

УДК 629.5.052.3-52

ANALISIS OF INFLUENCE OF THE CONSTRUCTION OBSTACLES OF THE SHIP ON THE SCATTERING WAVE IN RADIOLOCATION

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПРЕГРАД СУДНА НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛНЫ В РАДИОЛОКАЦИИ

V. Dvoretzky, PhD, associate professor

В.А. Дворецкий, к.т.н., доцент

Odessa National Maritime Academy, Ukraine

Одесская Национальная Морская Академия, Украина

ABSTRACT

The article contains calculations for the assessment of the influence of the obstacles in the form of the constructive peculiarities of ship's architecture on the scattering of electric & magnetic waves out of receiving & transmitting antenna. The mathematical method was implemented to solve the equation on plane scattering wave from parabolical antenna when obstacles are available. The calculated near field resulted in spreading the far field and assessment of deviation of main maximum of directional diagram of transmitting antenna.

Keywords: experiment, radio-location bearing, authenticity, exactness of navigation parameter.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами

Системы автоматической радиолокационной прокладки, которыми оборудованы в настоящее время большинство судов, значительно повысили объем выдаваемой судоводителям цифровой и графической информации, улучшили контроль за местоположением и движением, как своего судна, так и других судов в окружающем пространстве. Однако судоводители сразу же столкнулись с проблемой оптимального объединения информации, получаемой от различных электронных систем, с учетом их точностных характеристик и ограничений (особенно – в процессе маневрирования судов). В заключениях по некоторым аварийным случаям прямо указывалось, что одна из причин аварий – избыточное доверие к единственному электронному средству и учет его ограничений [1].

ИМО в 2004 году приняты Резолюции MSC. 191(79) и MSC. 192(79) которые определяют современные общие стандарты для радиолокационного оборудования. Они конкретизируют требования, в том числе к определению и учету факторов, влияющих на точностные характеристики измеряемого навигационного параметра, одним из которых является радиолокационный пеленг. Таким образом стоит задача выявления, определения и учета отклонения пеленга от истинного значения.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Работы [2,5] посвящены причинам, способствующим появлению отклонений в навигационных параметрах радиолокационной станции (РЛС). В работе [3] представлены экспериментальные данные по определению радиолокационной девиации. В работе [4] рассмотрен вопрос применения различных методов оценки точности места судна полученного радиолокационным способом. Однако вопросы влияния конструктивных особенностей судна и их учет в процессе распространения радиоволны РЛС не рассматривались и не носили системного характера. Целью этой работы была численная оценка и систематизация величин и направлений таких отклонений в зависимости от размеров, расположения и количества объектов-помех.

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

При использовании РЛС нужно знать погрешности, вызываемые препятствиями, чтобы иметь возможность полноценно решать навигационные и иные задачи.

Произвести учет влияния конструкций судна на направление распространения электромагнитной волны РЛС теоретически невозможно из-за отсутствия корректных методов расчета поправок. Поэтому необходимы

экспериментальные исследования влияния судовых конструкций на работу станций, проведенные на полигоне или непосредственно на объектах. При этом возникает много трудностей, но для правильного размещения антенн РЛС на судах, приходится все же выполнять подобные работы.

С целью проверки используемой математической модели были проведены численные расчеты определения влияния объектов-помех в виде конструктивных деталей архитектуры судна на направление распространения радиоволн от приемо-передающей антенны. Методом конечных элементов было решено уравнение распространения плоской электромагнитной волны от параболической антенны при наличии объектов-помех. По рассчитанному таким образом ближнему полю была получена информация о параметрах дальнего поля и оценены поправки на отклонение главного максимума диаграммы направленности передающей антенны.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

Электромагнитную волну от приемо-передающей антенны можно считать плоской гармонической волной с определенным направлением поляризации [6]. В этом случае уравнения Максвелла, описывающие любые электромагнитные волны трансформируются в уравнения Гельмгольца[6]:

$$\begin{aligned} \nabla \times \left(\mu^{-1} \nabla \times \vec{E} \right) - \omega^2 \varepsilon \vec{E} &= 0 \\ \nabla \times \left(\varepsilon^{-1} \nabla \times \vec{H} \right) - \omega^2 \mu \vec{H} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

где \vec{E} и \vec{H} – напряженности электрического и магнитного полей,

ω – циклическая частота,

μ – магнитная проницаемость среды,

ε_c – комплексная диэлектрическая проницаемость среды распространения

$$\varepsilon_c = \varepsilon - i \frac{\sigma}{\omega}, \quad (2)$$

σ – проводимость среды.

Дифференциальное уравнение второго порядка в частных производных (1) было решено в Partial Differential Equation Toolbox среды Matlab. Произведен расчет параметров для каждой ячейки электромагнитного поля,

излучаемого антенной шириной 2 м мощностью 10 кВт с длиной волны 9 см, в области радиусом 20 м при наличии объектов-помех. Схема расчетной области показана на рис. 1. Граничные условия для решения уравнения (1) были выбраны такими: на границе 1 (рис. 1), которая соответствует ближней области излучения параболической антенны, напряженность и фаза электрического поля были выбраны постоянными. Величина напряженности электрического поля составляла 19,3 В/м и была рассчитана исходя из мощности сигнала излучаемого антенной. На остальных границах расчетной области были применены так называемые рассеивающие граничные условия, которые соответствуют прохождению волны через такие границы

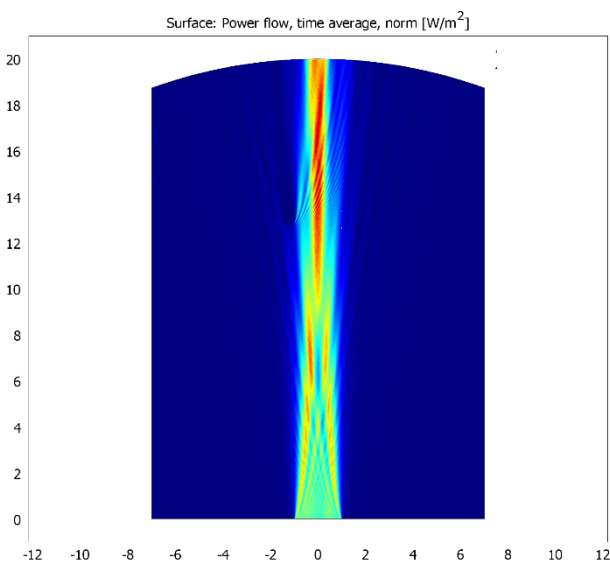


Рис. 1. Схема расчетной области ближнего поля антенны при наличии объекта-помехи.

без отражения, вне зависимости от угла распространения. При двумерных расчетах объект-помеха (например, мачта судна) был смоделирован как поглощающая сфера 3, рис.1 с высокой электрической проводимостью (10 см/м). Положение и размер этой проводящей сферы в расчетах варьировался. Для определения отклонения главного максимума излучения антенны рассчитывалось угловое распределение дальнего поля по напряженности и фазе поля на границе 2. Дальнее поле E_p рассчитывалось по формуле Стреттона-Чу

$$E_p = \frac{ik_0}{4\pi} r_0 \times \int \left[\vec{n} \times \vec{E} - \eta_0 \vec{r}_0 \times (\vec{n} \times \vec{H}) \right] \exp(ik_0 \vec{r} \cdot \vec{r}_0) dS, \quad (3)$$

где \vec{E} и \vec{H} – напряженности электрического и магнитного полей на определенной поверхности S вблизи антенны (на линии 2, рис. 1),

\vec{r}_0 – единичный вектор, направленный в точку дальнего поля p ,

\vec{n} – единичный вектор нормали к поверхности S ,

\vec{r} – радиус-вектор (не единичный) к поверхности S ,

k_0 – волновой вектор в свободном пространстве,

$\eta_0 = \sqrt{\mu_0 / \varepsilon_0}$ – импеданс свободного пространства.

Антенна расположена в начале координат, в то время как точка дальнего поля p находится на бесконечности с определенным угловым положением. Характерная картина распределения дальнего поля излучения при наличии помехи показана на рис. 2.

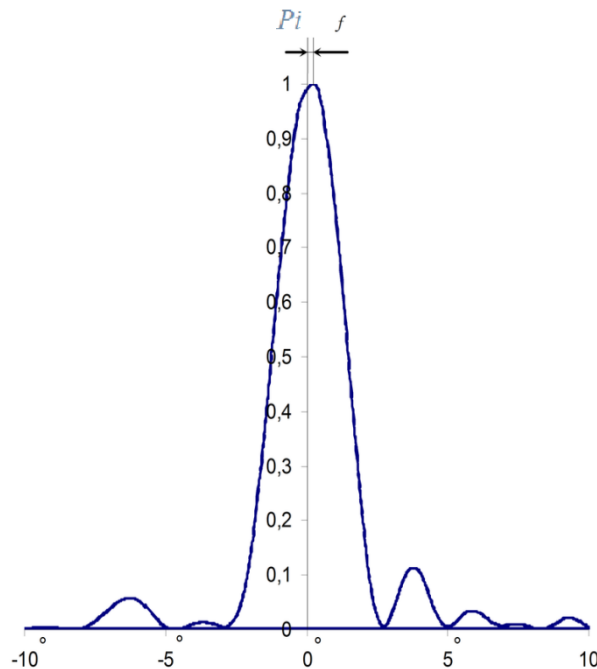


Рис. 2. Характерное распределение дальнего поля излучения антенны при размере помехи до 50 см: P_i – относительная величина излучаемой мощности антенны

Варьирование положения объекта-помехи проводилось следующим образом. Центр рассеивающей сферы последовательно помещался в различные точки сетки с ячейками 25 см по оси x и по оси o от центра антенны.

На рис. 3 показаны результаты расчетов углового отклонения центрального максимума излучения в зависимости от расстояния от антенны до центра помехи (вдоль оси антенны). Приведены расчеты для двух характерных значений расстояния от центра помехи до оси антенны: 0,5 м (кривая 1) и 1,25 м (кривая 2).

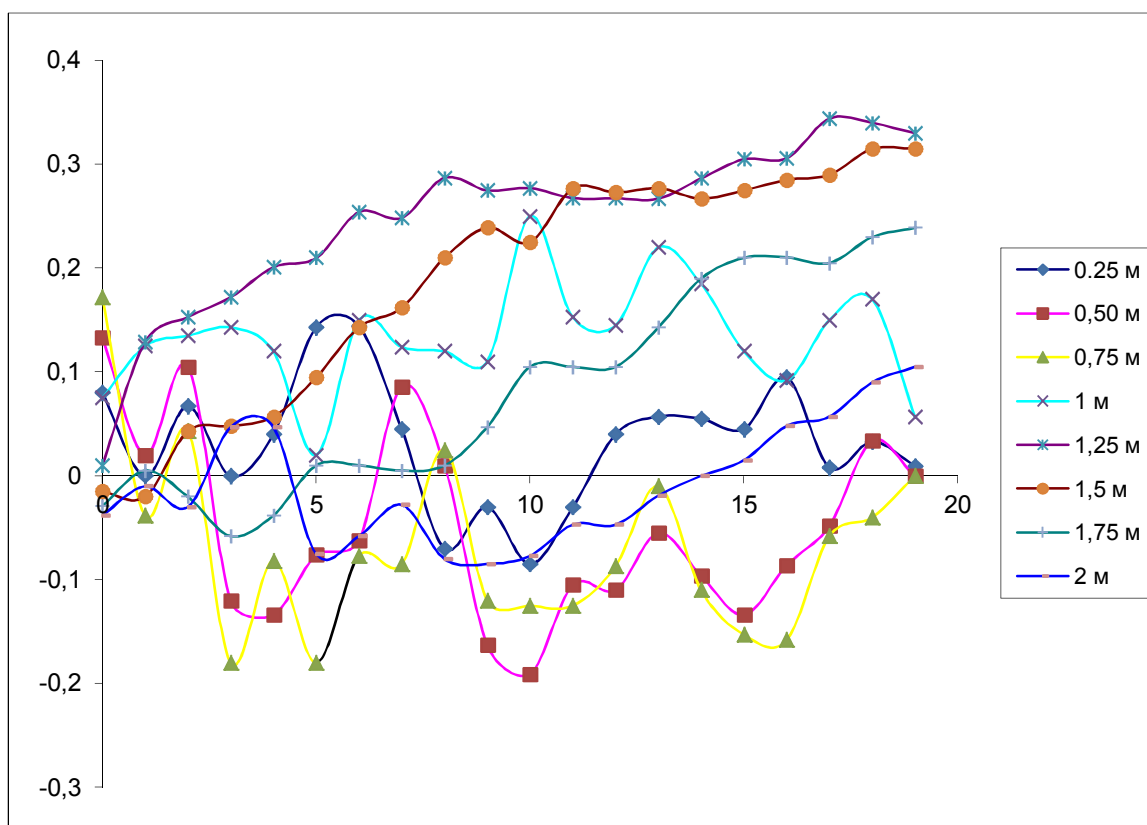


Рис.3. Графики углового отклонения центрального максимума излучения

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

Анализируя полученные кривые (и другие результаты расчетов, не показанные на рис. 3), можно сделать следующие выводы:

1. Если центр помехи находится ближе 1 м от центра антенны по оси x (кривая 1), направление отклонения центрального максимума дальнего поля может хаотически меняться в зависимости от положения помехи по оси y (т.е., например, помеха, находящаяся слева от центра антенны может создавать отклонения и в левую и в правую стороны). Однако, величины этих отклонений невелики, и при линейных размерах помехи до 50 см не превышают $0,15^\circ$.
2. Максимальные отклонения центрального максимума при наличии одной помехи размером до 50 см наблюдаются, когда помеха находится на расстояниях от 1 до 2 м от центра антенны по оси δ (кривая 2 на рис. 3), т.е. на пути распространения одного из вторых лепестков распределения поля излучения. При этом энергия поля перераспределяется между лепестками таким образом, что отклонение центрального максимума может достигать $0,5^\circ$. Направление такого отклонения в этом случае строго определено (если, например, помеха находится слева от оси антенны, то отклонение всегда будет вправо).
3. При наличии помех больших размеров или нескольких малых (до 50 см), высота центрального максимума становится меньше, чем высота одного из боковых, т. е. боковой максимум при приеме сигнала будет идентифицирован, как главный. При этом отклонение луча может достигать

нескольких градусов. Характерное распределение дальнего поля в этом случае (при наличии двух объектов помех) показано на рис.4.

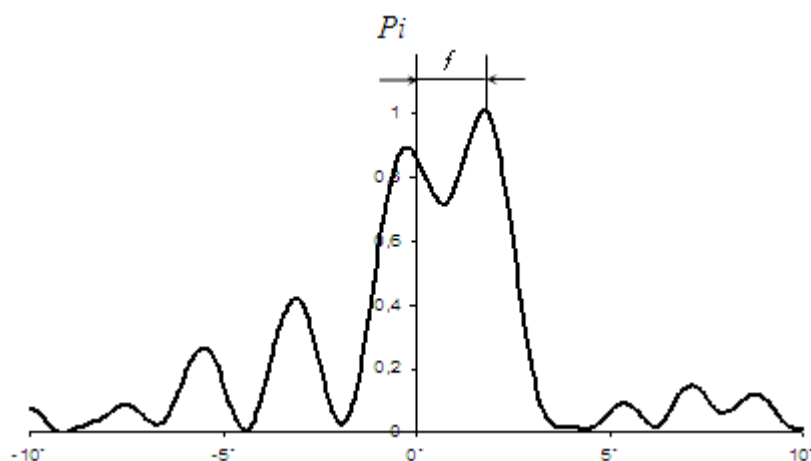


Рис. 4. Диаграмма направленности дальнего поля антенны

При проведении указанных исследований совершенно обязательно знание основных закономерностей, описывающих влияние судовых препятствий на работу радиолокационных станций, так как без этого невозможно добиться оптимального решения задачи.

Измерения непосредственно на объекте имеют тот существенный недостаток, что влекут за собой отрыв объекта от выполнения им его основных задач. Испытания на объекте, кроме того, не позволяют выявить роль различных искажений, создаваемых отдельными надстройками и мачтами. Такие испытания ограничивают возможность проверки различных вариантов установки антенн на судах и получения сравнительных данных, необходимых для оптимального решения поставленной задачи.

Результаты таких испытаний могут быть применимы только для судов одного типа. На судах же, имеющих иную архитектуру, приходится заново проводить испытания. Наконец, далеко не всегда экспериментальные исследования влияния судовых препятствий на работу радиолокационных станций могут быть проведены в реальных условиях. Очень часто еще в процессе проектирования возникает необходимость решить задачу о наиболее выгодном размещении антенн на судах. В этих случаях экспериментальные исследования могут быть проведены только на полигоне или на моделях.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Алексишин В. Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания / В. Г. Алексишин, Л. А. Козырь, С. В. Симоненко. – Одесса. : Фенікс; М.: ТрансЛит, 2009. – 518 с.
2. Байрашевский А. М. Судовые радиолокационные системы / А. М. Байрашевский, Н. Т. Ничипоренко. – М.: Транспорт. 1982 – 311 с.
3. Данцевич В. А. Радиолокационная проводка судна в узкостях / В. А. Данцевич, А. И. Шевченко, Д. И. Коваленко. – М.: Транспорт, 1984. – 79 с.

4. Кондрашихин В. Т. Определение места судна / В. Т. Кондрашихин. – М.: Транспорт, 1981. – 208 с.
5. Орлов Е. О. Использование автоматической идентификационной системы для оценки погрешности измерения пеленгов судовыми РЛС / Е. О. Орлов // Судовождение: Сборник научных трудов / Одесская национальная морская академия. – Одесса, 2007. – № 13. – С. 131–137.
6. Баскаков С. И. Электродинамика и распространение радиоволн / С. И. Баскаков. – М.: Высшая школа. 1992. – 416 с.