапазона в ближней и дальней зоне, с апертурными антеннами УВЧ-СВЧ диапазона в ближней и дальней зоне. Результаты расчётов необходимы как исходные данные для оценки ЭМБ и для определения потенциально опасных зон с точки зрения влияния ЭМИ радиочастот на морском объекте для персонала, экипажа и пассажиров. Для поддержки принятия решения проблемы обеспечения ЭМБ был разработан автоматизированный программный комплекс для проведения моделирования электромагнитной обстановки, расчета уровней электромагнитных полей ВЧ-СВЧ диапазона, анализа экспериментальных данных и оценки электромагнитной безопасности на морских объектах. Особенности разработанного программного комплекса состоят в следующем: 1. За счёт использования экспериментально-аналитических математических моделей, основанных на данных натурных измерений, возрастает точность наиболее трудоёмких расчётов электромагнитных по-

лей ближней зоны без использования многоитеративных алгоритмов классической вычислительной электродинамики. 2. Автоматизированный комплекс моделирования позволяет рассчитывать электромагнитную обстановку на морских объектах для РЭС как радиолокационного, так и радиосвязного профилей в ближней и дальней зонах излучаемых электромагнитных волн, что позволяет функционально закончить спектр основных решаемых задач с точки зрения оценки электромагнитной безопасности для радиочастот СЧ-СВЧ диапазона. Используемая в автоматизированном комплексе моделирования база данных характеристик судовых радиоэлектронных средств (РЭС) содержит информацию по более чем 400 экземплярам морского оборудования, имеющемуся на рынке морского приборостроения, что обеспечивает максимально возможный охват эксплуатируемых и проектируемых морских объектов. Для апробации разработанного научно-методического и программного обеспечения была проведена расчётно-оценочная экспертиза электромагнитной безопасности на примере современных объектах отечественного судостроения: полупогружной морской буровой установкой (ППБУ) 6 поколения «Полярная звезда» и универсального атомного ледокола типа ЛК-60Я. Одной из аспектов проблемы электромагнитной безопасности на ППБУ является возможность воспламенения паров горючих жидкостей из-за интенсивного ЭМБ, создаваемого находящимися в непосредственной близости от контрольных (расчётных) точек РЭС и РЛС (радиолокационных станций). Для безопасности шельфовых работ и хранения углеводородного сырья необходимо проводить мониторинг уровней электромагнитных полей, а также обеспечить надлежащие условия содержания и защиты мест нахождения углеводородных соединений. Для проведения расчётно-оценочной экспертизы электромагнитной безопасности в отношении углеводородных соединений на ППБУ были использованы аналитические методы, были составлены таблицы, содержащие исходные данные по геометрическим и техническим характеристикам антенных постов излучающих РЭС. Результаты расчета были сведены в итоговую таблицу расчётной оценки средних и импульсных уровней парциальных и интегральных ЭМП и превышений предельно-допустимых уровней (ПДУ) ЭМП для каждого сочетания антенного поста РЭС и расчётной (контрольной) точки (КТ) проекта ППБУ. В результате исследований выявлено, что средний интегральный уровень и импульсный интегральный уровень ЭМП радиочастот на ППБУ при работе всех рассматриваемых РЭС во всех рассматриваемых КТ не превышает ПДУ. Таким образом для рассматриваемых условий риск воспламенения паров горючих жидкостей минимален. Для оценки ЭМБ на атомном

ледоколе в отношении персонала были использованы ПДУ согласно СанПиН 2.5.2/2.2.4.1989-06. Для проведения расчётно-оценочной экспертизы ЭМБ проекта ледокола использованы аналитические методы, составляющие основу расчётного ядра разработанного программного комплекса. Были составлены таблицы исходных данных, включающие в себя: состав антенных постов излучающих РЭС, их нумерацию на чертежах проекта ледокола, принадлежность к виду антенной группы, параметры фидерного устройства РЭС и параметры РЭС, необходимые для расчётной экспертизы ЭМБ; геометрическое расположение (высота расположения по вертикали, расстояние по горизонтали, азимут направления) КТ по отношению к рассматриваемым антенным постам РЭС. В результате выявлено, что пиковый уровень интегрального ЭМП при работе всех рассматриваемых РЭС для шести КТ превышает ПДУ. Для остальных КТ импульсный уровень интегрального ЭМП не превышает 52 процентов от ПДУ. Средний интегральный уровень электромагнитных полей радиочастот при работе всех рассматриваемых радиоэлектронных средств для трёх КТ превышает ПДУ, для одной КТ практически достигает ПДУ. Для каждого случая превышения ПДУ предложены практические организационно-технические рекомендации (снижение излучаемой мощности, смена рабочих частот излучения, увеличение высоты расположения антенного поста, применение специальных затеняющих-экранирующих надстроек) по снижению уровней ЭМП до допустимых.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанное научно-методическое обеспечение и его программно-алгоритмическая реализация по оценке ЭМБ на ТОМБ позволяет проводить расчёт рисков в отношении электромагнитного излучения радиочастотного диапазона при функционировании РЭС радиосвязного и радиолокационного профилей с наглядным отображением результатов в виде графиков, гистограмм и диаграмм по интересующим параметрам и способствовать информационной поддержке принятия решения по обоснованному применению организационных и технических решений задачи обеспечения ЭМБ на ТОМБ.

1. Лазарев Д.В., Горчакова Е.А. Научно-методическое обеспечение и аппаратно-программный комплекс оценки электромагнитной безопасности при функционировании объектов морской инфраструктуры // Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. – 2012 г. - №1 – С. 27-38.
2. Бурутин А.Г., Баллок Н.В., Кечиев Л.Н. Электромагнитные эффекты среды и функциональная безопасность радиоэлектронных систем вооружения // «Технологии электромагнитной совместимости»: Научно-технический журнал. – 2010, № 1 (32). – С. 3-27.