



AKADEMIA MORSKA W SZCZECINIE

JEDNOSTKA ORGANIZACYJNA:

Wydział Nawigacyjny – Zakład Urzędzeń Nawigacyjnych

INSTRUKCJA

1

Zasada działania i obsługa żyrokompasów **Laboratorium**

Opracował:	M. Gucma, J. Montewka, A. Zieziula, M. Przywarty, M. Bilewski, R. Boć
Zatwierdził:	S. Jankowski
Obowiązuje od: 22.09.2014	

RAMOWY SPIS TREŚCI

0. EFEKTY KSZTAŁCENIA

1. CEL ĆWICZENIA

2. ZAKRES PRZYGOTOWANIA TEORETYCZNEGO

3. OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO

4. WYKONANIE ĆWICZENIA

5. OPRACOWANIE SPRAWOZDANIA

6. PYTANIA KONTROLNE

7. LITERATURA

8. TEORIA

20.	Przedmiot:	N/TM2012/11/20/UNI						
URZĄDZENIA NAWIGACYJNE – moduł 1								
Semestr	Liczba tygodni w semestrze	Liczba godzin w tygodniu			Liczba godzin w semestrze			ECTS
		A	C	L	A	C	L	
I	15	2	1	1	30	15	15	2
II	15	1		2	15		30	2
III	15	1		1	15		15	2
IV	15	1		1	15		15	3
V	15	1		1	15		15	2

Korekta 2014

I. Cele kształcenia

Celem kształcenia jest nauczanie zasady działania, eksploatacji i efektywnego wykorzystania urządzeń i systemów radarowych i nawigacyjnych zamontowanych na statku ze zwróceniem uwagi na ich ograniczenia, dokładności oraz specyfikę zobrazowania informacji nawigacyjnej.

II. Wymagania wstępne

Zakres szkoły średniej, elementy nawigacji, podstaw elektroniki, fizyki, matematyki automatyki i bezpieczeństwa nawigacji.

III/1. Efekty kształcenia i szczegółowe treści kształcenia

Student powinien opanować wiedzę i wykazać się umiejętnościami w następującym zakresie:

W – podstawowych systemów nawigacyjnych: znać budowę i zasadę działania żyrokompasów i repetytorów żyro; źródła błędów żyrokompasu i ich eliminację; budowę i zasadę działania systemów kontroli kursu (autopilotów); metody regulacji systemów kontroli kursu (autopilotów); budowę i zasadę działania systemów kontroli drogi; zasady pomiaru prędkości; budowę i zasadę działania logów mechanicznych, ciśnieniowych, elektromagnetycznych, dopplerowskich, specjalnych; błędy logów, ich źródła i metody kalibracji; teorie dotyczącą rozchodzenia się fal hydroakustycznych; zasady pomiaru głębokości z wykorzystaniem echosondy; budowę i zasady działania echosond nawigacyjnych; błędy pomiaru głębokości, ich źródła oraz metody eliminowania; cyfrowe oraz analogowe metody rejestracji danych z logów, żyrokompasów, echosond i innych urządzeń nawigacyjnych; wykorzystanie rejestratora danych z podróży (VDR-*Voyage Data Recorder*) oraz jego uproszczonej wersji S-VDR; podstawowe metody wymiany informacji pomiędzy urządzeniami nawigacyjnymi – protokół NMEA; budowę, zasadę działania i dokładności: żyroskopów MEMS, żyroskopów optycznych; zastosowania żyroskopów optycznych i MEMS w systemach nawigacyjnych; budowę i zastosowanie kompasów elektronicznych typu: Fluxgate, AMR; zasady działania systemów nawigacji inercyjnej; systemy dynamicznego pozycjonowania; wymogi dokładnościowe instytucji klasyfikacyjnych stawiane urządzeniom nawigacyjnym; system mostka zintegrowanego IBS (*Integrated Bridge System*); zintegrowany system nawigacyjny INS (*Integrated Navigation System*); system zarządzania alarmami na mostku nawigacyjnym BAMS (*Bridge Alarm Management System*); funkcjonowanie systemów dynamicznego pozycjonowania DP (*Dynamic Positioning*);

satelitarnych systemów radionawigacyjnych: znać teorię propagacji fal elektromagnetycznych; parametry fal radiowych; pojęcie czasu w radionawigacji, jego wzorce i skale; pojęcie linii pozycyjnej w radionawigacji i podział systemów radionawigacyjnych ze względu na mierzony parametr; teorię układów odniesienia pozycji; teorię radionamierzania, budowę oraz zasadę działania radionawigacyjnych, naziemnych systemów stadiometrycznych i hiperbolicznych; zjawiska wpływające na ruch sztucznych satelitów oraz budowę i zasadę działania satelitarnych systemów pozycjonowania; podstawowe różnice pomiędzy poszczególnymi systemami radionawigacyjnymi i stosowanymi w tych systemach metodami określania pozycji; dokładności określania pozycji oraz wektora ruchu w systemach radionawigacyjnych; rodzaje i zasady technik różnicowych korekty pozycji; parametry niezawodnościowe systemów radionawigacyjnych; wydawnictwa radionawigacyjne i ich strukturę tematyczną; techniki planowania trasy oraz zapisu i wyświetlania informacji nawigacyjnej w odbiornikach systemów radionawigacyjnych; budowę i działanie systemu automatycznej identyfikacji AIS (*Automatic Identification System*); budowę i działanie systemu identyfikacji śledzenia dalekiego zasięgu LRIT (*Long Range Identification and Tracking system*);

radiolokacji (wykorzystanie urządzeń radarowych – szkolenie na poziomie operacyjnym): znać właściwości propagacyjne mikrofal w stopniu pozwalającym na zrozumienie zjawisk rozchodzenia się i odbijania fal elektromagnetycznych zakresu radarowego; zasadę pracy radaru wg schematu blokowego w stopniu pozwalającym na zrozumienie działania jego wszystkich elementów regulacyjnych i ich wpływu na obraz radarowy; sposoby wykonywania pomiarów radarowych, ich błędy i dokładności; problemy wykrywania związane z zasięgiem, refrakcją, szeroko rozumianymi cieniami i kształtem charakterystyki antenowej oraz sposoby ich minimalizacji; rodzaje zniekształceń i zakłóceń, ich przyczyny i sposoby reakcji na ich obecność; algorytmy obróbki cyfrowej obrazu radarowego i ich ocenę pod kątem nawigacyjnego wykorzystania radaru; podstawy diagnozowania i lokalizacji uszkodzeń w radarach; rodzaje i zasady działania urządzeń współpracujących z radarem; wpływ mikrofal na organizm ludzki, dokumenty związane z zakupem i eksploatacją radaru; sposoby interpretacji informacji radarowej; zasady sporządzania nakresów radarowych i ich dokładność; sposoby wykorzystania radaru w nawigacji; wymagania IMO dotyczące urządzeń radarowych i ARPA; przepisy COLREG, niebezpieczeństwo wynikające ze zbyt dużego zaufania do danych ARPA; podstawowe typy urządzeń; możliwości, ograniczenia oraz błędy urządzeń ARPA; testy operacyjne ARPA, zasady lokalizacji uszkodzeń.

U – podstawowych systemów nawigacyjnych: obsługiwanie podstawowych typów żyrokompasów nawigacyjnych, autopilotów, logów i echosond nawigacyjnych; kalibrowania żyrokompasu, repetytora żyro, logu; interpretowania błędów żyrokompasu; wykorzystania nastaw regulacyjnych autopilotów w zależności od warunków nawigacyjnych; interpretowania nastaw autopilota; wprowadzania parametrów pracy do echosond; odczytania głębokości z echosondy nawigacyjnej; zarejestrowania obrazu i wartości głębokości w echosondzie; przeprowadzania podstawowej kalibracji i oceniania dokładności echosondy nawigacyjnej;

satelitarnych systemów radionawigacyjnych: posługiwanie się terminologią angielską stosowaną w odbiornikach systemów pozycyjnych; odczytania i zastosowania informacji zawartych w wydawnictwach radionawigacyjnych, w szczególności w ALRS; określania pozycji obserwowanej w wybranym układzie odniesienia za pomocą odbiorników radionawigacyjnych systemów naziemnych i satelitarnych; zweryfikowania dokładności wskazywanej pozycji i jakości odbieranego sygnału; wprowadzania parametrów wymaganych w odbiornikach poszczególnych systemów; wprowadzania danych punktów drogowych i zaprogramowania trasy oraz alarmów nawigacyjnych; zinterpretowania informacji nawigacyjnej prezentowanej na wskaźniku odbiornika systemu pozycyjnego; prowadzenia nawigacji po zaprogramowanej trasie w odbiorniku zintegrowanym o różnej złożoności: kompas + log + odbiornik systemu radionawigacyjnego + ENC + AIS;

radiolokacji (wykorzystanie urządzeń radarowych – szkolenie na poziomie operacyjnym): włączania i wstępnego regulowania wskaźnika radarowego; dobierania właściwego położenia elementów regulacyjnych stosownie do wykonywanego zadania, w tym wpływania na wykrywalność, rozmiary ech oraz rozróżnialności; sprawnego identyfikowania ech obiektów na ekranie na podstawie mapy nawigacyjnej bądź obserwacji wzrokowej; biegłego wykonywania pomiarów radarowych dostępnymi metodami minimalizując błędy i określania pozycji obserwowanych; poprawnego interpretowania obrazu radarowego, w tym w warunkach zniekształceń i zakłóceń z szacowaniem położenia, kursu, prędkości, odległości najmniejszego zbliżenia i czasu do osiągnięcia tej odległości; obsługiwanie funkcji nakresowych dostępnych w radarze, stosując się do algorytmów postępowania podanych w instrukcji radaru; rozpoznawania i wykorzystywania sygnałów urządzeń współpracujących z radarem; diagnozowania stanu sprawności radaru i wstępnego lokalizowania miejsca wystąpienia uszkodzeń; posługiwanie się dokumentami związanymi z morskim radarem nawigacyjnym; uzyskiwania informacji o obiektach widocznych na ekranie radaru; oceniania sytuacji kolizyjnej; zaplanowania i wykonania manewru antykolizyjnego oraz sprawdzania skuteczności podjętych działań; wykorzystania urządzenia radarowego do prowadzenia bezpiecznej nawigacji i unikania kolizji na różnych akwenach nawigacyjnych; zainicjowania śledzenia obiektu; uzyskania i właściwego zinterpretowania informacji wypracowanych przez system ARPA; uwzględniania błędów i ograniczeń urządzeń ARPA; zasymulowania manewru antykolizyjnego; wykorzystania dodatkowych funkcji nawigacyjnych dostępnych w ARPA; używania ARPA i innych urządzeń nawigacyjnych w celu prowadzenia bezpiecznej nawigacji i unikania kolizji na różnych akwenach nawigacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem wymiany informacji ARPA-AIS-ECDIS; korzystania z radaru i ARPA z uwzględnieniem prawideł COLREG; testowania urządzenia ARPA.

Efekty kształcenia, jakie student osiągnie po ukończeniu przedmiotu opisane są w zakresie wiedzy, umiejętności i postaw, i ukazane są z podziałem na semestry nauki.

Efekty kształcenia – semestr I		Kierunkowe
EK1	Ma wiedzę w zakresie budowy, zasady działania oraz możliwości wykorzystania, obsługi i konfiguracji urządzeń nawigacyjnych.	K_W05; K_W06; K_W13; K_W24
EK2	Posiada umiejętności w zakresie wykorzystania, obsługi i konfiguracji urządzeń nawigacyjnych.	K_U01; K_U12; K_U18; K_U26
EK3	Ma podstawową wiedzę w zakresie standardów i norm technicznych związanych z wykorzystaniem odbiorników systemów nawigacyjnych.	K_W28

Metody i kryteria oceny				
EK1	Ma wiedzę w zakresie budowy, zasady działania, wykorzystania, obsługi i konfiguracji urządzeń nawigacyjnych.			
Metody oceny	Egzamin pisemny.			
Kryteria/ Ocena	2	3	3,5 - 4	4,5 - 5
Kryterium 1 Budowa żyroskopów i żyrokompasów.	Nie zna budowy nie rozumie zjawisk fizyki ciała sztywnego.	Zna budowę schematycznie, rozumie podstawowe zjawiska fizyki ciała sztywnego.	Zna budowę techniczną, rozumie podstawowe zjawiska fizyki ciała sztywnego.	Zna budowę techniczną, rozumie rysunki techniczne, rozumie zaawansowane zjawiska fizyki ciała sztywnego.
Kryterium 2 Posiada wiedzę w zakresie budowy logów.	Nie posiada wiedzy i nie potrafi uruchomić log.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić log ale nie kalibruje go.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić log i skalibrować go.	Posiada wiedzę w zakresie rozszerzonym, umie uruchomić log i skalibrować go.
Kryterium 3 Posiada wiedzę w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń systemów nawigacyjnych.	Nie posiada wiedzy w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń systemów nawigacyjnych.	Posiada wiedzę w zakresie standardów, i dokładności systemów nawigacyjnych.	Posiada wiedzę w zakresie ograniczeń systemów nawigacyjnych.	Posiada wiedzę w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń systemów nawigacyjnych.

gów.				
Kryterium 4 Posiada wiedzę w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń echosond.	Nie posiada wiedzy w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń echosond.	Posiada wiedzę w zakresie standardów, i dokładności echosond.	Posiada wiedzę w zakresie ograniczeń echosond.	Posiada wiedzę w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń echosond.
Kryterium 5 Posiada wiedzę w zakresie budowy logów, umie konfigurować echosondę.	Nie posiada wiedzy i nie potrafi uruchomić echosondy.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić echosondę ale nie kalibruje jej.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić echosondę i skalibrować jej.	Posiada wiedzę w zakresie rozszerzonym, umie uruchomić echosondę i skalibrować jej.
EK2	Posiada umiejętności w zakresie wykorzystania, obsługi i konfiguracji urządzeń nawigacyjnych.			
Metody oceny	Zaliczenie ćwiczeń, laboratoriów/ symulatorów, sprawdziany i prace kontrolne w semestrze.			
Kryteria/ Ocena	2	3	3,5 - 4	4,5 - 5
Kryterium 1 Wykorzystanie żyrokompasów.	Nie potrafi korzystać z żyrokompasów.	Potrafi korzystać z żyrokompasów w stopniu podstawowym.	Potrafi korzystać z żyrokompasów w stopniu zaawansowanym.	Potrafi w pełni wykorzystać możliwości żyrokompasów nawigacyjnych.
Kryterium 2 Obsługa i konfiguracja autopilotów.	Nie potrafi obsługiwać i konfigurować odbiorników systemów nawigacyjnych.	Potrafi obsługiwać i konfigurować odbiorniki systemów nawigacyjnych w stopniu podstawowym.	Potrafi obsługiwać i konfigurować odbiorniki systemów nawigacyjnych w stopniu zaawansowanym.	Potrafi w pełnym zakresie obsługiwać i konfigurować odbiorniki systemów nawigacyjnych.
Kryterium 3 Posiada umiejętności w zakresie obsługi i kalibracji logów.	Nie potrafi obsługiwać i kalibrować logów.	Umie uruchomić log ale nie kalibruje go.	Umie uruchomić log i skalibrować go.	Posiada wiedzę w zakresie rozszerzonym, umie uruchomić log i skalibrować go.
Kryterium 4 Posiada wiedzę w zakresie budowy logów, umie konfigurować echosondę.	Nie posiada wiedzy w zakresie budowy logów nie potrafi konfigurować echosondy.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić echosondę ale nie kalibruje jej.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić echosondę i skalibrować jej.	Posiada wiedzę w zakresie rozszerzonym, umie uruchomić echosondę i skalibrować jej.
EK3	Ma podstawową wiedzę w zakresie standardów i norm technicznych związanych z wykorzystaniem odbiorników systemów nawigacyjnych.			
Metody oceny	Sprawdziany i prace kontrolne w semestrze.			
Kryteria/ Ocena	2	3	3,5 - 4	4,5 - 5
Kryterium 1 Posiada wiedzę w zakresie norm technicznych.	Nie posiada wiedzy w zakresie EK3.	Posiada wiedzę w zakresie norm IEC i PN.	Posiada wiedzę w zakresie norm IEC i PN oraz interpretuje je.	Posiada wiedzę w zakresie norm IEC i PN, interpretuje oraz łączy z normami EN.
Kryterium 2 Posiada wiedzę w zakresie standardów.	Nie posiada wiedzy w zakresie EK3.	Posiada wiedzę w zakresie standardów morskich IMO.	Posiada wiedzę w zakresie standardów morskich IMO i łączy je z dokumentacją.	Posiada wiedzę w zakresie standardów morskich IMO i łączy je z dokumentacją w języku angielskim.

Szczegółowe treści kształcenia

SEMESTR I	PODSTAWOWE SYSTEMY NAWIGACYJNE	AUDYTORYJNE	30 GODZ.
-----------	--------------------------------	-------------	----------

PODSTAWOWE SYSTEMY NAWIGACYJNE

1. Zjawiska fizyczne wykorzystywane do wyznaczania kierunku w kompasach.
2. Budowa i zasada działania żyrokompasów.
3. Budowa, zasada działania i obsługa autopilotów.
4. Pomiar prędkości statku - budowa i zasada działania logów.
5. Pomiar głębokości - budowa i zasada działania echosond.

numer przedmiotu
i zagadnienia w rozporządzeniu MłR

9.3/1.1.
9.3/1.2.
9.3/1.3.
9.3/1.4.
9.3/1.5.

- | | |
|---|-----------|
| 6. Wykrywanie obiektów podwodnych w płaszczyźnie poziomej - budowa i zasada działania sonaru oraz echosondy wielowiązkowej. | 9.3/1.6. |
| 7. Cyfrowe oraz analogowe metody rejestracji danych z urządzeń nawigacyjnych – budowa i zasada działania VDR (<i>Voyage Data Recorder</i>). | 9.3/1.7. |
| 8. Urządzenia nawigacji inercyjnej, zasady działania, główne zastosowania. | 9.3/1.8. |
| 9. Systemy i urządzenia dynamicznego pozycjonowania. | 9.3/1.9. |
| 10. Wymagania stawiane przez instytucje klasyfikacyjne odnośnie urządzeń nawigacyjnych. | 9.3/1.10. |
| 11. Parametry fali elektromagnetycznej w zastosowaniu nawigacyjnym. | 9.3/2.1. |
| 12. Wzorce i skale czasu w systemach radionawigacyjnych. | 9.3/2.2. |
| 13. Linia pozycyjna w radionawigacji i podział systemów radionawigacyjnych. | 9.3/2.3. |
| 14. Układy odniesienia pozycji. | 9.3/2.4. |

SEMESTR I	PODSTAWOWE SYSTEMY NAWIGACYJNE	ĆWICZENIOWE	15 GODZ.
-----------	--------------------------------	-------------	----------

- | | |
|---|--|
| | numer przedmiotu
i zagadnienia w roz-
porządzeniu MliR |
| 1. Podstawy statystyki w analizie danych (średnie statystyczne: arytmetyczna, geometryczna, ważona) mediana, dominanta. | |
| 2. Zasady pomiaru głębokości i odległości; błędy i ograniczenia | 9.3/1.5., 1.6. |
| 3. Budowę, zasadę działania i dokładności: żyroskopów MEMS, żyroskopów optycznych; zastosowania żyroskopów optycznych i MEMS w systemach nawigacyjnych. | 9.3/1.2. |
| 4. Metody regulacji systemów kontroli kursu (autopilotów). | 9.3/1.3. |
| 5. Podstawowe metody wymiany informacji pomiędzy urządzeniami nawigacyjnymi – protokół NMEA. | 9.3/1.10. |
| 6. Analityczna i geometryczna postać linii pozycyjnych, analityczne i graficzne wyznaczanie pozycji. | 9.3/2.3. |
| 7. Modele błędu, średni błąd kwadratowy, równoległobok błędu, koło błędu, elipsa błędu. | 9.3/2.3. |

SEMESTR I	PODSTAWOWE SYSTEMY NAWIGACYJNE	LABORATORYJNE	15 GODZ.
-----------	--------------------------------	---------------	----------

- | | |
|--|--|
| | numer przedmiotu
i zagadnienia w roz-
porządzeniu MliR |
| 1. Budowa żyrokompasu i kuli żyrokompasowej. | 9.3/1.2. |
| 2. Kalibracja wskazań żyrokompasu. | 9.3/1.2. |
| 3. Charakterystyki i zasady regulacji autopilotów. | 9.3/1.3. |
| 4. Ocena dokładności sterowania za pomocą autopilota. | 9.3/1.3. |
| 5. Budowa i zasady eksploatacji logów – korekta wskazań. | 9.3/1.4. |
| 6. Budowa i zasady obsługi echosond nawigacyjnych. | 9.3/1.5. |
| 7. Interpretacja wskazań echosondy nawigacyjnej. | 9.3/1.5., 1.6. |

Bilans nakładu pracy studenta w semestrze I	Godziny	ECTS
Godziny zajęć z bezpośrednim udziałem nauczyciela: wykłady	30	
Godziny zajęć z bezpośrednim udziałem nauczyciela, o charakterze praktycznym: ćwiczenia, laboratoria, symulatory, zajęcia projektowe	30	
Godziny zajęć z bezpośrednim udziałem nauczyciela: udział w konsultacjach, zaliczeniach / egzaminach poza godz. zajęć dydaktycznych	2	
Własna praca studenta, w tym: przygotowanie do ćwiczeń, laboratoriów, symulatorów, w tym wykonanie sprawozdań, zadań	15	
Własna praca studenta: realizacja zadań projektowych	5	
Własna praca studenta: przygotowanie do zaliczenia, egzaminu	5	
Łączny nakład pracy	87	2
Nakład pracy związany z zajęciami wymagającymi bezpośredniego udziału nauczycieli:	62	1
Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym:	45	1

ĆWICZENIE nr 1

TEMAT: Zasada działania i obsługi żyrokompasów

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest przybliżenie studentom zasady wyznaczania kursu za pomocą żyrokompasów, przebiegu procesu ustawiania się kuli żyroskopowej w czasie uruchamiania żyrokompasu oraz analizy błędów i ich korekcji.

2. Zakres przygotowania teoretycznego

Przed rozpoczęciem zajęć studenci powinni znać podstawy teoretyczne ćwiczenia.

- Żyrokompas swobodny,
- Zachowanie żyroskopu na kuli Ziemskiej,
- Precesja i wahania tłumione i nietłumione żyrokompasu,
- Błędy żyrokompasów,
 - Dewiacja prędkościowa,
 - Dewiacja inercyjna,
 - Dewiacja wywołana kołysaniem statku.

2. Opis stanowisk

Ćwiczenie realizowane jest na dwóch stanowiskach komputerowych. Programy komputerowe prezentują zasadę działania żyrokompasów.

4. Wykonanie ćwiczenia

4.1. Stanowisko I

Na stanowisku studenci uruchamiają program komputerowej symulacji, która opisuje zjawiska fizyczne związane z wyznaczaniem kursu za pomocą żyrokompasu:

- ruch żyroskopu swobodnego pod działaniem zewnętrznego momentu siły,
- zachowanie się żyroskopu swobodnego na kuli Ziemskiej,
- wahania nie tłumione żyrokompasu,
- wahania tłumione żyrokompasu.

Program uruchamiany jest za pomocą pliku „animacja”. Program ten możemy w dowolnym miejscu zatrzymać, cofnąć, uruchomić ponownie.

4.2. Stanowisko II

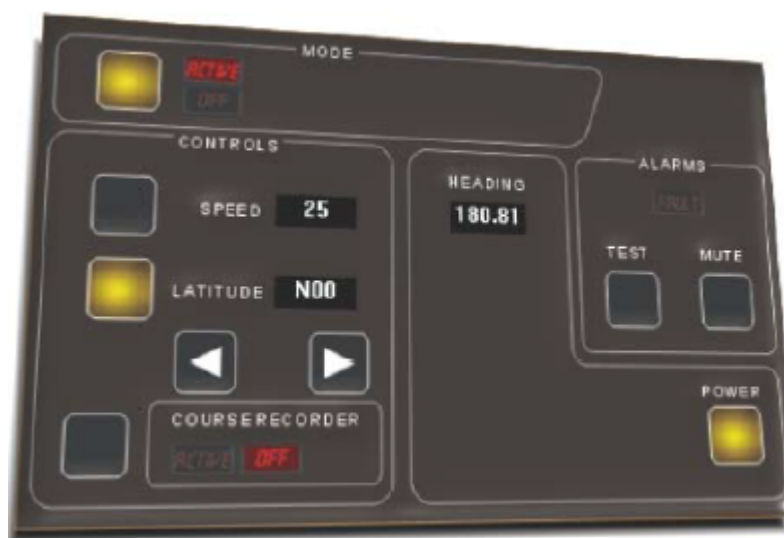
Uruchomić program komputerowy przedstawiający obsługę typowego żyroskopu, na przykładzie żyroskopu firmy Sperry typu MK 37. Żyrokompas ten wyposażony jest w mikroprocesorowy system sterowania.

Funkcje programu.

Podstawowym przeznaczeniem programu jest symulacja wpływu zewnętrznych zakłóceń na wskazania żyrokompasu. Głównymi zakłóceniami zewnętrznymi są: prędkość i kurs statku, szerokość geograficzna, na której statek się znajduje, rodzaj i wielkość dokonanego manewru oraz kołysanie statku na fali. Wszystkie wymienione czynniki zastały uwzględnione w programie komputerowym z możliwością zmian parametrów w określonych zakresach tak, aby statek poruszał się z realną na dzisiejsze możliwości techniczne prędkością po szerokościach geograficznych z wyłączeniem obszarów podbiegunowych, z możliwością wykonania zwrotu do 180 stopni. Poniżej przedstawiono panel kontrolno-sterujący żyrokompasu (Rys.1) oraz widok panelu w symulatorze żyrokompasu (Rys 2).



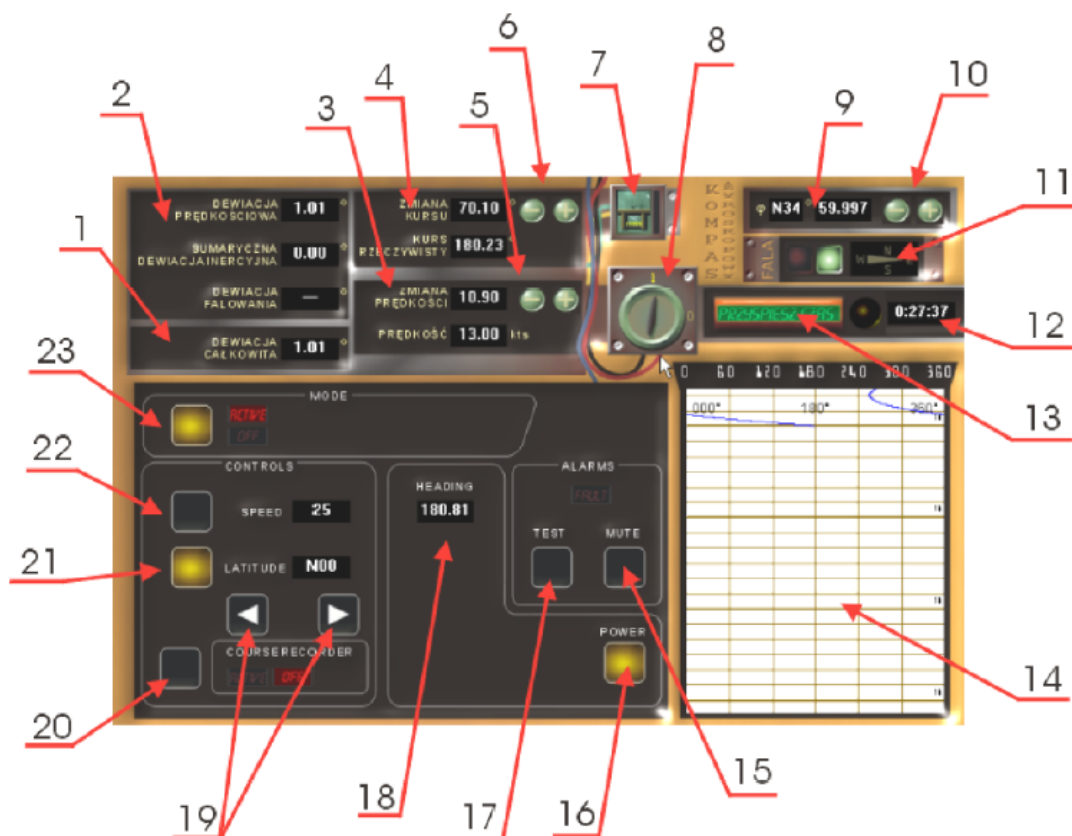
Rys.1 Panel kontrolno-sterujący żyrokompasu MK 37 VT Sperry Marine



Rys. 2 Panel symulatora komputerowego.

Opis pulpitu programu

Okno programowe symulatora przedstawione na rys.3 zostało zaprojektowane z myślą o funkcjonalnej i przyjemnej obsłudze programu. Odpowiednie rozmieszczenie przycisków w połączeniu z barwną grafiką powinno zaspokoić potrzeby każdego użytkownika programu.



Rys.3 Widok okna programu symulatora żyrokompasu

- 1) Wyświetlacz wartości całkowitej dewiacji będącej sumą dewiacji, prędkościowej, inercyjnej oraz falowania.
- 2) Tabelka z wyświetlaczami wartości dewiacji: prędkościowej, inercyjnej i falowania.
- 3) Wyświetlacz aktualnej wartości prędkości i wielkości zadanej zmiany prędkości (w węzłach).
- 4) Wyświetlacz aktualnej wartości kursu rzeczywistego i wielkości zadanej zmiany kursu.
- 5) Przyciski do zmniejszania /zwiększania wartości, o jaką ma być zmieniona prędkość statku.
- 6) Przyciski do zmniejszania /zwiększania wartości, o jaka ma być zmieniony kurs statku.
- 7) Dźwignia automatycznego zatrzymywania symulacji ruchu statku w momencie naciśnięcia przycisku +/- zmiany kursu lub prędkości, po ustawieniu żądanej wielkości manewru należy przetączyć dźwignię, spowoduje to zapalenie czerwonej lampki i wznowienie symulacji.
- 8) Przetącznik 0/1 zasilania żyrokompasu:
 - a) w momencie uruchomienia programu przetącznik jest w pozycji 1, a symulacja odbywa się na pełnym morzu,
 - b) w momencie przetączenia w pozycję 0 żyrokompas nie działa łącznie z panelem cyfrowym i kursografem, a symulacja odbywa się w porcie przy nabrzeżu,
 - c) ponowne uruchomienie żyrokompasu poprzez przetączenie w pozycję 1 spowoduje włączenie symulacji ustalania się dokładnego kursu trwającej około 5 godzin - symulacja nadal odbywa się w porcie przy nabrzeżu,

- d) kolejne wyłączenie żyrokompasu spowoduje uruchomienie symulacji na pełnym morzu
 - e) w tym momencie włączenie żyrokompasu będzie z pominięciem symulacji ustalania się dokładnego kursu, a symulacja nadal będzie się odbywać na pełnym morzu.
- 9) Wyświetlacz szerokości geograficznej, na której znajduje się statek.
 - 10) Przyciski do zmniejszania /zwiększania szerokości geograficznej.
 - 11) Przycisk włączenia symulacji fali z kierunku zachodniego.
 - 12) Wyświetlacz czasu działania programu, na podstawie, którego można określać czas tłumienia oscylacji wokół kursu rzeczywistego.
 - 13) Przycisk przyspieszenie czasu około stukrotnie, niezbędny do szybkiej prezentacji kilkugodzinnych oscylacji.
 - 14) Kursograf z możliwością zmiany skali z 360 na 30 stopni przez naciśnięcie w wybranym fragmencie kartki kursografu, przez ponowne naciśnięcie można wrócić do podstawowej skali.
 - 15) Przycisk do kasowania alarmu, ponowne naciśnięcie wyłączy żółte podświetlenie przycisku.
 - 16) Przycisk włączający cyfrowy panel, należy pamiętać, że przy wyłączonym panelu kursograf nie będzie działał.
 - 17) Przycisk włączający test alarmu dźwiękowego oraz wyświetlacza powyżej przycisku.
 - 18) Wyświetlacz kursu żyrokompasowego.
 - 19) Przyciski do zmniejszania /zwiększania wartość prędkości lub szerokości geograficznej potrzebnej do obliczeń dewiacji prędkościowej po uprzednim zaznaczeniu przycisku prędkości lub szerokości geograficznej.
 - 20) Włącznik kursografu.
 - 21) Przycisk do oznaczenia parametru, który ma się zamiar zmodyfikować.
 - 22) Przycisk do oznaczenia parametru, który ma się zamiar zmodyfikować.
 - 23) Przycisk włączający automatyczną korekcję dewiacji prędkościowej.



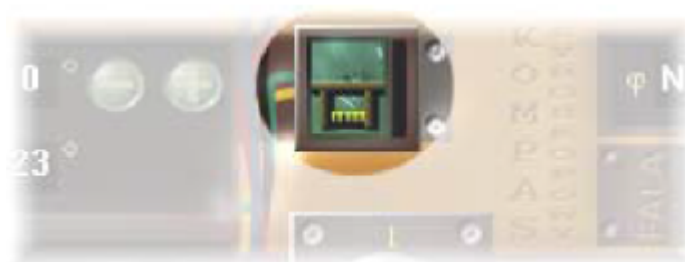
Rys.4 Panel szerokości geograficznej

Zmiany kursu można dokonać jednorazowo maksymalnie o kąt 180° . W podróży eksploatacyjnej rzadko zdarzają się tak duże zwroty, chyba, że przeprowadza się manewr pętli ratowniczej, na przykład w celu poszukiwania człowieka za burtą. Symulator opisuje zachowanie żyrokompasu podczas typowej żegludze eksploatacyjnej, gdzie gwałtowne zwroty bliskie 180° i powyżej praktycznie nie zdarzają się. Zadana wartość zmiany kąta kursu program realizuje przez rozkład tej wartości w czasie uzależnionym od wielkości manewru, tak, aby zobrazować powolną reakcję statku na wychylenia steru oraz zmianę jego prędkości.

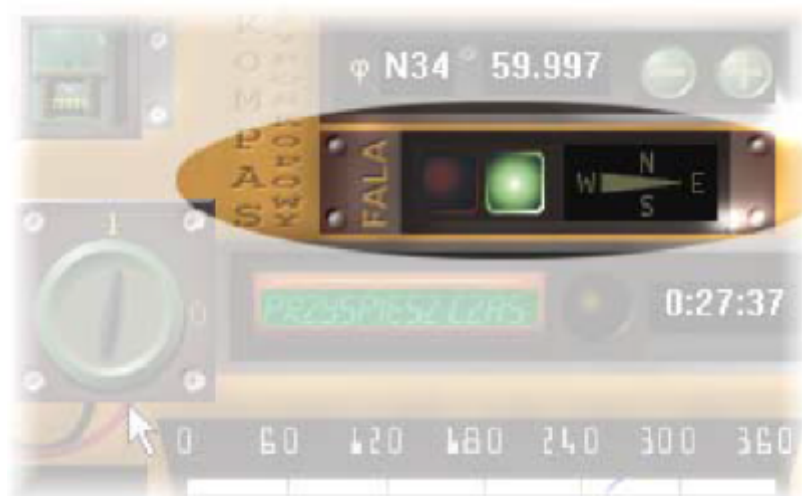


Rys.5 Panel kursu statku

Symulacja ruchu statku jest każdorazowo wstrzymywana w momencie zmiany parametru prędkości lub kursu, co daje możliwość precyzyjnego określenia wielkości i rodzaju manewru.



Rys.6 Automatyczny wyłącznik symulacji



Rys.7 Panel parametrów kołysania statku na fali

Symulator żyrokompasu uwzględnia występowanie następujących błędów:

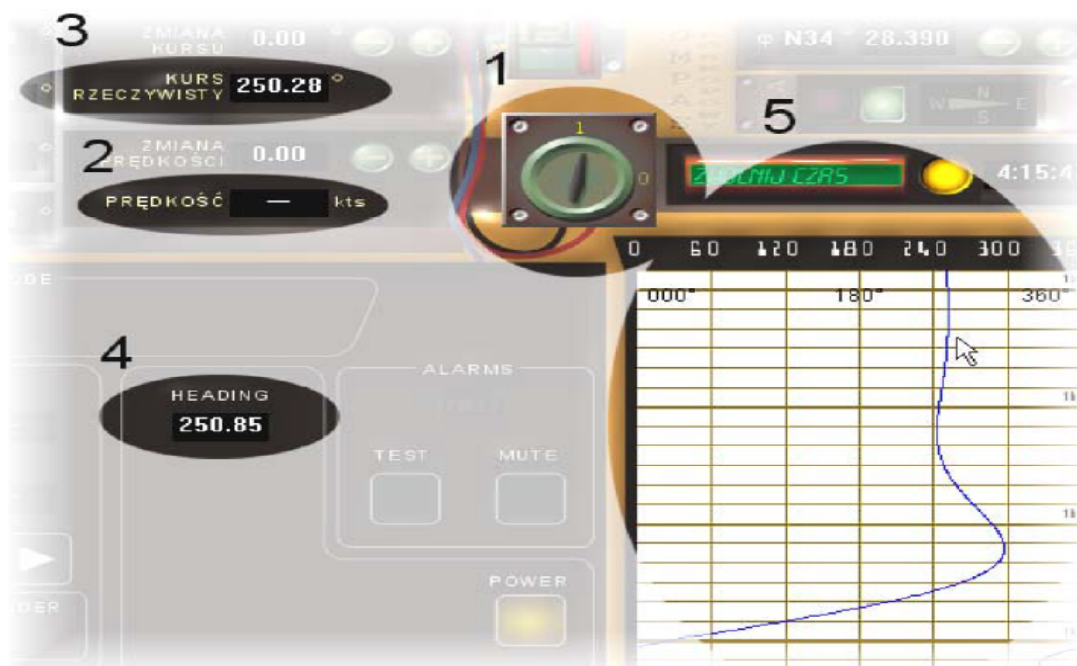
- dewiacji prędkościowej,
- dewiacji inercyjnej,
- dewiacji wywołanej kołysaniem statku,

Suma dewiacji prędkościowej, inercyjnej i falowania jest wskazywana w ostatnim rzędzie tabelki, jako dewiacja całkowita (Rys.8).



Rys.8 Wskaźnik błędu żyrokompasu

Program posiada prezentację procesu ustalania się dokładnego kursu kompasowego po uruchomieniu żyrokompasu. Symulacja tego procesu odbywa się podczas postoju statku przy nabrzeżu, przy zerowej prędkości statku, pole prostokątne, jako nieaktywne symbolem „ - „. Prezentacja procesu polega na rysowaniu sinusoidy tłumionej, która po czasie 5 godzin wskazuje kurs z błędem nie większym niż około $\pm 0.25^\circ$ w stosunku do kursu rzeczywistego (rys 9).

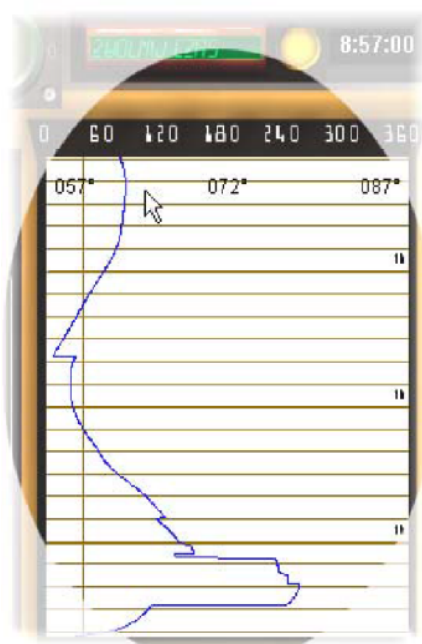


Rys.9 Opis symulatora żyrokompasu

Na rysunku 9 wyszczególnione zostały elementy symulatora żyrokompasu:

1. Włącznik zasilania żyrokompasu.
2. Prędkość - statek nieruchomy.
3. Wskaźnik kursu rzeczywistego.
4. Kurs wskazywany przez żyrokompas.
5. Przebieg zmiany kursu podczas uruchamiania żyrokompasu.

Błędy żyrokompasu podczas rozruchu są duże, ale skala kursografu jest wystarczająca. W przypadku dewiacji inercyjnej, odchylenia od kursu rzeczywistego są w maksymalnych granicach rzędu $\pm 4^\circ$. W związku z tym w programie dodano opcję powiększenia wybranego fragmentu wykresu w celu lepszego przedstawienia przebiegu dewiacji inercyjnej (rys.10).



Rys.10 Powiększona skala kursografu

5. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno być relacją z przebiegu zajęć z uwzględnieniem celu ćwiczenia. W sprawozdaniu należy podać:

- rysunek wraz z opisem elementu czułego żyrokompasu,
- przebieg wahań nietłumionych,
- przebieg wahań tłumionych,

Na stanowisku I należy opisać zachowanie się żyroskopu swobodnego znajdującego się na kuli Ziemskiej w następujących miejscach:

- równiku,
- biegunie północnym,
- na dowolnej szerokości geograficznej.

Ponadto w sprawozdaniu podać i opisać przebieg nietłumionych i tłumionych wahań osi głównej żyrokompasu.

Na stanowisku II w sprawozdaniu narysować wykres kursu żyrokompasu, przy prędkości statku 18 w oraz gdy statek jest unieruchomiony $V=0$ w. W sprawozdaniu zanotować ustawić korektor kursu, biorąc pod uwagę aktualną prędkość statku i szerokość geograficzną statku, porównać kurs rzeczywisty i kurs z żyrokompasu. W sprawozdaniu podaj wnioski z przeprowadzonych badań.

6. Pytania kontrolne

- Podaj definicję żyroskopu.
- Narysuj i opisz element czuły żyrokompasu.
- Opisz przebieg nietłumionych wahań żyroskopu.
- Opisz przebieg tłumionych wahań żyrokompasu.
- Omów zachowanie się żyroskopu pod działaniem zewnętrznego momentu siły.
- Opisz zachowanie się swobodnego żyroskopu na kuli Ziemskiej.
- Podaj charakterystykę błędów dewiacja inercyjna, dewiacja prędkościowa, dewiacja wywołana kołysaniem statku.

7. Literatura

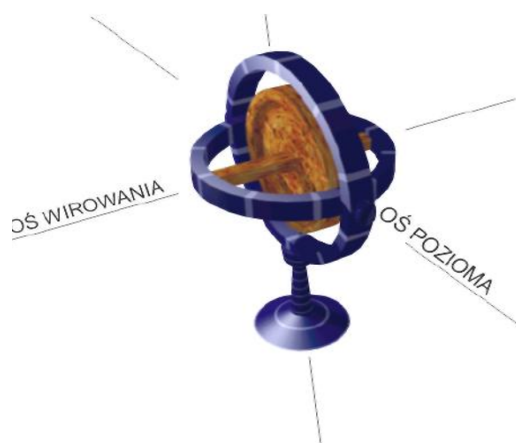
1. E. Krajczyński, Urządzenia nawigacji technicznej, Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Gdynia 1995.
2. E. Krajczyński, Okrętowe kompasy żyroskopowe, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1987.
3. M. Mięsikowski, Współczesne kompasy żyroskopowe, Przegląd Morski 1999 nr 7-8.
4. Polski Rejestr Statków, Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich, Gdańsk 1999.
5. Zeszyt Naukowy WSM Szczecin, Kryteria dokładności żyrokompasów, 1998 nr 55
6. Podręcznik techniczny żyrokompasu CMZ 300X, wydanie angielskie
7. Instrukcja obsługi żyrokompasu CMZ 300X, wydanie polskie skrócone
8. Podręcznik techniczny Plath żyrokompas Navigat, Hamburg
9. Strona internetowa: <http://www.sperry.com>
10. Strona internetowa: <http://www.plath.com>

8. Teoria

8.1 Żyroskop swobodny

Żyroskopem nazywamy ciało sztywne o symetrycznym kształcie wirujące dookoła osi obrotu z dużą prędkością. Prędkość ruchu obrotowego żyroskopów wynosi od kilkunastu tysięcy obrotów na minutę do kilku milionów, w eksperymentalnych rozwiązaniach specjalnego przeznaczenia (technika kosmiczna i militarna). Żyroskopem swobodnym nazywamy żyroskop, który posiada trzy stopnie swobody, czyli możliwość obrotu względem trzech osi przestrzennego układu współrzędnych x y z . W praktycznym rozwiązaniu swobodny żyroskop jest kołem, w którym jego masa rozmieszczona jest na dużym promieniu tak, aby uzyskać jak największy jego moment bezwładności obrotu względem osi obrotu x .

Najważniejsza własność żyroskopu polega na zdolności zachowania stałego kierunku względem nieruchomego układu odniesienia. Cecha ta bazuje na I Prawie Dynamiki Newtona: *Istnieje taki układ odniesienia względem, którego każdy punkt materialny, na który nie działa żadna siła, spoczywa lub porusza się bez przyspieszenia ruchem jednostajnym prostoliniowym.* Żyroskop swobodny utrzymuje stały kierunek głównej osi żyroskopowej w inercjalnym układzie współrzędnych, czyli w stosunku do wszechświata.



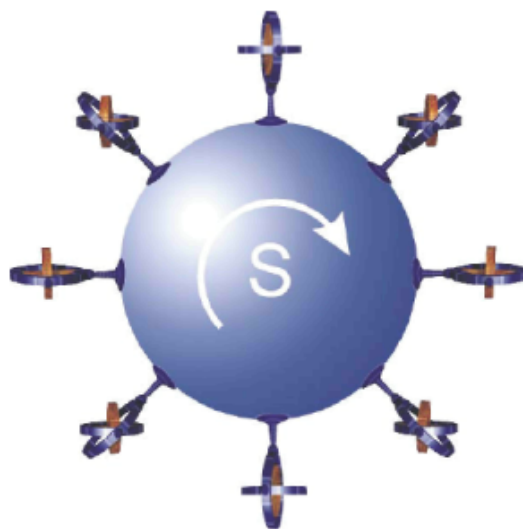
Rys.11. Żyroskop swobodny

Żyroskop przedstawiony na rys 1 posiada trzy stopnie swobody dzięki umieszczeniu go w zawieszeniu kardanowym. Żyroskop ten obraca się wokół osi wirowania x oraz wokół poziomej osi y i pionowej osi z . Środek masy koła jest w przecięciu trzech osi.

Żyroskop może pełnić funkcję wskaźnika kierunku tylko wtedy, jeśli przy dowolnym początkowym ustawieniu jego głównej osi w dowolnej szerokości geograficznej, oś ta samoczynnie ustawi się w płaszczyźnie południka i w ustalonej płaszczyźnie horyzontu.

8.2 Zachowanie żyroskopu na kuli Ziemskiej

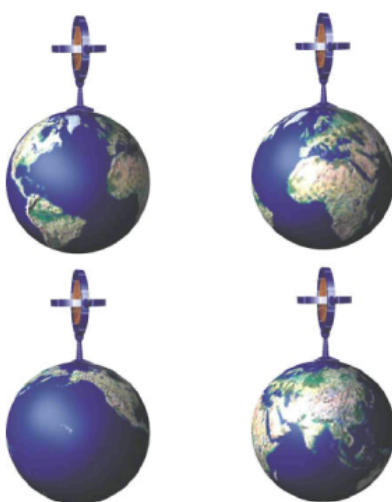
Pozorny ruch żyroskopu w stosunku do powierzchni ziemskiej nazywamy względnym, ponieważ obserwatorowi wydaje się, że to nie układ zmienia swój kierunek, ale oś żyroskopu. Jeśli żyroskop wirujący swobodnie jest ustawiony na równiku ziemi osią obrotową poziomo w zachodnim i wschodnim kierunku, to koło zarysowane przez pozorną rotację wokół horyzontalnej osi tworzy kąt prosty z osią wirowania (rys. 12).



Rys.12 Zachowanie się żyroskopu swobodnego na równiku

Pozorna rotacja podąża z częstotliwością pojedynczego obrotu na dzień. Aktualnie wirująca oś żyroskopowa pozostaje równoległa do jego pierwotnej pozycji w przestrzeni. Na koniec 3 godziny zachodni koniec osi jest skręcony o 45 stopni. Na koniec 6 godziny jest pionowo do powierzchni ziemi. Na koniec 12 godziny oś jest znowu horyzontalnie, ale jej końce są odwrócone widoczne przez obserwatora patrzącego na północ. Aktualnie oś żyroskopu wciąż jest równoległa do jego początkowej pozycji w przestrzeni i wskazuje pierwotny kierunek w przestrzeni. Pozorny ruch jest kontynuowany, i na koniec pełnego obrotu ziemi jest uzyskiwana pierwotna pozycja osi żyroskopu.

Jeśli ustawimy żyroskop wirujący swobodnie na którymkolwiek Północnym lub Południowym biegunie ziemi, to oś wirowania będzie prostopadła do osi biegunowej ziemi. Na biegunach pozorna rotacja jest wokół pionowej osi, a na równiku pozorna rotacja jest wokół poziomej osi (Rys. 13).



Rys.13 Zachowanie się żyroskopu swobodnego na biegunie

Jeśli żyroskop swobodny jest ustawiony na średniej szerokości geograficznej tak, że jego oś nie będzie równoległa ani prostopadła do osi Ziemi, to wówczas jego oś zachowując stały niezmienny kierunek we wszechświecie - będzie zakreślać stożek o podstawie elipsy. Oś żyroskopu będzie wykonywała wahania harmoniczne względem południka, żyroskop swobodny nie jest, więc przydatny do wyznaczania kursu statku.

8.3 Precesja i wahania tłumione i nietłumione żyrokompasu

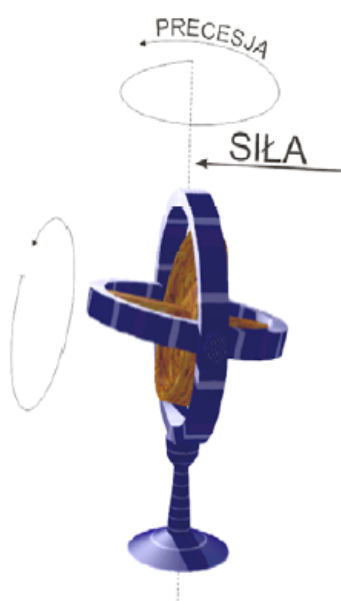
Żyrokompasem nazywamy urządzenie wykorzystujące właściwości żyroskopu swobodnego, które ma zdolność do samoczynnego ustawiania się głównej osi żyroskopowej w płaszczyźnie południka rzeczywistego.

Działanie żyrokompasu możliwe jest dzięki następującym własnościom Ziemi:

- przyciąganiu ziemskiemu (grawitacja),
- ruch obrotowy Ziemi.

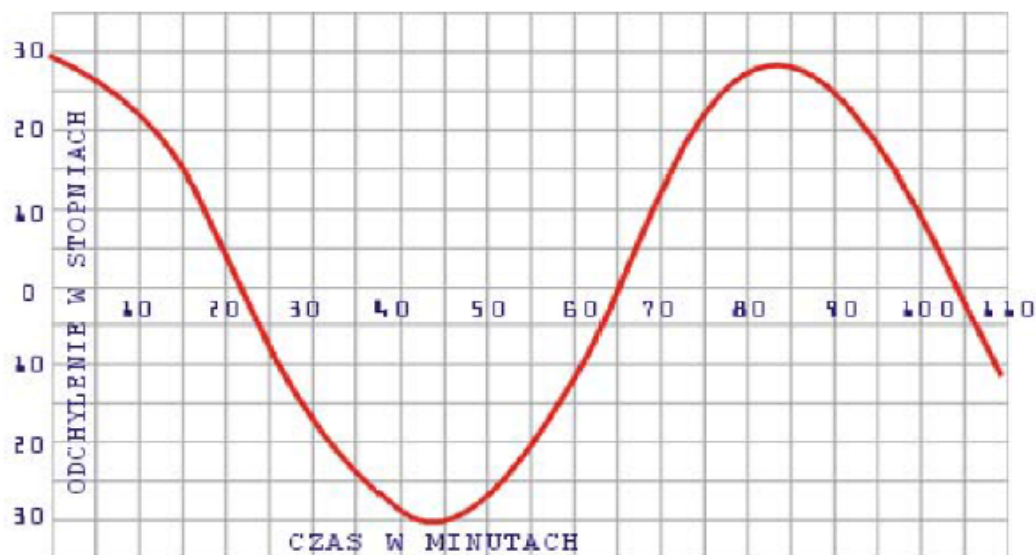
Pierwszym etapem prowadzącym do przekształcenia żyroskopu swobodnego w żyrokompas jest obniżenie środka ciężkości żyroskopu względem środka geometrycznego. Takie rozwiązanie zastosowano w kompasach dwużyroskopowych. Drugim sposobem jest dodanie do żyroskopu swobodnego symetrycznej pary połączonych naczyń rtęciowych. Przelewanie się rtęci w tych naczyniach odbywa się bez tłumienia, takie rozwiązanie wykorzystuje się w żyrokompasach nazywanych jednożyroskopowymi. Zastosowanie każdego z tych rozwiązań powoduje powstanie momentu siły, jeżeli oś żyroskopu zostanie odchyłona od płaszczyzny horyzontu. Pod działaniem tego momentu siły, żyroskop będzie wykonywał ruch precesyjny- obrót względem osi z.

Ruch żyroskopu wywołany działaniem momentu sił zewnętrznych nazywany jest ruchem precesyjnym. Precesja jest ruchem bezinercyjnym, czyli ustaje z chwilą usunięcia przyczyny wywołującej precesję. Jeżeli do żyroskopu przyłożymy siłę, to dzięki jego własnościom fizycznym, nie będzie on się obracał względem osi poziomej y, natomiast będzie precesowała względem osi pionowej z w kierunku zaznaczonym na rysunku 14.



Rys.14 Zachowanie się żyroskopu pod wpływem działania siły zewnętrznej

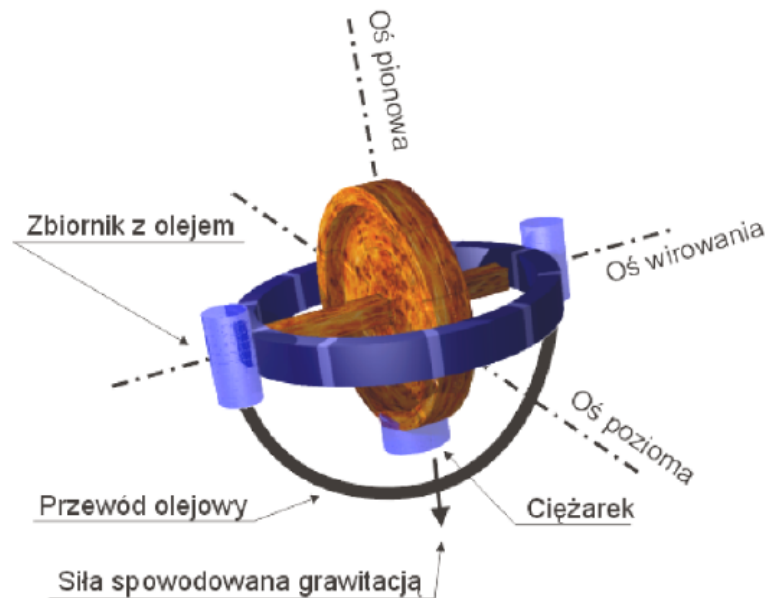
Jeżeli uwzględnimy ruch obroty Ziemi i działanie momentu kierującego, to stwierdzimy, że oś żyroskopu będzie zakreślała stożek o podstawie elipsy. Oś pionowa stożka będzie pokrywać się z południkiem Ziemi. Oś żyroskopu będzie wykonywała, więc wahania harmoniczne względem południka w płaszczyźnie pionowej jak i płaszczyźnie poziomej. Przebieg wahań osi żyroskopu względem południka w płaszczyźnie poziomej przedstawiono na rys. 5. Takie wahania żyroskopu nazywamy wahaniami nietłumionymi.



Rys.15 Przebieg nietłumionych wahań osi żyroskopu

Okres wahań nietłumionych w żyrokompasach powinien wynosić 84,3 min, nazywany jest on często okresem Schullera. Amplituda wahań zależy od początkowego wychylenia osi żyroskopu. Żeby można było wyznaczyć kurs za pomocą kompasu jego oś powinna ustawić się wzdłuż południka, dlatego też oscylacje te muszą być wytłumione.

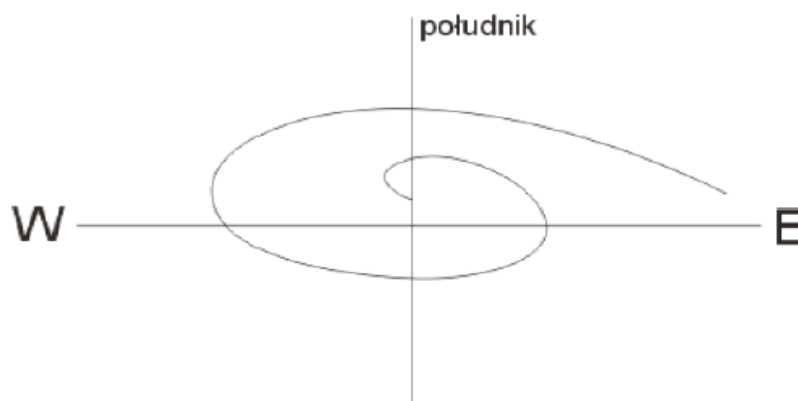
Do tłumienia wahań żyrokompasu najczęściej stosowany jest tłumik olejowy, którym jest symetryczna para naczyń połączonych. W przeciwieństwie do naczyń rtęciowych, przepływ oleju z jednego naczynia do drugiego jest opóźnione o ćwierć okresu w stosunku do wahań osi żyroskopu. Efekt ten osiągnięto dzięki silnemu tłumieniu przepływu oleju, który osiągnięto dzięki cienkiej i długiej rurce łączącej oba naczynia oraz dobraniu odpowiedniej lepkości oleju. Na rysunku 16 przedstawiono żyroskop z dołączonym tłumikiem olejowym. Obniżenie środka ciężkości osiągnięto przez dołączenie do układu ciężarka.



Rys. 16 Żyroskop wraz z olejowym tłumikiem wahań

Opis przebiegu procesu ustawiania osi żyroskopu wzdłuż południka, rozpoczniemy przyjmując, że oś żyroskopu w początkowym położeniu odchylona jest na wschód od południka i zajmuje poziome położenie, w obu naczyniach tłumika olejowego znajduje się jednakowa ilość oleju.

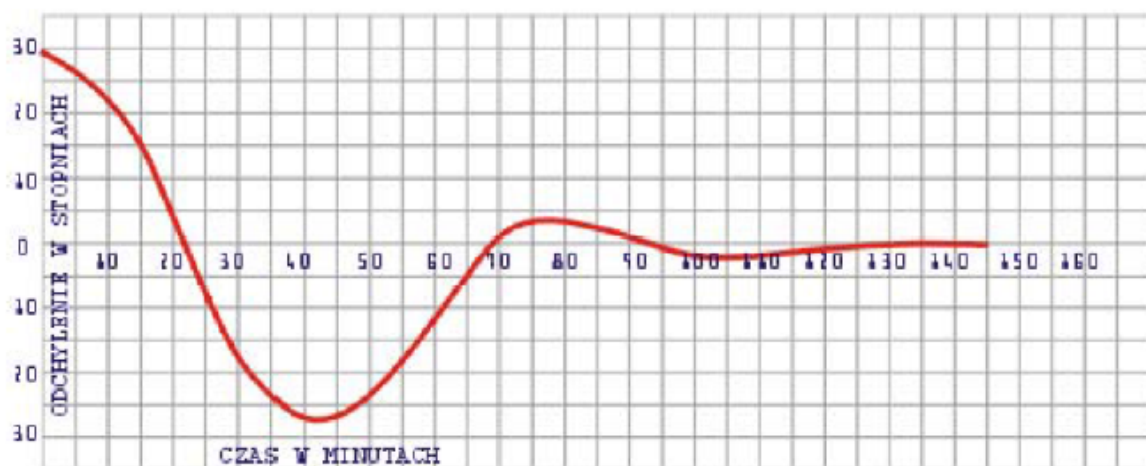
Pod wpływem ruchu obrotowego Ziemi, oś żyroskopu unosi w górę nad płaszczyznę horyzontu i w tym samym czasie olej przepływa do południowego lub północnego zbiornika tłumika olejowego. Masa ciężarka wahadła powoduje, że żyroskop zacznie precesować w kierunku południka (na zachód). Podczas tego ruchu olej w tłumiku w dalszym ciągu przelewa się z północnego do południowego naczynia. Tempo przepływu jest niskie z powodu dużego oporu w przewodzie przelewowym łączącym naczynia. Po pewnym czasie, gdy północna oś żyroskopu dotrze do południka znaczna część oleju z północnego zbiornika znajdzie się w południowym. Nadmiar oleju zgromadzony w południowym zbiorniku wywoła siłę, której działanie jest przeciwne do siły ciężarka. Powoduje to zmniejszenie prędkości precesji osi żyroskopu a tym samym szybciej zostanie ona ustawiona wzdłuż południka. Taki stan żyroskopu nazywa się często położeniem równowagi dynamicznej. Oś główna żyroskopu podczas ruchu do położenia równowagi dynamicznej zakresła spłaszczoną spiralę przedstawioną na rys.17.



Rys.17 Zobrazowanie ruchu głównej osi żyroskopu przy dojściu do położenia równowagi dynamicznej.

Przez odpowiedni dobór współczynnika tłumienia oraz obniżenie środka ciężkości żyroskopu, jego oś może być ustawiona wzdłuż południka po około 2.5 okresu wahań.

Przebieg wahań osi żyroskopu w płaszczyźnie poziomej przedstawiono na rys. 18. Krzywą wahań tłumionych możemy wykreślić za pomocą rejestratora kursu, podczas rozruchu kompasu żyroskopowego. Z chwilą, gdy żyroskopy osiągną znamionową prędkość obrotową, zacznie się opisany proces ustawiania osi żyroskopu wzdłuż południka.

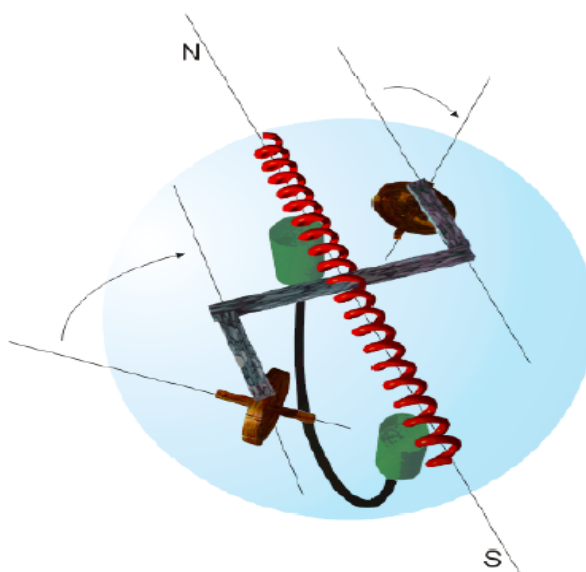


Rys.18 Przebieg tłumionych wahań osi żyroskopu

Opisywany żyroskop z obniżonym środkiem ciężkości oraz dołączonym tłumikiem olejowym jest, więc żyrokomпасem, gdyż jego oś może automatycznie z dowolnego położenia ustawiać się wzdłuż południka. W praktyce takie rozwiązanie jest niestosowane, ze względu na to, że takie żyrokomпасы wykazują duże błędy podczas kołysania statku.

W celu zmniejszenia tego rodzaju błędu element czuły żyrokomпасu wyposażony jest w dwa żyroskopy rys 8. Żyrokomпасы tego typu nazywane są komпасami dwużyroskopowymi.

W konstrukcji elementu pomiarowego komпасu dwużyroskopowego zostały wykorzystane dwa odpowiednio sprzężone ze sobą żyroskopy za pomocą cięgien i sprężyn oraz olejowy tłumik wahań rys.19.



Rys.19 Sposób rozmieszczenia żyroskopów w elemencie czułym komпасu dwużyroskopowego

Przegubowe połączenie żyrokompasów powoduje, że ich osie są stale rozmieszczone symetrycznie względem linii N - S kuli żyroskopowej oraz stabilizują kulę osi N - S zwiększając przez to okres wahań kuli dookoła tej osi oraz zmniejszając wpływ kołysania statku na dokładność wskazań kompasu. Jest to jedna z zalet kompasów dwużyroskopowych, której nie mają kompasy jedno żyroskopowe.

8.4 Błędy żyrokompasów

Żyrokompas podobnie jak inne urządzenia pomiarowe wyznacza (mierzy) kurs z pewnymi błędami. Błędy te podlegają ogólnej teorii pomiarów, która będzie przedmiotem nauczania na czwartym roku studiów. Dlatego błędy żyrokompasów zostaną omówione z dużym uproszczeniem. Błędy żyrokompasów możemy podzielić ze względu na ich charakter na dwa rodzaje:

- stale (systematyczne),
- zmienne (przypadkowe).

Ze względu na miejsce powstawania błędów możemy wyodrębnić:

- błędy instrumentalne,
- błędy metodyczne.

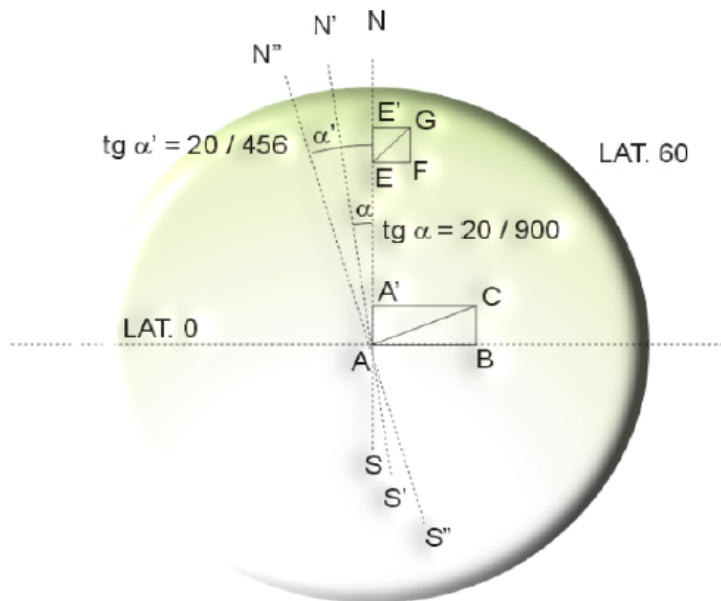
Błędy instrumentalne powstają w wyniku niedoskonałości wykonania żyrokompasu, jego zużycia, czy błędów odczytu wartości kursu. Wszystkie wymienione rodzaje błędów wykazuje większość przyrządów pomiarowych, natomiast błędy metodyczne, które będą omówione wykazują tylko żyrokompasy.

Błędami metodycznymi nazywamy błędy wynikające z niedoskonałości zastosowanej metody pomiaru.. Do tego rodzaju błędów należą:

- **dewiacja prędkościowa** (szybkościowa),
- **dewiacja inercyjna**,
- **dewiacja wywołana kołysaniem statku**.

8.4.1 Dewiacja prędkościowa

Dewiacja prędkościowa - wielkość jej jest uzależniona od prędkości, kursu i szerokości geograficznej statku, na którym znajduje się kompas. Statek na równiku jest przenoszony wokoło przez obrót Ziemi z prędkością 900 węzłów. Jeśli statek płynie dokładnie na zachód, jego prędkość jest przeciwna do prędkości Ziemi, jeśli statek płynie dokładnie na wschód jego prędkość dodaje się do prędkości ruchu Ziemi. Możemy stwierdzić, że na dowolnej szerokości geograficznej i kursie będzie zachodziło sumowanie obu tych prędkości w wyniku tego powstanie wypadkowa prędkość, do której z pewnym przybliżeniem główna oś żyroskopu ustawia się prostopadle do tego wypadkowego wektora (rys 20).



Rys. 20 Dewiacja prędkościowa żyrokompasu

Jednak, jeśli statek znajdujący się w punkcie A zacznie płynąć dokładnie na północ, jego prędkość tworzy kąt prosty z prędkością, z którą obrót Ziemi przenosi żyrokompas dookoła przestrzeni. Zakładając, że statek na rysunku 10 płynie z punktu A z prędkością 20 węzłów, wzdłuż linii kursowej AA' oraz, że prędkość obrotowa Ziemi wynosi 900 węzłów wzdłuż linii A – B, wypadkowy wektor prędkości leży na kierunku A-C, prostopadle do niego ustawi się oś żyroskopu na linii N' - S', a nie wzdłuż południka. Rzeczywista północ będzie w kierunku na wschód od wyznaczonej północy przez kąt N' - A - N, który wynosi $1,25^\circ$ dla prędkości 20 węzłów. Jeśli ten statek zacznie płynąć dokładnie na południe, dewiacja przyjmie znak przeciwny. Jeśli kurs nie jest dokładnie północny lub południowy to dewiacja będzie miała wartość pomiędzy 0 a $1,25^\circ$.

Jeśli statek jest na 60 stopniu szerokości geograficznej północnej, płynie z prędkością 20 węzłów dokładnie na północ jak linia E - E' i rotacja Ziemi na tej szerokości E - F wynosi w prędkości liniowej 456 węzłów, kompas będzie unoszony z szybkością wypadkową, której wektor leży na linii E — G. Oś żyroskopu ustawi się wzdłuż linii N'' - S'', prostopadle do wypadkowej prędkości E - G. W ten sposób na tej szerokości i przy takiej prędkości rzeczywisty kierunek północy będzie $2,5^\circ$ odchylony na wschód od wyznaczonego kierunku przez kompas. Przy północno-wschodnich lub północno-zachodnich kursach, dewiacja będzie wynosić między 0° a 2° .

Wartość dewiacji szybkościowej możemy wyznaczyć z dwóch poniżej przedstawionych wzorów z wykorzystaniem kursu rzeczywistego lub kursu kompasowego:

$$tg\delta = -\frac{V*cosKR}{900*cos\varphi+V*sinKR}$$

$$sin\delta = -\frac{V*cosKK}{900*cos\varphi}$$

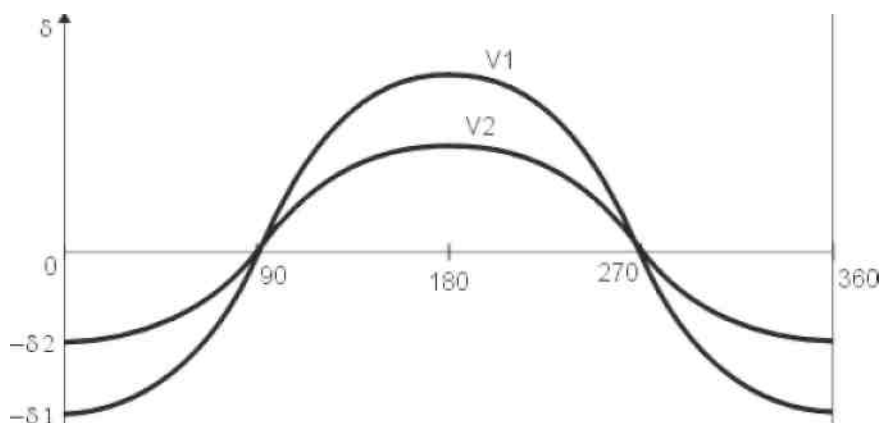
gdzie:

KR- kurs rzeczywisty statku

KK- kurs żyrokompasowy

V- prędkość statku

Wartość dewiacji prędkościowej, jest wprost proporcjonalna do prędkości statku. Dewiacja ta zależy też od kursu statku - na kursach 90 i 270 stopni osiąga wartości równe zero jak na wykresie (rys 21) Dewiacja dla statków ze znacznymi prędkościami poruszających się po wodach na dużych szerokościach geograficznych może dochodzić nawet do kilkunastu stopni



Rys.21 Wpływ kursu statku na dewiację prędkościową

W praktyce do obliczeń dewiacji prędkościowej korzysta się z tabeli dołączonej do montowanego na statku żyrokompasu (Rys.22). Współczesne żyrokompasy posiadają automatyczną korektę dewiacji prędkościowej.

Latitude	Northerly		Southerly		Speed of knots			
	Course							
	Sign of course correction				4	8	12	16
-		+						
55	0	360	180	180	0,4	0,9	1,3	1,8
	15	345	165	195	0,4	0,9	1,3	1,7
	30	330	150	210	0,4	0,8	1,1	1,5
	45	315	135	225	0,3	0,6	0,9	1,3
	60	200	120	240	0,2	0,4	0,7	0,9
	75	285	105	255	0,1	0,2	0,3	0,5
	90	270	90	270	0,0	0,0	0,0	0,0
60	0	360	180	180	0,5	1,0	1,5	2,0
	15	345	165	195	0,5	0,9	1,4	1,9
	30	330	150	210	0,4	0,8	1,3	1,7
	45	315	135	225	0,4	0,7	1,1	1,4
	60	300	120	240	0,3	0,5	0,8	1,0
	75	285	105	255	0,2	0,3	0,4	0,6
	90	270	90	270	0,0	0,0	0,0	0,0

Rys.22 Tabela dewiacji prędkościowej

8.4.2. Dewiacja inercyjna

Przyczyna powstawania dewiacji inercyjnej są przyspieszenia, jakie powstają podczas manewrów statku, czyli zmiany prędkości lub kursu. W wyniku działania przyspieszenia na żyroskop powstają siły bezwładności, które wywołują precesję żyroskopu. Oś elementu pomiarowego z położenia równowagi przesuwają się względem południka. Powstały błąd jest sumą dewiacji inercyjnej pierwszego rodzaju i dewiacji inercyjnej drugiego rodzaju.

Przyczyną powstawania dewiacji inercyjnej pierwszego rodzaju jest oddziaływanie przyspieszenia na obniżony środek ciężkości. Dewiacja inercyjna drugiego rodzaju występuje w wyniku działania przyspieszenia na tłumik olejowy. Wskazania żyrokompasu są obciążone błędem będącym sumą obu dewiacji. W praktyce nie jest możliwe rozdzielenie obu tych składowych. Błąd ten nazywany jest dewiacją inercyjną żyrokompasu.

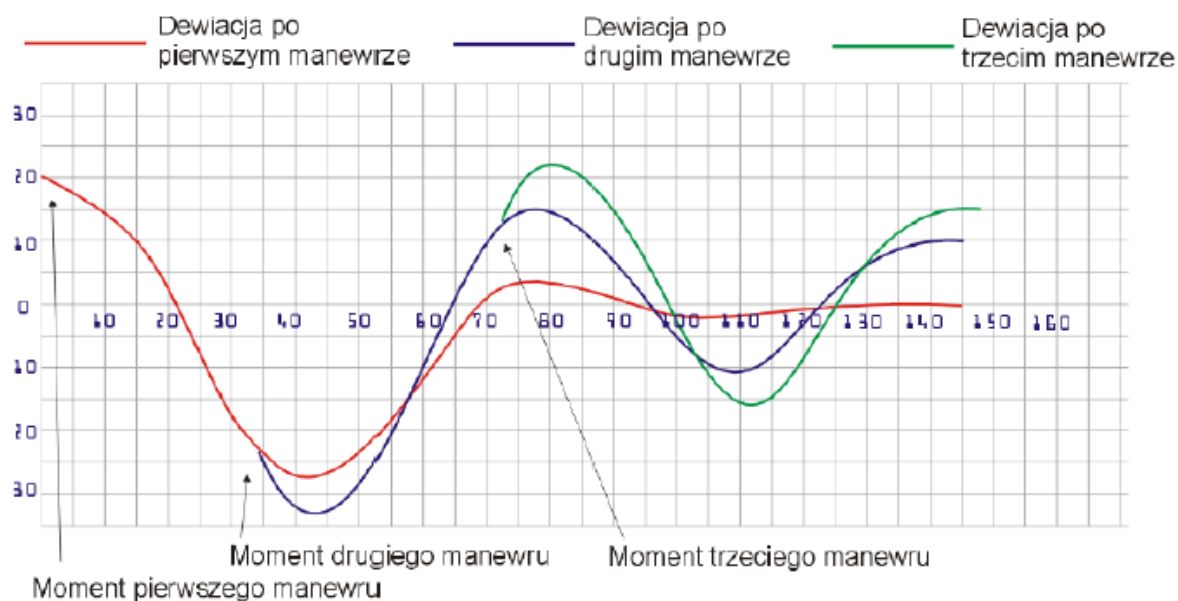
Największa wartość dewiacji występuje w chwili zakończenia manewru, po czym na skutek działania momentu kierującego żyrokompasu i tłumienia wahań wraz z upływem czasu dąży do zera.

Wartość dewiacji inercyjnej zależy od:

- prędkości i kursu statku przed rozpoczęciem manewru,
- prędkości i kursu statku po zakończeniu manewru,
- szerokości geograficznej,
- upływu czasu od chwili zakończenia manewru,

W praktyce uwzględnienie wszystkich tych czynników w celu wyznaczenia poprawki na dewiację inercyjną jest niezwykle trudne. Dlatego też przyjmuje się, że błąd ten zanika po około 1.5 godziny od chwili zakończenia manewru i ruchu statku stałym kursem i stałą prędkością. Pomiary kursu w czasie krótszym będą obciążone błędem.

W przypadku złożonych manewrów, dewiacja pierwszego manewru będzie sumować się z dewiacjami następnymi manewrów (rys 23).



Rys.23 Przebieg dewiacji inercyjnej przy złożonych manewrach

Długotrwałe badania laboratoryjne i eksploatacyjne wykazały, że wartość granicznej dewiacji inercyjnej jest 2 - 2,5 razy większa od dewiacji inercyjnej obliczonej dla jednego manewru. Po trzech lub czterech dużych manewrach nakładające się dewiacje osiągają wartość dewiacji granicznej.

8.4.3 Dewiacja wywołana kołysaniem statku

Falowanie morza powoduje kołysanie statku, podczas którego powstaje przyspieszenia, które działając na obniżony środek ciężkości elementu pomiarowego, oraz na olej znajdujący się w układzie tłumienia powoduje powstanie błędu.

Wpływ kołysania na dokładność wskazań kierunku w kompasach dwużyroskopowych jest mniejsza niż w kompasach jednożyroskopowych z powodu zastosowania w kuli dwóch żyroskopów stabilizujących kulę względem płaszczyzny południka N-S. Dewiacja falowania kompasów dwużyroskopowych w trudnych warunkach środowiskowych osiąga w wysokich szerokościach geograficznych maksymalną wartość $\pm 1,5^\circ$, w średnich szerokościach dochodzi zaledwie do $\pm 0,5^\circ$.

Dewiacja kołysania dla kompasów dwużyroskopowych może być określona według zależności:

$$\delta = \frac{LAB}{4Hr * (\omega * \cos\varphi + V_E/R)} * \sin(2 * KK)$$

Natomiast dla kompasów jednożyroskopowych:

$$\delta = \frac{AB}{4H\omega * \cos\varphi} * \sin(2 * KK)$$

gdzie:

A - współczynnik kwadratu amplitudy przyspieszeń burtowych przechyłów na fali,

L - współczynnik określający położenia środka ciężkości żyrokompasu od środka kołysania statku,

H - moment kinetyczny elementu pomiarowego,

B - moduł momentu konstrukcyjnego kompasu dwużyroskopowego,

KK- kierunek kołysania statku.

Maksymalne wartości dewiacja ta osiąga na kursach ćwiartkowych tj. 45, 135 stopni itd. W praktyce nie wyznacza się poprawki na ten błąd, należy jednak brać pod uwagę pogorszenie dokładności wyznaczania kursu podczas kołysania statku.