

УДК 621.396

С.Е. Ломоносов¹, И.В. Колежнюк², А.Н. Клименко³¹ Центр контроля космического пространства, Евпатория² Севастопольский военно-морской лицей, Севастополь³ Национальный технический университет "ХПИ", Харьков

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ НАХОЖДЕНИЯ КОРАБЛЯ В ЗАДАННОЙ ПОЛОСЕ ДВИЖЕНИЯ

Одной из причин происшествий являются ошибки в решении задач определения местоположения объектов или необнаруженные сбои в работе навигационных систем. В настоящее время широкое применение получили космические навигационные системы, особенностью эксплуатации которых является учет влияния эффектов среды распространения радиоволн, почему и выдвигается ряд требований по оценке достоверности определения местоположения объектов. Вследствие чего в предлагаемой статье предложен метод определения достоверности координатной информации в процессе судовождения, одним из основных показателей которой является вероятность нахождения корабля в заданной полосе движения.

Ключевые слова: средства судовождения, навигационные системы, местоположение судна.

Введение

Современные технические средства кораблевождения, основой которых являются навигационные комплексы, рассчитаны на выработку основных навигационных данных – курса, скорости корабля и его координат различными методами и с помощью различных навигационных систем. Измеренная информация подвергается комплексной автоматизированной математической обработке, в результате которой определяются наиболее точные навигационные данные. При этом возникает возможность контроля случайности разброса выработанных одноименных навигационных величин и выявление грубых ошибок, которые являются следствием влияния различного рода природных и технических факторов.

Анализ литературы. Анализ показал, что решение вероятностно-статистических задач (в том числе и задач оценки навигационной безопасности плавания) в настоящее время автоматизировано не в полной мере [1]. В этих условиях контроль соответствия одноименных навигационных величин и выявление ошибок остается одной из важнейших задач, от правильности решения которых зависит эффективность обеспечения безопасности плавания.

Целью статьи является разработка метода расчета вероятности нахождения корабля в заданной полосе движения с учетом условий судовождения, маневренных качеств корабля и функционирования космических навигационных систем (КНС).

Раздел основного материала

Основой выявления ошибок и решения навигационных задач, непосредственно связанных с точностью и надежностью кораблевождения, является выявление достоверности навигационной информации [1, 2]. Вероятность достоверного определения положения корабля в заданной (установленной) полосе

движения или на фарватере зависит от ширины полосы, среднеквадратической погрешности определения места, маневренных качеств корабля и от гидрометеорологических факторов, вызывающих снос корабля под действием ветра и течения [1]. Основу определения координат объекта в свою очередь составляют данные КНС, качество функционирования которых во многом зависит от степени влияния среды распространения радиоволн (РРВ) [3]. При расчете вероятности нахождения корабля в пределах фарватера будем исходить из следующих начальных условий:

- случайные линейные погрешности места корабля, направленные по перпендикуляру к оси фарватера и по его оси, подчиняются нормальному закону распределения, а систематические погрешности в оценке места корабля либо отсутствуют, либо учтены заблаговременным вводом поправок;

- в качестве приближенной модели плановой формы корпуса корабля будем принимать прямоугольник, описывающий габаритную конфигурацию корабля и имеющий размеры L (длина корабля) и B (ширина корабля);

- геометрический центр корабля определяется радиотехническим комплексом КНС и совпадает с местом штурманской рубки.

Корабль следует по фарватеру, шириной F (рис. 1) и суммарным углом сноса c . Линия пути корабля параллельна направлению оси фарватера. Отстояния l наиболее удаленных от линии пути габаритных точек корабля A и D при принятом условии одинаковы и равны

$$l = 0,5B' = 0,5(L \sin c + B \cos c), \quad (1)$$

где B' – действующая ширина корабля.

Точка O смещена относительно оси фарватера и находится от ближайшей границы фарватера на расстоянии, равном d . Точность положения точки O характеризуется средним квадратическим эллипсом

с радиус-вектором, равным средней квадратической погрешности σ , которая, в свою очередь, зависит от вероятности правильного приема сигнала радиотехнического комплекса (РТК) КНС ($P_{\text{ош}}$), находящегося на борту корабля.

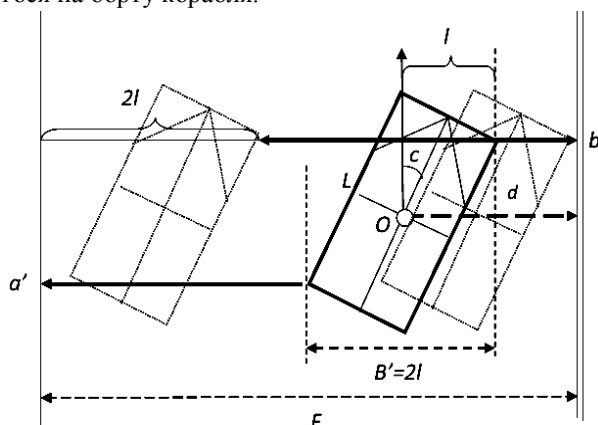


Рис. 1. К определению местоположения корабля в заданном фарватере движения

Известно, что вероятность ошибки приема сигналов в радиотехнических средствах $P_{\text{ош}}$ определяется [4] выражением

$$P_{\text{ош}} = (1/2) \cdot \exp(-h_0^2/2), \quad (2)$$

где h_0^2 – входное отношение E_r/N_0 , которое соответствует отношению мощностей сигнала и помехи на выходе приемника $h_0 = E_r/N_0 = (P_c/P_{\text{п}})_{\text{вых}}$.

Очевидно, что влияние поглощения в ионосфере и их рефракция приводят к возрастанию $P_{\text{ош}}$ вследствие уменьшения входного отношения h^2 по сравнению с обеспечиваемым h_0^2 при идеальном РРВ.

Из результатов исследований [5] известно, что вероятность ошибки сигнала в КНС определяется соотношением

$$P_{\text{ош}} = \frac{\gamma^2 + 1}{\eta_{\text{чсз}} \bar{h}_0^2 + 2(\gamma^2 + 1)} \exp\left[-\frac{\eta_{\text{чсз}} \gamma^2 \bar{h}_0^2}{\eta_{\text{чсз}} \bar{h}_0^2 + 2(\gamma^2 + 1)}\right]. \quad (3)$$

где γ^2 определяет соотношение флуктуационной и регулярной составляющих коэффициента передачи РТК по мощности, $\gamma^2 = \alpha^2/2\sigma_b^2$; $\eta_{\text{чсз}}$ – коэффициент частотноселективных замираний. Тогда СКО можно

рассчитать как $\sigma = \sqrt{D[O]} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - m_0)^2 P_{\text{ош}i}}$,

где $D[O]$ – дисперсия измеренной координаты, а m_0 – математическое ожидание.

Допустимая максимальная погрешность точки А по направлению к левой кромке фарватера будет та, при которой наиболее близкая к этой кромке габаритная точка D не выйдет за границу фарватера. Такой погрешностью является погрешность D1.

Допустимая максимальная погрешность точки А по направлению к правой кромке фарватера равна

ее расстоянию до этой кромки, т.е. D2. Искомая вероятность нахождения корабля в пределах фарватера равна вероятности появления максимально допустимых погрешностей D1 и D2.

Приняв за центр распределения линейных случайных погрешностей, действующих в поперечном направлении, точку А, вероятность появления погрешностей, не превышающих допустимых значений D1 и D2, находится с помощью суммы интегралов вероятности

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\int_0^{z1} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx + \int_0^{z2} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx \right], \quad (4)$$

где $z1 = D1/\sigma$ и $z2 = D2/\sigma$ – нормированные допустимые погрешности.

Из рис. 1 следует: $D1 = F - d - l$, $D2 = d - l$. Поэтому $z = (F - d - l)/\sigma$ и $z2 = (d - l)/\sigma$. Каждый из интегралов формулы (4) может быть решен с помощью табулированной функции Лапласа, соответствующей интегралу вероятностей с пределами от 0 до нормированной допустимой погрешности z (в данном случае $z1$ и $z2$) и с множителем перед знаком интеграла $2/\sqrt{2\pi}$.

При использовании этих таблиц формула (4) принимает вид

$$P = 0,5 \left[\Phi((F - d - l)/\sigma) + \Phi((d - l)/\sigma) \right]. \quad (5)$$

Формулы (4) и (5) выражают вероятность нахождения корабля в пределах ширины фарватера с учетом состояния ионосферы на момент исчисления района позиционирования.

Выводы

Таким образом, разработанный метод оценки вероятности нахождения корабля в заданной полосе движения позволяет учитывать особенности функционирования космических навигационных систем и использования их при кораблевождении.

Список литературы

1. Груздев Н.М. Навигационная безопасность плавания / Н.М. Груздев. – С-Пб.: ГУНиО МО РФ, 2002. – 223 с.
2. Навигация: учебник для ВУЗов; 3-е изд., перераб. и доп. / Ю.К. Баранов, М.И. Гаврюк, В.А. Логиновский, Ю.А. Песков. – С-Пб.: Издательство Лань, 1997. – 512 с.
3. Солодовников Г.К. Распространение радиоволн в многомасштабной неоднородной ионосфере / Г.К. Солодовников, В.И. Новожилов, М.Н. Фаткуллин. – М.: Наука, 1990. – 200 с.
4. Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоприборов / Л.С. Гуткин. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
5. Ломоносов С.Е. Прогнозирование помехоустойчивости радиотехнических систем в условиях возмущения ионосферы / С.Е. Ломоносов, Д.П. Пашков // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ПС, 2007. – Вып.4 (62). – С. 91-93.

Поступила в редколлегию 11.09.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, ДП «Центральный НИИ навигации и управления», Киев.

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ ІМОВІРНОСТІ ЗНАХОДЖЕННЯ КОРАБЛЯ В ЗАДАНІЙ СМУЗІ РУХУ

С.Є. Ломоносов, І.В. Колежнюк, А.М. Клименко

Однією з причин випадків є помилки у вирішенні завдань визначення місця розташування об'єктів або невиявлені збоїв в роботі навігаційних систем. В даний час широке застосування отримали космічні навігаційні системи, особливістю експлуатації яких є врахування впливу ефектів середовища поширення радіохвиль, через що і висувається ряд вимог з оцінки достовірності визначення місця розташування об'єктів. Унаслідок чого в статті запропонований метод визначення достовірності координатної інформації в процесі судноводіння, одним з основних показників якої є імовірність знаходження корабля в заданій смузї руху.

Ключові слова: засоби судноводіння, навігаційні системи, місцезонавання судна.

DEVELOPMENT OF ESTIMATION METHOD OF PROBABILITY OF FINDING OF SHIP IS IN THE SET STRIPE OF MOTION

S.E. Lomonosov, I.V. Kolezhnuk, A.N. Klimenko

One of reasons of cases there are errors in the decision of tasks of location of location of objects or undiscovered failures in-process navigation systems. Presently wide application was got by space navigation systems, the feature of exploitation of which is an account of influence of effects of environment of distribution of radio waves, from what the row of requirements is pulled out from the estimation of authenticity of location of location of objects. As a result of what in the article the offered method of determination of authenticity of co-ordinate information in the process of navigator, one of basic indexes of which there is probability of finding of ship in the set stripe of motion.

Keywords: facilities of navigator, navigation systems, sites of ship.