

**ZESZYTY NAUKOWE NR 2 (74)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE**

EXPLO-SHIP 2004

Remigiusz Dzikowski

**Analiza porównawcza zysków i strat z zastosowaniem
klasycznych i niekonwencjonalnych metod kompensacji
dewiacji kompasu magnetycznego**

Słowa kluczowe: dewiacja, bezpieczeństwo żeglugi

Opisano od strony matematycznej niekonwencjonalne metody kompensacji dewiacji kompasu magnetycznego. Na podstawie symulacji procesu określenia i kompensacji dewiacji na konkretnych statkach dokonano oceny wad i zalet nowych metod.

**An Analysis of Losses and Gains Using Traditional
and Non-Conventional Methods of Adjusting
and Compensation of a Magnetic Compass**

Key words: deviation, safety of navigation

The paper contains a mathematical description of non-conventional methods of adjusting a magnetic compass. The advantages and disadvantages of new methods have been discussed on the basis of the simulation.

Wstęp

Według konwencji SOLAS V /12(b) [9] każdy statek o pojemności brutto 150 i większej powinien być wyposażony w kompas magnetyczny. Każdy kompas magnetyczny na statku musi być prawidłowo skompensowany i mieć tabelę lub krzywą dewiacji umieszczoną w dostępnym miejscu. Podstawa kompasu winna zawierać urządzenia do korekcji dewiacji półokrężnej, ćwierćokrężnej przechyłowej spowodowanej przez działanie stałego oraz zmiennego magnetyzmu okrętowego. Urządzenia te powinny wyeliminować poważne zmiany dewiacji pod wpływem zmian czynników eksploatacyjnych i środowiskowych, których można oczekiwać na statku oraz przy szczególnie dużych zmianach szerokości magnetycznej.

Konwencja nakłada odpowiedzialność za stan kompasu magnetycznego na właściciela statku i kapitana. Instytucje klasyfikacyjne oraz administracje morskie dopuszczają wykonywanie tabeli oraz kompensacji dewiacji przez kapitanów.

Kompensację należy wykonać w momencie, gdy:

- kompas jest nowo zainstalowany na statku,
- jego wskazania wydają się niewiarygodne,
- na statku przeprowadzono zmiany konstrukcyjne, mające wpływ na magnetyzm okrętowy,
- urządzenia elektryczne lub elektroniczne zostały zainstalowane, lub zdemontowane w pobliżu kompasu,
- po wejściu na mieliznę,
- stwierdzono, że dewiacja osiąga wartość 5° lub więcej.

Kompensację kompasu magnetycznego przeprowadzają na zlecenie armatora wykwalifikowani dewiatorzy. Wielu jednak właścicieli statków chciałoby zredukować koszty obsługi statku i zrzucić tę czynność na barki nawigatora a konkretnie kapitana statku, który powinien znać taką operację.

Metodą, z której korzystają dewiatorzy jest klasyczna metoda Airy oraz metoda De Kolonga. Jednak przy zachowaniu starych i czasochłonnych metod wykonywania kompensacji i określania dewiacji kompasu magnetycznego wydaje się mało prawdopodobne, że nawigator przekona się do samodzielnego wykonania tej czynności. Co więcej druga metoda wymaga zastosowania deflektora, dlatego nie jest zbyt rozpowszechniona.

Nowymi metodami [1], które w znaczny sposób powinny uprościć wykonywanie prac dewiacyjnych są metody wariabilne oraz uproszczona metoda kompensacji dewiacji. W artykule przeanalizowano zyski i straty przy określaniu i kompensacji dewiacji pomiędzy metodą tradycyjną Airy a metodami wariabilnymi na konkretnych statkach.

1. Teoretyczne podstawy wariabilnych metod kompensacji dewiacji

1.1. Metoda kompensacji na czterech kursach głównych – kompensacja dewiacji półokrężnych

Metoda ta polega na wyznaczeniu wartości współczynników B i C na czterech kursach magnetycznych N , S , E , W , po czym na skompensowaniu ich jeżeli istnieje taka potrzeba.

Na kursie magnetycznym N dokonuje się obserwacji dewiacji δ_N , która na podstawie wzoru Archibalda-Smitha ma postać:

$$\delta_N = A + C + E \quad (1)$$

Na kursie magnetycznym S dokonujemy pomiaru dewiacji δ_S , która na podstawie wzoru Archibalda-Smitha ma postać:

$$\delta_S = A - C + E \quad (2)$$

Odejmując powyższe równania możemy wyznaczyć współczynnik C :

$$C = \frac{\delta_N - \delta_S}{2} \quad (3)$$

Płynąc dalej kursem magnetycznym S , wartość dewiacji zwiększa się o obliczony współczynnik C , wykorzystując poprzeczne magnesy – kompensatory.

Po kompensacji nowa dewiacja na tym kursie będzie wynosiła:

$$\delta_S = A + E \quad (4)$$

Analogicznie dokonujemy kompensacji współczynnika B dewiacji półokrężnej, mierząc dewiację na kursach E i W . Ich wartości mają postać:

$$\delta_E = A + B - E \quad (5)$$

$$\delta_W = A - B - E$$

Odejmując wzory stronami otrzymujemy wartość współczynnika B :

$$B = \frac{\delta_E - \delta_W}{2} \quad (6)$$

Mając współczynnik B na kursie magnetycznym W , wzdłużnymi kompensatorami wartość δ_W zwiększa się algebraicznie o wartość obliczonego współczynnika B .

Dokonałiśmy zatem kompensacji współczynnika B , a wartość dewiacji na tym kursie ma postać:

$$\delta_W = A - E \quad (7)$$

Przy kompensacji z wykorzystaniem jednego nabeźnika, współczynniki B i C można zapisać inaczej:

$$B = \frac{NK_W - NK_E}{2} \quad (8)$$

$$C = \frac{NK_N - NK_S}{2}$$

gdzie: NK_N, NK_S, NK_E, NK_W – namiary kompasowe odpowiednio na kursach N, S, E, W .

Obserwacja dewiacji na kursach N, E, S, W daje możliwość obliczenia także współczynników A i E :

$$A = \frac{\delta_N + \delta_E + \delta_S + \delta_W}{4} \quad (9)$$

$$E = \frac{(\delta_N + \delta_S) - (\delta_E + \delta_W)}{4}$$

1.2. Metoda wariabilna kompensacji dewiacji na czterech kursach pośrednich

Metoda ta pozwala na kontrolę i kompensację najbardziej znaczących współczynników B, C i D na kursach pośrednich tzn. NE, SE, SW, NW .

Równania dewiacji na tych kursach mają postać:

$$\delta_{NE} = A + B \sin 45^\circ + C \cos 45^\circ + D \quad (10)$$

$$\delta_{SE} = A + B \sin 45^\circ - C \cos 45^\circ - D$$

$$\delta_{SW} = A - B \sin 45^\circ - C \cos 45^\circ + D$$

$$\delta_{NW} = A - B \sin 45^\circ + C \cos 45^\circ - D$$

Po rozwiązaniu powyższych równań otrzymujemy wartości współczynników: A, B, C, D .

Z powyższych równań wynika, że na czterech kursach pośrednich można dokonać obliczenia współczynników A, B, C, D dewiacji, a na ostatnim skompensować je. Na kursie tym dewiacja posiada wartość:

$$\delta_{NW} = A - B \sin 45^\circ + C \cos 45^\circ - D \quad (11)$$

po uproszczeniu:

$$\delta_{NW} = A - 0,7 B + 0,7 C - D \quad (12)$$

Utrzymując się na kursie żyrokompasowym 315° , kompensujemy współczynnik B , zwiększając dewiację δ_{NW} algebraicznie $0,7 B$. Korzystamy ze wzdłużnych magnesów kompensacyjnych.

Po wykonaniu takiej czynności, otrzymujemy dewiację na kursie NW o wartości:

$$\delta_{NW} = A + 0,7 C - D \quad (13)$$

Dalszą kompensację wykonujemy na kursie kompasowym:

$$KK_{NW}^B = KK_{NW} + 0,7 \cdot B \quad (14)$$

Jeżeli zamierzamy kolejno skompensować współczynnik C , to za pomocą poprzecznych magnesów wartość kursu algebraicznie zmniejszamy o wartość $0,7 C$. Po takiej czynności dewiacja przyjmie wartość:

$$\delta_{NW} = A - D \quad (15)$$

Dalsza kompensacja powinna odbywać się na kursie kompasowym:

$$KK_{NW}^C = KK_{NW}^B - 0,7 \cdot C \quad (16)$$

Kolejny współczynnik D kompensuje się jak zwykle kulami lub wzdłużnymi sztabami żelaza miękkiego. Wartość nowego kursu kompasowego zwiększa się algebraicznie o wartość współczynnika D .

Po takiej kompensacji δ_{NW} przyjmuje wartość:

$$\delta_{NW} = A \quad (17)$$

Kurs kompasowy po kompensacji współczynnika D ma wartość:

$$KK_{NW}^D = KK_{NW}^C + D \quad (18)$$

Po kompensacji współczynników B , C , i D współczynnik A nie zmienia swojej wielkości a wzór do jego obliczenia jest aktualny.

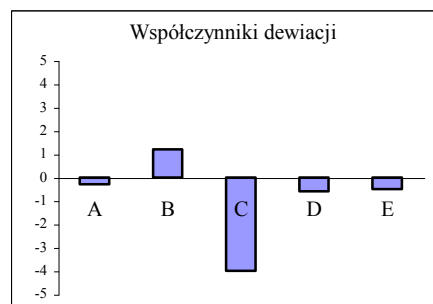
2. Badania symulacyjne

Badania strat i zysków wyżej wymienionych metod przeprowadzono na podstawie danych uzyskanych z czterech statków: OBO „Teekay Freighter” oraz masowców „Rolnik”, „Armia Ludowa” i „Ziemia Tarnowska”. Sprawdzono i porównano czasy kompensacji i określenia dewiacji kompasu magnetycznego, posługując się symulacją z użyciem symulatora ECDIS NT PRO 2400, na odpowiadających tym statkom modelach. Akwenem, który posłużył do prób było podejście do Europortu. Do pomiaru dewiacji posłużył nabieżnik znajdujący się u wejścia do wymienionego portu. Ustalono następujące warunki hydrometeorologiczne:

- prędkość i kierunek wiatru: 3m/s N,
- stan morza 2,
- brak zachmurzenia,
- pora dzienna, dobre warunki widzialności.

Wyniki badań oraz wartości współczynników dewiacji dla poszczególnych statków przedstawiono poniżej.

1. m/s „Teekay Freighter” (45067 GT, $L = 244$ m)



Rys. 1. Wartości współczynników dewiacji statku „Teekay Freighter” obliczone na podstawie danych z dnia 05.09.2003 r.

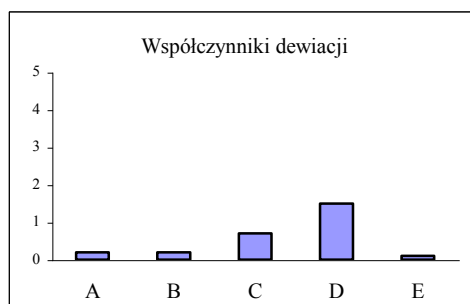
Fig. 1. Deviation factors for the ship “Teekay Freighter” calculated from data obtained on 05.09.2003

Tabela 1

Tabela porównawcza metod określenia dewiacji dla statku „Teekay Freighter”
A comparative table for methods of determining magnetic deviation for the m/v “Teekay Freighter”

Elementy kompensacji	Metoda Airy	Metoda wariabilna – kursy główne	Metoda wariabilna – kursy pośrednie
Średni czas kompensacji	1 ^h 30 ^m	1 ^h 12 ^m	1 ^h 10 ^m
Średni czas ponownego określenia współczynników	2 ^h 24 ^m	1 ^h 08 ^m	1 ^h 16 ^m
Ilość operacji kompensatorami bądź potencjometrem	4 operacje	2 operacje	2 operacje
Skompensowane współczynniki	<i>B, C</i>	<i>B, C</i>	<i>B, C</i>

2. m/s „Rolnik” (9268GT, $L = 145,6$ m)



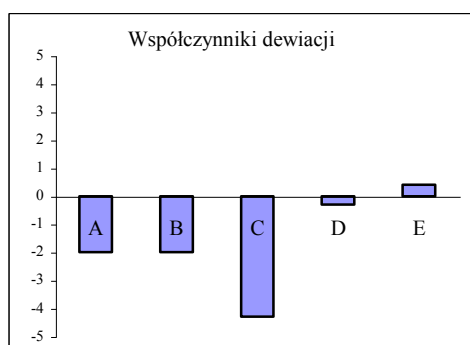
Rys. 2. Wartości współczynników dewiacji statku m/s „Rolnik” obliczone na podstawie danych z dnia 24.08.2002 r.

Fig. 2. Deviation factors for the ship “Rolnik” calculated from data obtained on 24.08.2002

Tabela 2

Tabela porównawcza metod określenia dewiacji dla statku „Rolnik”
A comparative table for methods of determining magnetic deviation for the m/v “Rolnik”

Elementy kompensacji	Metoda Airy	Metoda wariabilna – kursy główne	Metoda wariabilna – kursy pośrednie
Średni czas kompensacji	1 ^h 12 ^m	54 ^m	50 ^m
Średni czas ponownego określenia współczynników	1 ^h 36 ^m	1 ^h + 04 ^m	54 ^m
Ilość operacji kompensatorami bądź potencjometrem	5 operacji	2 operacje	2 operacje
Skompensowane współczynniki	<i>B, C, D</i>	<i>C, D</i>	<i>C, D</i>

3. m/s „Armia Ludowa” (21458 GT, $L = 195,3$ m)

Rys. 3. Wartości współczynników dewiacji statku m/s „Armia Ludowa” obliczone na podstawie danych z dnia 12.05.2003 r.

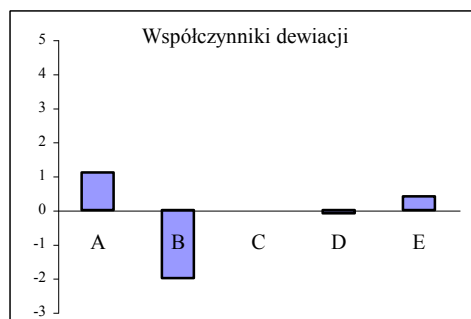
Fig. 3. Deviation factors for the ship „Armia Ludowa” calculated from data obtained on 12.05.2003

Tabela 3

Tabela porównawcza metod określenia dewiacji dla statku „Armia Ludowa”
A comparative table for methods of determining magnetic deviation for the m/v “Armia Ludowa”

Elementy kompensacji	Metoda Airy	Metoda wariabilna – kursy główne	Metoda wariabilna – kursy pośrednie
Średni czas kompensacji	1 ^h 10 ^m	58 ^m	54 ^m
Średni czas ponownego określenia współczynników	1 ^h 52 ^m	54 ^m	56 ^m
Ilość operacji kompensatorami bądź potencjometrem	4 operacje i ustawienie położenia kreski kursowej	2 operacje i ustawienie położenia kreski kursowej	2 operacje i ustawienie położenia kreski kursowej
Skompensowane współczynniki	A, B, C	A, B, C	A, B, C

4. m/s „Ziemia Tarnowska” (16696 GT, $L = 180,3$ m)



Rys. 4. Wartości współczynników dewiacji statku m/s „Ziemia Tarnowska” obliczone na podstawie danych z dnia 08.08.2002 r.

Fig. 4. Deviation factors for the ship “Ziemia Tarnowska” calculated from data obtained on 08.08.2002

Tabela 4

Tabela porównawcza metod określenia dewiacji dla statku „Ziemia Tarnowska”
A comparative table for methods of determining magnetic deviation for the “Ziemia Tarnowska”

Elementy kompensacji	Metoda Airy	Metoda wariabilna – kursy główne	Metoda wariabilna – kursy pośrednie
Średni czas kompensacji	1 ^h 05 ^m	56 ^m	54 ^m
Średni czas ponownego określenia współczynników	1 ^h 45 ^m	45 ^m	50 ^m
Ilość operacji kompensatorami bądź potencjometrem	4 operacje i ustawienie położenia kreski kursowej	1 operacja i ustawienie położenia kreski kursowej	1 operacja i ustawienie położenia kreski kursowej
Skompensowane współczynniki	A, B, C	A, B	A, B

W badaniach nie uwzględniono czasu operacji z kompensatorami, a jedynie czas manewrów na nabieżniku w celu dokonania określonych pomiarów dewiacji. W praktyce do czasów kompensacji podanych w tabelach należałoby doliczyć jeszcze czasy manipulacji kompensatorami, które są uzależnione od doświadczenia osoby wykonującej taką czynność. Jak widać na przedstawionych przykładach, czynności te znacznie wydłużą kompensację metodą Airy, ponieważ za każdym razem jest ich co najmniej cztery.

Wnioski

1. Przeprowadzone badania wykazały, że dla każdego z przedstawionych przypadków kompensacji i określenia dewiacji kompasu magnetycznego najmniej dogodna pod względem czasu jest metoda Airy.
2. Nowe metody wymagają mniejszej ilości operacji kompensatorami w celu kompensacji dewiacji oraz mniejszej ilości pomiarów w celu określenia końcowych wartości dewiacji.
3. Metody niekonwencjonalne dają możliwość oceny współczynników i podjęcia decyzji o potrzebie ich kompensacji. Przykłady wskazują, że w niektórych przypadkach nie wszystkie współczynniki trzeba kompensować, gdyż ich wartości są bliskie zeru.
4. Nowe metody umożliwiają realizację kompensacji w dwóch etapach. W pierwszym pomiaru współczynników i na ich podstawie przeliczenia nowej tabeli. W drugim kompensację i obliczenie tabeli końcowej dewiacji. W klasycznym sposobie rozpoczynamy kompensację bez możliwości oceny wartości współczynników i musimy ją przeprowadzić zgodnie ze schematem bez jakichkolwiek odstępstw.
5. Metody niekonwencjonalne nie dają możliwości określenia i oceny wszystkich współczynników dewiacji na podstawie pomiarów na czterech kursach. W metodzie dla kursów głównych ocenę współczynnika D przeprowadza się w drugiej fazie, tzn. przy określeniu końcowej dewiacji. Jeśli jego wartość jest znaczna, można go dokompensować. W metodzie na kursach pośrednich nieznanym jest współczynnik E . Na podstawie statystyki i przedstawionych przykładów widać, że jego wartość jest z reguły bliska zeru.

Literatura

1. Jurdziński M., *Morskie kompasy magnetyczne*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1984.
2. Dzikowski R., *Problem optymalizacji obsługi kompasu magnetycznego w warunkach współczesnych*, Zeszyt Naukowy Nr 70 z X Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Inżynierii Ruchu Morskiego, WSM Szczecin 2003.
3. Lushnikov E.M., *O roli kursoukazatelej w bezopasnosti moreplawanija. Teoria i praktika sudowożdenia*, Wyp. 26, Kaliningrad, Bgarf, 1999, s. 39-46.
4. Lushnikov E., *Ship's navigational safety*, Wydawnictwo WSM Szczecin, 2001.

5. Łusznikow E.M., Adamowicz M., *Rola wskaźników kursu w bezpieczeństwie żeglugi morskiej*, Materiały 7 Międzynarodowej konferencji „KDS-98”, Szczecin, WSM, 1998. s. 129-134.
6. Łusznikow E.M., *Kryteria dokładności żyrokompasów i logów w wymaganiach bezpieczeństwa żeglugi morskiej*, Zeszyty Naukowe nr 55, Szczecin, WSM, 1998, s. 61-68.
7. Rubinštejn D.N., *Niektóre przyjomy kontrola ścislenia puti sudna. Morte-chinformreklama*, Mojskoj transport, Seria „Sudowożdenie, swjaz i bezopasnost moreplawania”, Ekspres-informacja wyp. Nr 10, 1994, s. 1.
8. *Przepisy nadzoru konwencyjnego statków morskich*, Część V Urządzenia nawigacyjne, Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2002.
9. SOLAS (Consolidated edition with amendments), 2001.
10. *The American Practical Navigator*, 2002.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.

Recenzenci

prof. dr hab. inż. Andrzej Felski
prof. dr hab. inż. kpt.ż.w. Eugeniusz Łusznikow

Adres Autora

mgr inż. kpt.ż.w. Remigiusz Dzikowski
Akademia Morska w Szczecinie
Zakład Nawigacji Morskiej
tel. 48 09 381