

УДК 629.5.052.3-52-049.5

THE CHARACTERISTICS AND STRUCTURE OF RADAR BEARING ERRORS

ХАРАКТЕР И СТРУКТУРА ПОГРЕШНОСТЕЙ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПЕЛЕНГА РЛС

Dvoretzky V. A., PhD, assistant professor

Дворецкий В.А., к.т.н., доцент

Odessa National Maritime Academy, Ukraine

Одесская Национальная Морская Академия, Украина

*Только тогда можно понять сущность вещей,
когда знаешь их происхождение и развитие.*

Аристотель

ABSTRACT

This paper defines the necessity of consideration of various errors of measured navigation parameters. It's shown in the paper that the accuracy of determining the object direction via radar station is influenced by range of systematic errors. Condition of theory of methods and means, setting of characteristics and structure of separate errors, give the opportunity for detailed research to be carried out with obtained results being systematized. Obtained classification introduces significant potential to increase resolution of technical means of navigation in the course of maneuvering.

Keywords: error, radar bearing, radar station.

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

По мере развития радиосвязи и радиолокации возникла необходимость изучить влияние препятствий, расположенных в непосредственной близости от антенн, на распространение радиоволн. Первоначально это было вызвано установкой на судах средств радиосвязи и радиопеленгаторов. Как показали исследования, корпус судна, мачты, надстройки и трубы, замкнутые контуры, образованные мачтами, оттяжками и антеннами, под воздействием внешнего электромагнитного поля создают поля обратного излучения, вызывающие искажения диаграммы направленности (ДН) антенн средств радиолокации, погрешности в пеленговании и «размытость» минимумов ДН у радиопеленгаторов. Эти вопросы впервые были рассмотрены академиком А. И. Бергом в разработанной им теории девиации судового радиопеленгатора [1].

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

Внешние погрешности обусловлены влиянием на ДН антенны судовой РЛС различных судовых конструкций (препятствий), внутренние – связаны с несовершенством системы передачи курсового угла антенны на индикатор кругового обзора. Указанные погрешности составляют девиацию судовых радиолокационных станций (РЛС). Пренебрежение радиолокационной девиацией может дать погрешность до $2-3^\circ$ [2, 3, 4, 5].

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

Проблема влияния препятствий, расположенных в непосредственной близости от антенн, на распространение радиоволн вновь приобрела актуальность в связи с установкой на судах высокоточных РЛС. Судовые препятствия, находящиеся вблизи антенны РЛС и попадающие в зону ее облучения, искажают поле антенны и влияют на работу РЛС. Это приводит к изменению ряда эксплуатационных характеристик РЛС и, как следствие, вызывает погрешности в измерении радионавигационных параметров. На результаты измерений радиолокационных направлений оказывают влияние систематические погрешности, которые можно подразделить на внешние и внутренние.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

Условно возможно систематизировать и охарактеризовать источники погрешностей в отображении конечных результатов на экране автоматизированного радиолокационного устройства. К погрешностям, влияющим на точность данных систем автоматизированной радиолокационной прокладки (САРП), можно отнести нижеследующие (рис. 1), причем каждая из них вносит свой вклад в величину поправки за радиолокационную девиацию (РЛД).

Погрешности периферийных приборов РЛС, гироскопа и лага, поставляющих данные в САРП, будут служить причиной возникновения отклонений в выходной информации САРП. К этому надо добавить приборные погрешности по пеленгу и дистанции, которые остаются постоянными или почти постоянными во время развития ситуации сближения. К ним, например, относится постоянная погрешность гироскопа в несколько градусов, которая хоть и введет погрешность в истинный курс сопровождаемого объекта, но не будет влиять на определение опасности столкновения, т. е. на относительный курс объекта, поскольку оказывает одинаковое воздействие как на параметры собственного судна, так и на параметры сопровождаемого объекта.

Если на объект воздействует бортовая и килевая качка, а также наблюдается «рыскание», то центр его радиолокационного отражения будет постоянно перемещаться вдоль всей длины судна.

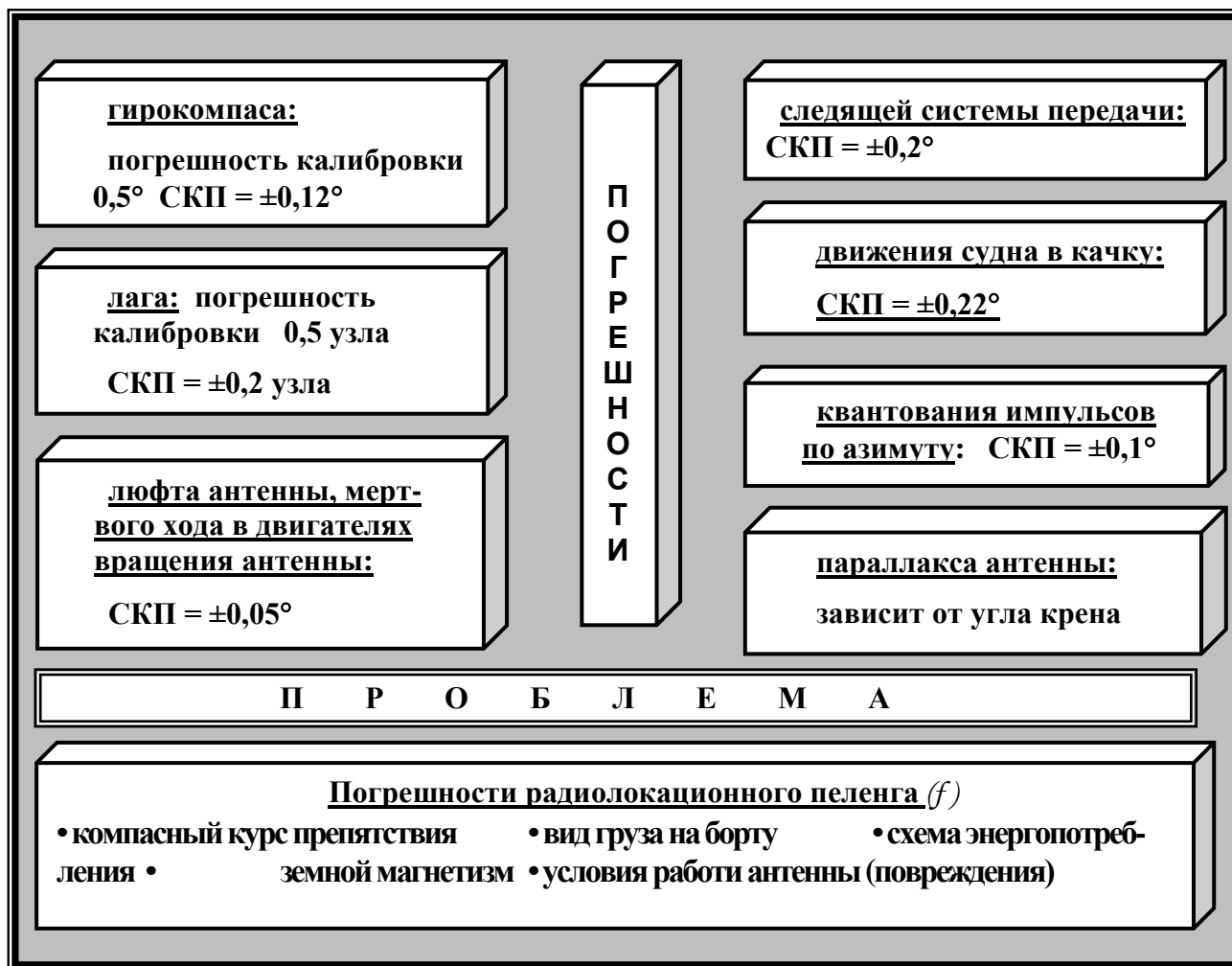


Рис. 1. Группы погрешностей радиолокационного пеленга РЛС

Погрешности пеленга становятся причиной появления ложных позиций, наблюдаемых с каждой стороны линии относительного перемещения другого судна, которые приводят к погрешностям в определении ЛОД (линии относительного движения) и $D_{кр}$ (кратчайшей дистанции расхождения). Погрешность в определении $D_{кр}$ можно определить, воспользовавшись следующими соотношениями, вытекающими из рис. 2 [7].

Использованы два измерения координат цели в точках A_1 и A_n , причем для простоты рассмотрен только случай опасного сближения, когда разность пеленгов $\Pi_1 - \Pi_n = \Psi$ мала.

Из подобия треугольников A_1A_nB и OA_nC следует

$$D_{кр} / A_nB = OA_n / A_1A_n. \quad (1)$$

Но $OA_n = D_n$, т. е. дальность при втором измерении, $A_nB = D_n\Psi$, т. е. линейное смещение соответствующее изменению пеленга, $A_1A_n = d$, т. е. относительное перемещение цели (по ЛОДу).

Следовательно, выражение (1) принимает вид

$$D_{\delta\delta} = \frac{D_n^2\Psi}{d}. \quad (2)$$

Для оценки погрешности $D_{кр}$, найдем его дифференциал как

$$d(D_{\hat{\delta}}) = \frac{D_n^2}{d} \left(\partial\psi - \frac{\psi}{d} \partial d + \frac{2\psi}{D_n} \partial D_n \right). \quad (3)$$

Первый член выражения (3) имеет наибольший вес в общей погрешности определения $D_{кр}$.

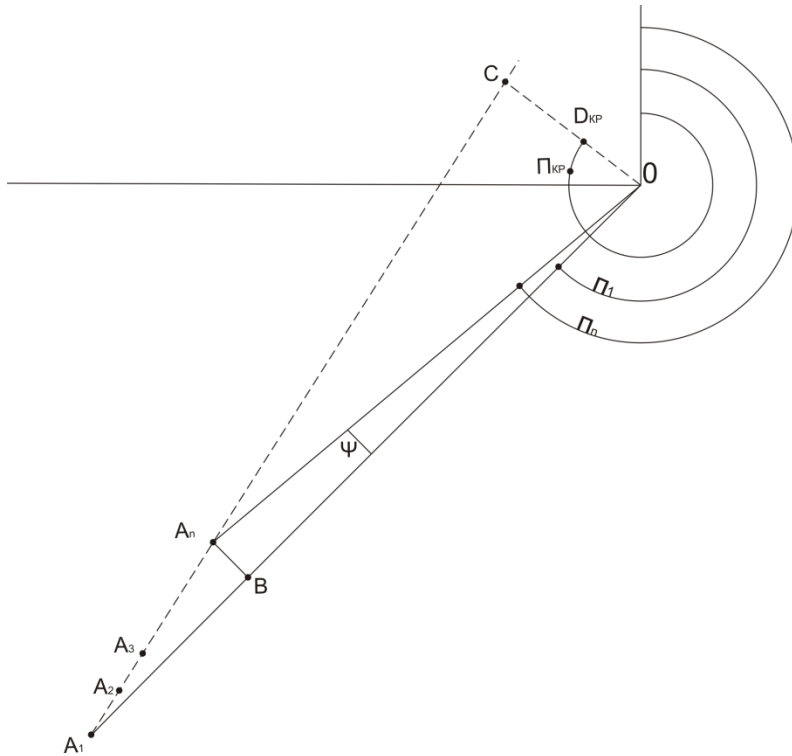


Рис. 2. Геометрические соотношения ситуации сближения судов встречными курсами

Рассмотрим пример применения формул (2) и (3) для случая опасного сближения судов, когда $D_n = 12$ мили, $d = 1,5$ мили, $\Psi = 1^\circ$. Примем погрешность измерения пеленга $\partial\Psi = 1^\circ$, дальности $\partial D_n/D_n = 1\%$, относительного перемещения $\partial d/d = 1\%$. Тогда $D_{кр} = 1,7$ мили, а $d(D_{\hat{\delta}}) = 96 (17,5 - 0,175 + 0,35) \cdot 10^{-3} = 1,69$ мили. Таким образом, при заданных погрешностях измерений погрешность в определении $D_{кр}$ равна измеренному значению $D_{кр}$. Для повышения точности измерения $D_{кр}$ должно быть увеличено время наблюдений и (или) уменьшена погрешность измерения пеленга. Уже при $\partial\Psi = 0,5^\circ$ величина $d(D_{\hat{\delta}}) = 0,84$ мили.

На точность передачи углов поворота антенны сказывается наличие различных люфтов и мертвых ходов, появляющихся со временем в приводах вращения, а также в следящих системах передачи угла поворота антенны. Воздействие ветровых нагрузок, а также различных аэродинамических сил на вращающуюся антенну приводит к тому, что все эти узлы постепенно

изнашиваются и между их зубчатыми сочленениями образуются люфты, что в свою очередь приводит к появлению мертвых ходов, которые и вызывают появление погрешностей в передаче углов поворота антенны.

Движение и качка собственного судна вызывают наклонение оси вращения антенны, установленной на нестабилизированной платформе. Когда судно кренится на угол T возникает погрешность пеленга равная - $(1/2 T^2 \sin \dot{I} \cos \dot{I})$ [6], где P – пеленг на объект. При $P = 45^\circ$ и бортовой качке $7,5^\circ$ на оба борта погрешность пеленга имеет максимальное значение $0,25^\circ$. Угловая погрешность носит синусоидальный характер и изменяется во времени с периодом, равным периоду бортовой качки судна.

Во всех САРП пеленгование объектов производится по центру отметок их эхосигналов, воспроизводимых на экране. Если диаграмма направленности антенны имеет асимметричный характер, то в зависимости от интенсивности эхосигнала его видимое положение может несколько измениться, что внесет определенные погрешности в производимые измерения. На практике погрешности, вызванные этим явлением, могут иметь достаточно большие значения. При большой интенсивности эхосигнал может приниматься антенной станции не только по ее основному лепестку диаграммы направленности, но и по боковым лепесткам, которые, как правило, всегда асимметричны основному лучу. Это значительно усложняет процесс пеленгования и способствует появлению погрешностей в производимых измерениях. Для уменьшения влияния этого явления во многих РЛС и САРП применяются специальные технические решения.

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

С целью повышения точности выработки навигационного параметра необходимо и достаточно установить, определить и в дальнейшем разработать методику и способы устранения или учета влияния внешних факторов на РЛД. Факторами такого рода для теоретических и экспериментальных исследований выделены: влияние препятствий (обуславливается архитектурой судна), вида груза на борту (влияние дополнительного электромагнитного поля), схемы энергопотребления (переменного и постоянного токов), земного магнетизма, условий работы антенны (повреждений), погрешности от которых не нашли своего отражения. В настоящее время модель отображения навигационной информации необходимо дополнить, в первую очередь, визуальным отображением действующих значений РЛД в районе плавания для текущих условий перемещения судна. Это позволит создать наиболее благоприятные условия для минимизации погрешностей обсерваций и параметров движения целей, а также при принятии ответственного решения на маневрирование для обеспечения безопасного расхождения и предотвращения аварийных ситуаций. Решение данной проблемы представляется возможным за счет создания компьютерной программы автоматизированного учета РЛД, математически правильно учитывающей выше обоснованные факторы влияния на навигационный параметр.

Таким образом, открывается перспектива направления дальнейших научных исследований на совершенствование методов определения и эффективного использования РЛД в процессе обнаружения и сопровождения целей по данным РЛС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг А. И. Девиация судового радиопеленгатора / А. И. Берг // Морской сборник. – 1926. – №8,9. – С. 173–206.
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 / Кондрашихин В. Т. – 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. Боул А. Г. Пособие по использованию средств автоматической радиолокационной прокладки / А. Г. Боул, К. Д. Джоунз ; [пер. с англ. под редакцией И. И. Кирьянова]. – Л. : Судостроение, 1986. – 128 с.
7. Зурабов Ю. Г. Судовые средства автоматизации предупреждения столкновений судов / Ю. Г. Зурабов, Р. Н. Черняев, Е. В. Якшевич, В. Я. Яловенко. – М. : Транспорт, 1985. – 264 с.