

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ

УДК 681.586.2

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ УЧЕТА ДЕВИАЦИИ МАГНИТНОГО КОМПАСА

Мелешко В. В., Нелепов В. А., Курлович О. В.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина

Рассматривается точность известной формулы описания остаточной магнитной девиации. Показано, что при крене и дифференте судна формула дает значительные ошибки. Приведены примеры оценок ошибки для различных углов ориентации судна и различном географическом положении. Предлагается вычисление магнитной девиации по другой формуле, содержащей компоненты магнитного поля объекта, описываемые моделью Пуассона. Такая формула дает более точную оценку девиации, зависящую лишь от точности определения параметров магнитного поля судна

Ключевые слова: магнитный компас, магнитная девиация, магнитные параметры Пуассона.

Введение

На любом современном судне есть магнитный или индукционный компас. На него действует не только магнитное поле Земли (МПЗ), но и магнитное поле судна, что приводит к ошибке, называемой магнитной девиацией.

Девиация компаса на судне уничтожается по соответствующим методикам, а остаточная девиация учитывается по известной формуле [1]. Точность учета магнитной девиации, в основном, определяет точность магнитного или индукционного компаса. В статье оценивается точность расчетов девиации по известной формуле и рассматривается возможность использования другой зависимости с целью повышения точности учета магнитной девиации.

Постановка задачи

Полное магнитное поле объекта описывается моделью Пуассона:

$$\begin{aligned} X' &= X + aX + bY + cZ + P; \\ Y' &= Y + dX + eY + fZ + Q; \\ Z' &= Z + gX + hY + kZ + R; \end{aligned} \quad (1)$$

где X', Y', Z' - проекции вектора напряженности суммарного магнитного поля на оси, связанные с объектом; X, Y, Z - составляющие вектора напряженности МПЗ; a, b, c, \dots, k - параметры Пуассона, характеризующие влияние магнитомягкого железа; P, Q, R - проекции напряженности магнитотвердого железа.

Остаточная девиация магнитного компаса рассчитывается по формуле:

$$\delta = A + B \sin K_k + C \cos K_k + D \sin 2K_k + E \cos 2K_k, \quad (2)$$

где $\delta = K_k - K_m$, K_k - компасный курс, K_m - магнитный курс; A, B, C, D, E - коэффициенты девиации. Обычно остаточная девиация составляет не более 5° и рассчитывается для горизонтальной ориентации объекта при малых значениях

дифферента и крена. При определении коэффициентов девиации по известным методикам [1] волнение моря не должно превышать 2-х баллов.

Между моделью (1) и коэффициентами девиации существует связь, описываемая приближенными формулами [1]:

$$A = \frac{d-b}{2\lambda}, B = \frac{cZ+P}{\lambda H}, C = \frac{fZ+Q}{\lambda H}, D = \frac{a-e}{2\lambda}, E = \frac{d+b}{2\lambda}, \lambda = 1 + \frac{a+e}{2}, \quad (3)$$

где H и Z – горизонтальная и вертикальная составляющие вектора напряженности МПЗ соответственно.

При горизонтальном положении судна коэффициенты девиации из (2), полученные при списании девиации, и коэффициенты (3), полученные по параметрам магнитного поля судна из (1) и составляющим H и Z магнитного поля Земли, достаточно хорошо совпадают.

Целью работы есть оценка точности учета девиации по формулам (2), (3) при значительных наклонах судна, которые по техническим условиям на магнитный компас могут достигать 22° по дифференту и 45° по крену [1].

Точное определение девиации магнитного компаса осуществляется с помощью расчета компасного курса по формулам [2]:

$$K_{k1} = \text{arctg} \frac{-(X' \cos \gamma + Z' \sin \gamma)}{(X' \sin \gamma - Z' \cos \gamma) \sin \theta + Y' \cos \theta}, \quad (4)$$

где θ, γ - углы дифферента и крена. Точная девиация будет

$$\delta_1 = K_{k1} - K_m. \quad (5)$$

Результаты оценки

Рассмотрим случай ориентации объекта в горизонтальной плоскости, т.е. $\theta = 0^\circ$ и $\gamma = 0^\circ$, при его расположении на широте Санкт-Петербурга с соответствующими составляющими МПЗ. Рассчитываем девиацию магнитного компаса по формулам (2) и (5) для значений курса в диапазоне от -180° до $+180^\circ$. Графики девиации для этих значений изображены на рис.1. Оценки девиации по приближенной формуле (2) и точной формуле (5) показывают, что даже при горизонтальном положении объекта погрешности оценки могут достигать градуса (рис.1). При наклонах объекта или картушки компаса погрешности значительно увеличиваются (рис. 2).

При компенсации составляющей R магнито-твердого железа ошибка учета девиации все равно остается значительной.

Кроме значений крена и тангажа объекта, на точность определения девиации по формуле (2) влияет также и географическое расположение объекта, а точнее, составляющие МПЗ, действующие на стрелку магнитного компаса в данной географической точке. В качестве оценки ошибки вычисления девиации

используем среднеквадратическую ошибку $s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta_i - \delta_{1i})^2}$, где n – количество курсов измерения.

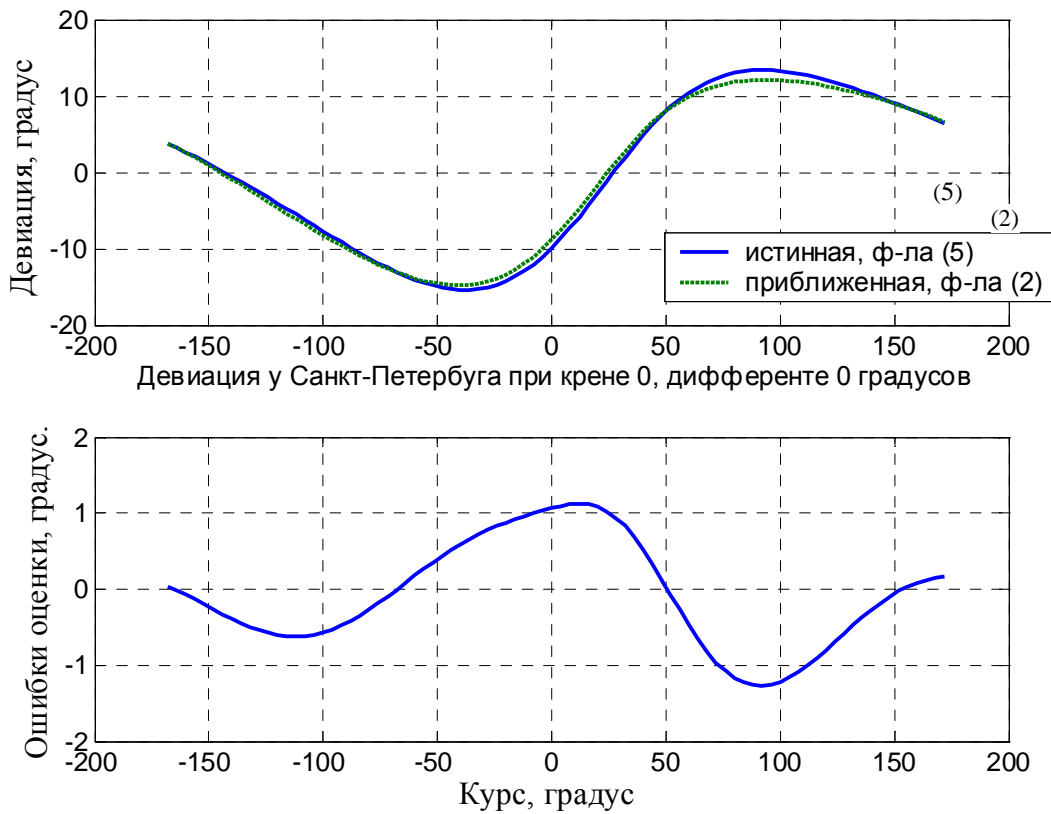


Рис.1. Погрешности вычисления девиации при горизонтальном судне.

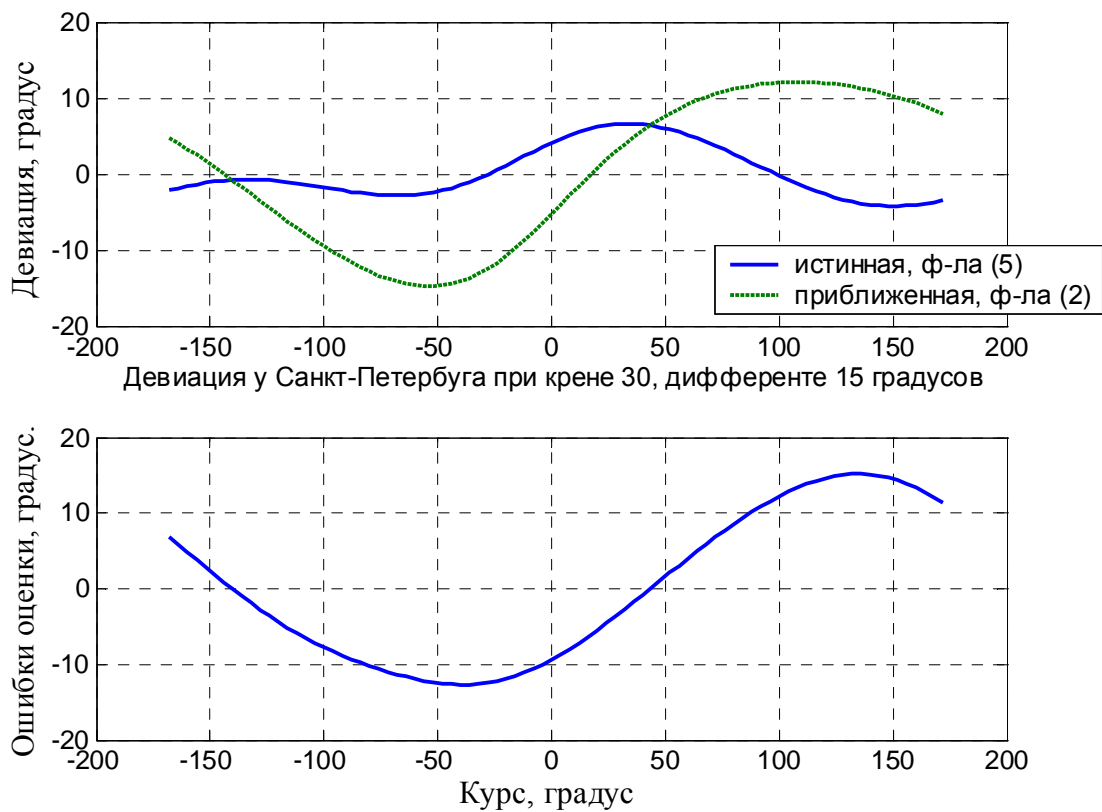


Рис.2. Погрешности вычисления девиации при крене и дифференте.

Зависимость среднеквадратической ошибки определения девиации магнитного компаса от углов крена и тангажа можно изобразить в трехмерном виде (рис.3), где на горизонтальных осях обозначены крен (от -20° до 20°) и дифферент (от -40° до 40°) судна. Поверхность построена по данным моделирования процесса в условиях нахождения объекта на географической широте города Киева, с соответствующими данными МПЗ - $H = 15.523$ А/м, $Z = 36.823$ А/м. Большие углы могут иметь место при использовании в качестве магнитного компаса трехзондового магнитометра, жестко связанного с корпусом судна. Углы наклона магнитной стрелки магнитного компаса, по предварительным оценкам, не превышают 5° . В этом случае погрешности достигают величины 10° .

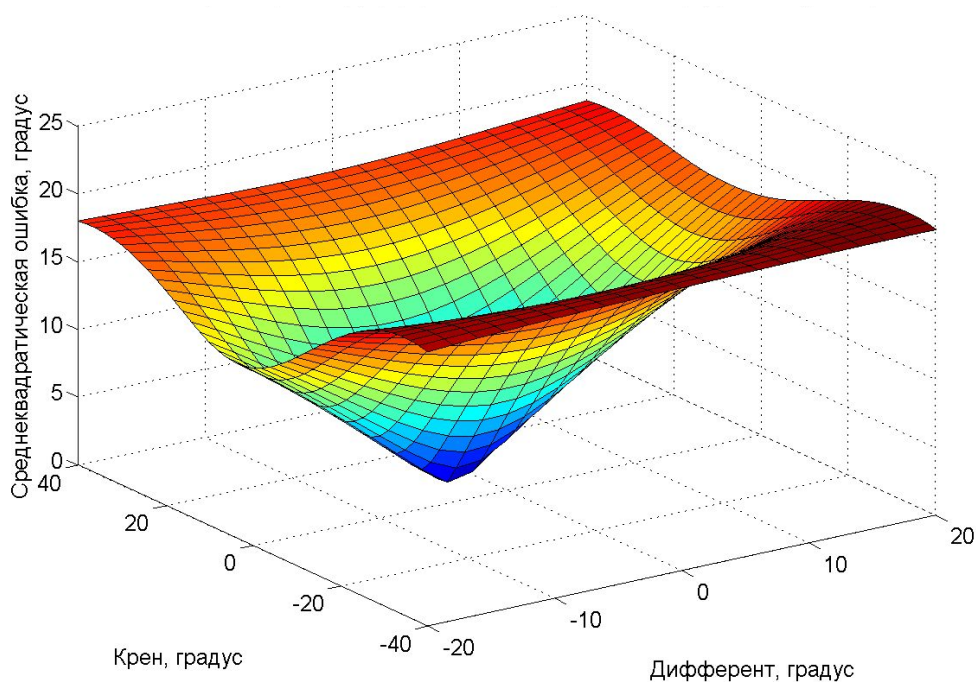


Рис.3. Влияние углов крена и дифферента на погрешность определения девиации.

Выводы

Проведенное сравнение вычисленных девиаций показывает, что погрешность вычисления девиации по известной формуле (2) может достигать значительных величин (единицы и десятки градусов), она зависит от углов наклона измерителя, курса и широты. Для более точного вычисления девиации следует использовать формулы (4) и (5), которые позволяют вычислять компасный курс не только для горизонтального положения объекта, как по формуле (2), а и для произвольной ориентации объекта. Для использования формулы (4) необходимо определить параметры магнитного поля судна модели Пуассона (1).

Литература

1. Кожухов В. П.. Девиация магнитного компаса / В. П. Кожухов, В. В. Воронов, В. В. Григорьев – М.: Транспорт, 1971. – С. 24-56.

2. Одинцов А. А. Ориентация объектов в магнитном поле Земли. Учебное пособие для студентов приборостроительных специальностей / А. А. Одинцов, В. В. Мелешко, С. А. Шаров – К.: Корнийчук, 2008. – 142 с.

References

1. Koguhov V. P. Magnetic compass deviation / V. P. Koguhov, V. V. Voronov, V. V. Grigoriev – М.: Transport, 1971. – P. 24-56. [rus]
2. Odintsov A. A. The orientation of objects in Earth's magnetic field. Textbook for students of instrument-making professions / A. A. Odintsov, V.V. Meleshko, S.A. Sharov. – К.: Korniychuk. - 2008. – 142 p. [rus]

В. В. Мелешко, В. А. Нелепов, О. В. Курлович

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ОБЛІКУ ДЕВІАЦІЇ МАГНІТНОГО КОМПАСА

Розглядається точність відомої формули опису залишкової магнітної девіації. Показано, що при крені і дифференті судна формула дає значні помилки. Наведені приклади оцінок помилки для різних кутів орієнтації судна і різному географічному положенні. Пропонується обчислення магнітної девіації за іншою формулою, що містить компоненти магнітного поля об'єкту, які описуються моделлю Пуассона. Така формула дає більш точну оцінку девіації, що залежить лише від точності визначення параметрів магнітного поля судна.

Ключові слова: магнітний компас, магнітна девіація, магнітні параметри Пуассона.

V. Meleshko, V. Neleпов, A. Kurlovich

National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

EXACTNESS ESTIMATION OF MAGNETIC COMPASS DEVIATION ACCOUNTING

Exactness of the known formula of description of remaining magnetic deviation is examined. It is shown that at a roll and different of ship a formula gives considerable errors. Examples of estimations of error are made for the different corners of ship position and different geographical location. The calculation of magnetic deviation is offered on other formula, containing the components of magnetic field of object, described by the model of Poisson. This formula gives a more accurate estimate of the deviation, which depends only on the accuracy of determining the parameters of the magnetic field of the vessel.

Keywords: magnetic compass, magnetic deviation, magnetic parameters of Poisson.

*Надійшла до редакції
05 липня 2011 року*

УДК 531/534

ОБ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ ПОДВЕСА РОТОРНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ ГИРОСКОПОВ

Шевченко О. Ю., Черный О. И., Бондарь П. М.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Проведен сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований макета упругого подвеса двухстепенного роторного вибрационного гироскопа и результатов математического моделирования подвеса методом конечных элементов. Показано, что зависи-