

УДК 656.61.052

ON THE LINES OF POSITION CROSSING ANGLE**К ВОПРОСУ ОБ УГЛЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЛИНИЙ
ПОЛОЖЕНИЯ****A.M. Vedernikov**, assistant, **A.V. Aleksishin**, PhD, associate professor**А.М. Ведерников**, ассистент, **А.В.Алексишин**, к.т.н., доцент*Odessa National Maritime Academy, Ukraine**Одесская Национальная Морская Академия, Украина***ABSTRACT**

When sailing a navigator has to know ship's position at any point of time and evaluate its accuracy. To obtain a position fix he faces the task of choosing reference points, which provide the effective accuracy in prevailing conditions. This article is aimed at developing the optimal reference points' selection algorithm.

Key words: lines of position, ship's position, position.

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

В процессе управления судном судоводитель обязан знать его позицию на любой момент времени и оценивать его точность [1]. Для определения места судна перед ним стоит задача выбора ориентиров, которые обеспечат заданную точность исходя из условий плавания, задач, которые решает судно, или требований стандартов рекомендаций МАМС [7]. Точность обсерваций может быть рассчитана по известным формулам [2-6], однако для достижения требуемой точности обсерваций с использованием изолиний навигационного параметра рекомендаций, кроме как «угол их пересечения должен быть ближе к 90° », не приводится.

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

В литературе вопросы оценки точности обсерваций представлены достаточно широко [2-6]. Однако конкретных предложений штурману по выбору ориентиров для измерения навигационных параметров с тем, чтобы точность места была в заданных границах не приводится. В данной статье делается попытка разработки такой схемы действия штурмана при определении места судна.

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

Целью данной статьи является определение критерия для выбора оптимальных ориентиров, которые обеспечат заданную точность определения места судна в море по изолиниям навигационного параметра (линиям положения) независимо от способа обсервации.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

Для определения места судна по двум линиям положения необходимо измерить два навигационных параметра и на карте проложить соответствующие линии положения. Пересечение линий положения даст нам обсервованную точку, которая будет являться центром окружности, радиус которой равен значению средней квадратической погрешности (M_0). Внутри этой окружности место судна находится с вероятностью 68,3%.

В общем случае M_0 может быть рассчитана по формуле

$$M_0 = \frac{1}{\sin\theta} \sqrt{m_{\text{лп1}}^2 + m_{\text{лп2}}^2}, \quad (1)$$

где $m_{\text{лп1}}$ и $m_{\text{лп2}}$ - средние квадратические погрешности первой и второй линий положения.

Значения $m_{\text{лп1}}$ и $m_{\text{лп2}}$ зависят, в первую очередь, от величины средней квадратической погрешности измерения навигационного параметра m_U , а во вторую очередь от градиента навигационного параметра g .

Предельные значения точности обсерваций могут определяться исходя из рекомендаций МАМС (например, в прибрежных водах: $R_{95} = 2M_0 \leq 2,5 \text{ каб}$), условий плавания в конкретном районе или решаемыми задачами.

Если со значениями величин погрешностей все ясно и их значения приведены в различных справочниках и учебниках по навигации, то с выбором ориентиров, а значит и углов пересечения линий положения, вопрос остается открытым.

Существующие рекомендации с выбором ориентиров, когда добиваются пересечения линий положения под углом близким к 90° , не являются исчерпывающими. Было бы полезным судоводителю предоставить методику такого выбора, для чего обратимся к следующим рассуждениям.

Независимо от способа обсерваций покажем в таблице безразмерную зависимость точности определения места судна от угла пересечения линий положения θ для соотношения

$$m_{\text{лп1}}/m_{\text{лп2}} = 1, m_{\text{лп1}}/m_{\text{лп2}} = 1,5, m_{\text{лп1}}/m_{\text{лп2}} = 2, m_{\text{лп1}}/m_{\text{лп2}} = 3.$$

Таблица 1. Безразмерный показатель точности определения места судна

Угол θ	$m_{\text{лп1}}/m_{\text{лп2}} = 1$	$m_{\text{лп1}}/m_{\text{лп2}} = 1,5$	$m_{\text{лп1}}/m_{\text{лп2}} = 2$	$m_{\text{лп1}}/m_{\text{лп2}} = 3$
	M_o	M_o	M_o	M_o
10°	8,29	10,58	13,17	18,58
20°	4,15	5,29	6,59	9,29
30°	2,82	3,6	4,48	6,32
40°	2,2	2,81	3,49	4,93
50°	1,83	2,34	2,91	4,11
60°	1,62	2,07	2,58	2,63
70°	1,5	1,91	2,37	3,35
80°	1,42	1,82	2,26	3,19
90°	1,41	1,8	2,24	3,16

Как видно из таблицы 1 такая безразмерная величина принимает значения в пределах от 1,41 до 18,58 в зависимости от угла пересечения линий положения и соотношения средних квадратических погрешностей линий положения. Эти результаты справедливы для следующих способов обсерваций: два визуальных (радиолокационных) пеленга, две радиолокационные дистанции, по импульсно-фазовым РНС («Лоран-С», «Чайка», «Марс-75», «Брасс») или комбинированными способами, когда линии положения не будут равноточными.

Теперь, в качестве примера, рассчитаем значения средних квадратических погрешностей линий положения при $m_{\text{лп1}}/m_{\text{лп2}} = 1$, которые в зависимости от угла их пересечения, обеспечат нам среднюю квадратическую погрешность, например, $M_o = 15$ м или $M_o = 25$ м. Такие расчеты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения средних квадратических погрешностей линий положения

θ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80	90°
Значения $m_{\text{лп}}$ (м) для $M_o = 15$ м	1,8	3,62	5,32	6,82	8,18	9,24	10,04	10,53	10,64
Значения $m_{\text{лп}}$ (м) для $M_o = 25$ м	3,01	6,03	8,87	11,37	13,64	15,42	16,73	17,55	17,73

Полученные результаты показывают, что для того чтобы обеспечить заданную среднюю квадратическую точность плавания, например $M_o = 15$ м или $M_o = 25$ м, при разных углах пересечения линий положения погрешность линии положения должна быть такой, как показано в таблице. Данные получены для равноточных линий положения, ожидаемые значения которых могут быть предварительно просчитаны.

Если значения погрешностей линий положения превышают значения, приведенные в таблице, то не может быть достигнута заданная точность плавания.

В практическом судовождении, на самом деле, задача формулируется иначе. Судоводителю требуется обеспечить заданную точность на определенном участке

пути, например $M_o = 15$ м. Чтобы убедиться в достижении такой возможности необходимо предварительно рассчитать ожидаемые погрешности линий положения (пример показан в табл. 3 для $m_{\text{лп}} = 9,25$ м), Затем выбираются ориентиры с необходимым углом пересечения линий положения. Приведенная ниже табл. 3 дает ответ на поставленную задачу, который заключается в том,

Таблица 3. Расчет средней квадратической погрешности наблюдений в зависимости от θ

θ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80	90°
$M_o = 15$ м	76,8	38,34	26,08	20,34	16,95	15,00	13,82	13,17	13,04

что нами должны использоваться линии положения с углом пересечения в пределах $60^\circ \div 90^\circ$ для обеспечения плавания с точностью $M_o = 15$ м.

Таким образом, для обеспечения плавания с заданной точностью по маршруту необходимо выполнить следующее:

- предварительно на стадии планирования рейса рассчитать ожидаемые средние квадратические погрешности линий положения (для разных способов наблюдений);
- по формуле (1) с учетом предварительной оценки погрешности линии положения рассчитать M_o для различных углов пересечения линий положения;
- выбрать ориентиры таким образом, чтобы обеспечить определение места с заданной точностью плавания.

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

В статье приведены рекомендации по выбору оптимальных ориентиров для определения места судна в процессе перехода.

При этом, ориентиры должны быть подобраны на стадии планирования морского перехода.

Показано, что оптимальная точность наблюдения может быть достигнута, когда угол между линиями положения на ориентиры близок к прямому.

Результаты данной работы могут быть использованы при практическом планировании перехода и в учебном процессе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резолюция ИМО А.953(23)-2003 «Глобальные радионавигационные системы».
2. Красавцев Б.И. Мореходная астрономия: Учебник (для вузов) — 3-е изд., перераб. и доп. / Б.И. Красавцев. - М.: Транспорт. 1986. - 255 с.
3. Определение места судна. 2-е изд., перераб. и доп. / В.Т. Кондрашихин. - М.: Транспорт. 1989. - 230 с.

4. Рыбалтовский Н.Ю. Математическая обработка задач судовождения: Учебное пособие / Н.Ю. Рыбалтовский. — Л.: Морской транспорт. 1959. - 191 с.
5. Кондрашихин В.Т. Теория ошибок и её применение к задачам судовождения: Монография / В.Т Кондрашихин. - М.:Транспорт. 1969.- 256 с.
6. Алексишин В.Г. Практическое судовождение: учебн. пособ./ В.Г. Алексишин, В.Т. Долгочуб// Одесская национальная морская академия.- 4-е изд., испр. и доп. - О.: Феникс, 2011. - 376с.
7. IALA AIDS TO NAVIGATION GUIDE (NAVGUIDE)/Navguide-2010 Edition -224 p.