

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Морской институт
Кафедра «Судовождение и безопасность судоходства»

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ
ПРИБОРОВ КУРСУКАЗАНИЯ**

Методические указания к выполнению
курсовой работы по дисциплине
«Технические средства судовождения.
Часть 1 – Электронавигационные приборы»

Севастополь
СевГУ
2017

УДК 629.5.058 – 187(076)

ББК 39.471-5я73

О54

Рецензенты: Н.В. Тришин – капитан судоходной компании “Carisbrooke Shipping Limited”;
В.Л. Румянцев – заместитель капитана ГУП ГС «Севастопольский морской порт»

Ответственный за выпуск:

С.А. Подпорин – заведующий кафедрой СБС, к.т.н, доцент

Составитель: С.А. Подпорин, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Судовождение и безопасность судоходства»

О54

Оценка точности приборов курсоуказания: методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Технические средства судовождения. Часть 1 – Электронавигационные приборы»/ сост. С.А. Подпорин. – Севастополь: СевГУ, 2017. – 40 с.: ил.

Целью методических указаний является оказание студентам необходимой методической помощи при выполнении курсового проектирования по дисциплине «Технические средства судовождения. Часть 1 – Электронавигационные приборы».

УДК 629.5.058 – 187(076)

ББК 39.471-5я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Судовождение и безопасность судоходства» Морского института Севастопольского госуниверситета в качестве методических указаний. Протокол заседания кафедры № __ от __. __. 2016 г.

© Подпорин С.А., сост., 2017

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2017

1. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Шрифт Times New Roman (размер 12 или 14); междустрочный интервал – 1,0; интервал перед/после абзаца – 0; выравнивание по ширине; автоматическая расстановка переносов.

2. Текст делится на абзацы. Каждый абзац начинается с красной строки (абзацный отступ 1,25 см).

3. Все заголовки (разделы) нумеруются (кроме введения, выводов, содержания). Название раздела пишется ПРОПИСНЫМИ буквами с абзацного отступа. Ненумерованные заголовки выравниваются по центру.

4. На всех страницах кроме первой (титульный лист) ставится номер (вверху страницы по центру).

5. Поля: верхнее, нижнее, левое – 2 см; правое – 1,5 см.

6. Каждый раздел начинается с новой страницы (рекомендуется отделять разделы разрывами страниц). Подразделы необязательно начинать с новой страницы.

7. Все рисунки должны быть выравнены по центру и иметь нумерацию в пределах раздела. Название рисунка ставится под рисунком. На рисунок в тексте КР должна быть ссылка.

8. Все таблицы должны быть выравнены по центру и иметь нумерацию в пределах раздела. Название таблицы ставится над таблицей. На таблицу в тексте КР должна быть ссылка.

9. Формулы набираются в редакторе формул и нумеруются в пределах раздела. Если на формулу по ходу текста не дается ссылок, то ее можно не нумеровать. Выравнивание формул – по центру. Шрифт такой же, как и у основного текста. Формулы отделяются от основного текста сверху и снизу интервалом 6 пт.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

	Титульный лист
	Содержание
	Лист задания
	Введение
1.	Краткое описание установленного гирокомпаса
2.	Оценка времени прихода гирокомпаса в меридиан
3.	Оценка скоростной девиации гирокомпаса
4.	Оценка инерционной девиации гирокомпаса
5.	Определение поправки гирокомпаса по азимуту небесного светила
6.	Определение девиации магнитного компаса
7.	Заполнение журнала поправок компаса
	Выводы
	Список использованных источников
	Приложения (при наличии)

3. ОБРАЗЕЦ ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

Варианты заданий индивидуальны и выдаются ведущим преподавателем в начале семестра. При выполнении работы требуется знание ряда терминов на английском языке. Образец варианта приведен на рис. 3.1

Task # 62			
Vessel details		Observation details	
Type	High speed boat	Location	Central Indian Ocean
Speed, knots	36	Latitude	S 07°07'
Gyro details		Longitude	E 53°53'
Type	TG-8500	Date	April 30, 2014
Dampening factor	3,5	Time UT	21:57:00
Error at start-up	169°	Celestial body	Acrux
Schuller latitude	54°	Bearing	205°
Student's name _____		Date _____	Signature _____

Рис. 3.1 – Образец варианта задания

Также для выполнения подраздела 6.1 потребуются данные для сличения магнитного компаса с гирокомпасом. Эти данные выдаются индивидуально в виде таблицы (пример представлен в таблице 3.1). Для получения этих данных следует обратиться к преподавателю с уже найденным магнитным склонением и значением полученной в разделе 5 поправки гирокомпас.

Таблица 3.1 – Сличаемые курсы гирокомпас и магнитного компаса (пример задания)

Румб	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
МКК	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
ГКК	34,4°	76,2°	123°	169°	210°	254°	305°	353°

4. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА «ВВЕДЕНИЕ»

4.1 Общая структура раздела

В виде отдельных абзацев следует привести такую информацию:

1. Краткие сведения о судне, совершаемом рейсе и районе плавания. Поскольку в листе задания подробных сведений нет, к написанию данного раздела следует подойти творчески.
2. Перечень обязательных курсоуказывающих приборов на судне данного типа в соответствии с Главой 5, Правил 19 Конвенции СОЛАС.
3. Перечень аппаратуры, использующей информацию о курсе, на судне данного типа.
4. Рекомендации по контролю точности приборов курсоуказания на морских судах.
5. Цель работы и ее планируемый результат.

4.2 Пример написания раздела «Введение»

В ходе выполнения курсовой работы рассмотрим судно типа “Fast Crew Boat” (скоростное судно доставки экипажей), совершающее переход в Северном море. Цель перехода – ротация персонала нефтяной платформы.

Внешний вид судна представлен на рис. 1. Примерные характеристики приведены в таблице 1.



Рис. 1 – Внешний вид судна типа FCB

Таблица 1 – Характеристики рассматриваемого судна

Gross tonnage	1100 GT
Speed	25-36 knots
Length	53 m
Beam	10 m
Draft	3,2 m

Согласно требованиям СОЛАС (Глава 5, правило 19) к оснащению судов навигационными системами и оборудованием, на данном судне должны быть установлены следующие курсоуказывающие приборы (heading sensors) и дополнения к ним:

- главный магнитный компас (standard compass);
- запасной магнитный компас;
- действующий девиационный сертификат (deviation card) на главный магнитный компас;
- гирокомпас (gyro compass);
- пелорус с репитером и пеленгаторным устройством.

Информация о курсе, полученная с судовых компасов, необходима для корректной работы следующей навигационной аппаратуры данного судна:

- авторулевой;
- контроллеры системы динамического позиционирования (*если на судне установлена система DP*);
- радар с системой САРП (*в зависимости от валовой вместимости, вместо системы САРП может быть система автосопровождения (САС) или система электронной прокладки (СЭП)*);
- автоматическая идентификационная система (AIS);
- компасный монитор;
- регистратор данных рейса (*если требуется на судне такого типа и размера*);
- системы дистанционного отображения информации о курсе (репитеры);
- коннинг дисплей (*если судно постройки после 2005 года*).

Точность бортовых курсоуказателей должна регулярно контролироваться путем периодического определения их поправок. В соответствии с требованиями конвенции ПДНВ, рекомендациями по организации штурманской службы (Bridge Procedures Guide), а также положениями Системы управления безопасностью (Safety Management System) судна и судоходной компании, поправки курсоуказателей должны определяться, по меньшей мере, один раз за вахту с занесением в специальный журнал поправок.

Цель данной курсовой работы – проанализировать точность установленных на судне приборов курсоуказания (гирокомпаса и магнитного компаса), получить навыки определения их поправок, оценить значения возникающих в процессе работы девиаций, научиться понимать их причины.

В результате выполнения курсовой работы будет сделан вывод о соответствии курсоуказателей нормативным требованиям ИМО по точности, составлены графики девиаций, определены поправки гироскопического и магнитного компасов, заполнен журнал поправок.

5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 1 «КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ГИРОКОМПАСА»

5.1 Общая структура раздела

В виде отдельных абзацев следует привести такую информацию:

1. Внешний вид гирокомпаса (рисунок).
2. Краткая информация о модели/серии гирокомпаса и компании-изготовителе.
3. Тип гирокомпаса, принцип реализации компасного эффекта (кратко), предназначение.
4. Состав комплекта гирокомпаса.
5. Особенности исполнения, отличия от предыдущих моделей этой же компании.
6. Основные характеристики.
7. Распространенность на морском флоте.

В описание гирокомпаса не следует включать информацию рекламного характера (например, из рекламных проспектов компаний-изготовителей).

5.2 Пример описания гирокомпаса

В соответствии с заданием на описываемом судне установлен гирокомпас «Амур-3М». Внешний вид основного прибора представлен на рисунке 5.1 (*номер рисунка в КР будет иной, например 1.1*).



Рис. 5.1 – Внешний вид ГК «Амур-3М»

Гирокомпас «Амур-3М» – продолжатель известной серии советских гирокомпасов «Амур». Серия получила широкое распространение на советских морских и речных судах с 1970-х годов. На сегодняшний день последняя версия этой серии – «Амур-3М» выпускается заводом точной механики (г. Екатеринбург, РФ). Гирокомпас «Амур—3М» предназначен для выработки курса судна относительно географического меридиана при плавании в широтах до 75° , включая районы с тропическим климатом, со скоростью хода до 25 узлов. Наибольшее распространение получил на судах рыбопромыслового флота.

ГК серии «Амур» относятся к классу двухроторных маятниковых гирокомпасов с жидкостным подвесом и электромагнитным центрированием гиросферы. Компасный эффект достигается за счет смещения центра тяжести гиросферы с помощью системы ртутных сосудов. По элементной базе ГК можно отнести к электромеханическим компасам.

В состав комплекта гирокомпаса входят:

- центральный прибор;
- чувствительный элемент;
- агрегат питания;
- курсограф (опционально);
- пелорусы с пеленгаторными репитерами;
- оптический пеленгатор;
- информационные репитеры;
- комплект эксплуатационных документов;
- комплект ЗИП.

Основные особенности модифицированной версии «Амур-3М» по сравнению с предшествующими моделями «Амур» заключаются в следующем:

- компактность прибора (базовый комплект состоит из двух приборов: центральный прибор и агрегат питания);
- уменьшенный диаметр гиросферы (190 мм);
- увеличенная частота вращения роторов – 29800 об/мин;
- имеется автоматический корректор скоростной девиации;
- отсутствует выключатель затухания;
- усовершенствованный подвес резервуара, исключаяющий влияние вертикальной и горизонтальной вибрации;
- меньшие габариты, масса и энергопотребление (не более 1,5 кВт).

Основные характеристики ГК «Амур-3М», заявленные изготовителем, приведены в таблице 5.1*.

Таблица 5.1. Характеристики гирокомпаса «Амур-3М»

Статическая погрешность (среднеквадратическая)	$\pm 0,15^\circ \text{secф}$
Изменение показаний на неподвижном основании при испытаниях «от пуска к пуску», не более	$\pm 0,25^\circ \text{secф}$
Погрешность при изменении скорости на 20 уз в широтах до 60°	$\leq 2,0^\circ$
Погрешность при изменении скорости на 20 уз в широтах от 60° до 70°	$\leq 3,0^\circ$
Погрешность при изменении курса на 180° на скорости на 20 уз в широтах до 70°	$\leq 5,0^\circ$
Время прихода в меридиан в диапазоне широт $0 \dots 70^\circ$	2,5–6 ч.
Конструктивная широта	60°
Частота вращения гиromоторов	29800 об/мин
Энергопотребление	$\leq 1,5 \text{ кВт}$

(**Для современных моделей дополнительно указать: динамическую точность (dynamic accuracy), скорость обработки следящей системы (follow-up speed), габаритные размеры (dimensions), вес основного прибора (weight), допустимые углы качки (permissible pitch/roll), количество гиromоторов, среднюю наработку на отказ (mean time before failure), другие характеристики по необходимости.*)

ГК серии «Амур» за долгие годы эксплуатации зарекомендовали себя надежными, неприхотливыми, простыми в обслуживании навигационными приборами. Однако достаточно старая элементная база затрудняет их использование в современных навигационных системах. Гирокомпасы «Амур» не выдерживают конкуренции с современными цифровыми аналогами, а потому на новые суда уже не устанавливаются.

6. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 2 «ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ПРИХОДА ГИРОКОМПАСА В МЕРИДИАН»

В задании дается начальный угол отклонения от меридиана (α_0) и средний фактор затухания гиросферы (f_{cp}). Требуется рассчитать примерное время прихода ГК в меридиан с точностью до 1 градуса.

Для этого сначала рассчитываются амплитуды затухающих колебаний (максимальные отклонения от меридиана) в соседних полупериодах по формуле:

$$a_{n+1} = \frac{a_n}{f_{cp}}. \quad (6.1)$$

Например: для ГК с фактором затухания $f_{cp} = 3,3$ и начальным отклонением от меридиана $\alpha_0 = 170^\circ$ рассчитаем амплитуды колебаний в широте $\varphi = N 76^\circ 30'$:

$$a_1 = \frac{a_0}{f_{cp}} = \frac{170^\circ}{3,3} = 51,51^\circ;$$

$$a_2 = \frac{a_1}{f_{cp}} = \frac{51,51^\circ}{3,3} = 15,6^\circ;$$

$$a_3 = \frac{a_2}{f_{cp}} = \frac{15,6^\circ}{3,3} = 4,73^\circ;$$

$$a_4 = \frac{a_3}{f_{cp}} = \frac{4,73^\circ}{3,3} = 1,43^\circ;$$

$$a_5 = \frac{a_4}{f_{cp}} = \frac{1,43^\circ}{3,3} = 0,43^\circ;$$

Таким образом, приход в меридиан будет представлять собой 4 полных колебания ($\alpha_1 \div \alpha_4$).

На совершение одного колебания требуется $\frac{1}{2}T_d$, где T_d – период затухающих колебаний гиросферы. Период затухающих колебаний зависит от широты. Примерные значения для разных широт представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Примерные значения T_d в зависимости от широты

φ°	0	30	40	50	60	70	75	80
T_d , [мин]	68,0	74,7	80,9	91,5	109,5	142,9	174,0	220,3

В случае, если реальная широта φ занимает промежуточное значение между двумя соседними табличными значениями φ_2 и φ_1 , необходимо сделать интерполяцию между соответствующими периодами колебаний:

$$T_d = T_{d1} + (\varphi - \varphi_1) \frac{T_{d2} - T_{d1}}{\varphi_2 - \varphi_1}. \quad (6.2)$$

В рассматриваемом примере

$$T_d = 174 + (76,5 - 75) \frac{220,3 - 174,5}{80 - 75} = 188 \text{ мин.}$$

Далее оценивается время периодической части затухающих колебаний по формуле

$$t_{per} = 0,5 \cdot T_d \cdot N_d = 0,5 \cdot 188 \cdot 4 = 376 \text{ мин.}$$

Время аperiodической части затухающих колебаний примем равным 80 мин (для широт более 60°). Для широт от 30° до 60° следует принять 70 мин, для широт до 30° – 60 мин.

Таким образом, общее время прихода ГК t_{set} в меридиан в данной широте определится как

$$t_{set} = t_{per} + t_{aper} = 376 + 80 = 456 \text{ мин} = 7 \text{ ч } 36 \text{ мин.}$$

Далее сведем в таблицу (см. таблицу 6.2) точки для построения графика прихода гиросферы в меридиан.

Таблица 6.2 – Исходные данные для построения курсограммы прихода гиросферы в меридиан

Time	Error
0	-170.0
80	0.0
127	51.5
174	0.0
221	-15.6
268	0.0
315	4.7
362	0.0
409	-1.4
456	0.0
503	0.4
550	0.0

По данным таблицы 6.2 построим сам график (курсограмму). Рекомендуется использовать программу Microsoft Excel (тип диаграммы – точечная с гладкими кривыми и маркерами). Образец построения для рассмотренного выше примера представлен на рис. 6.1.

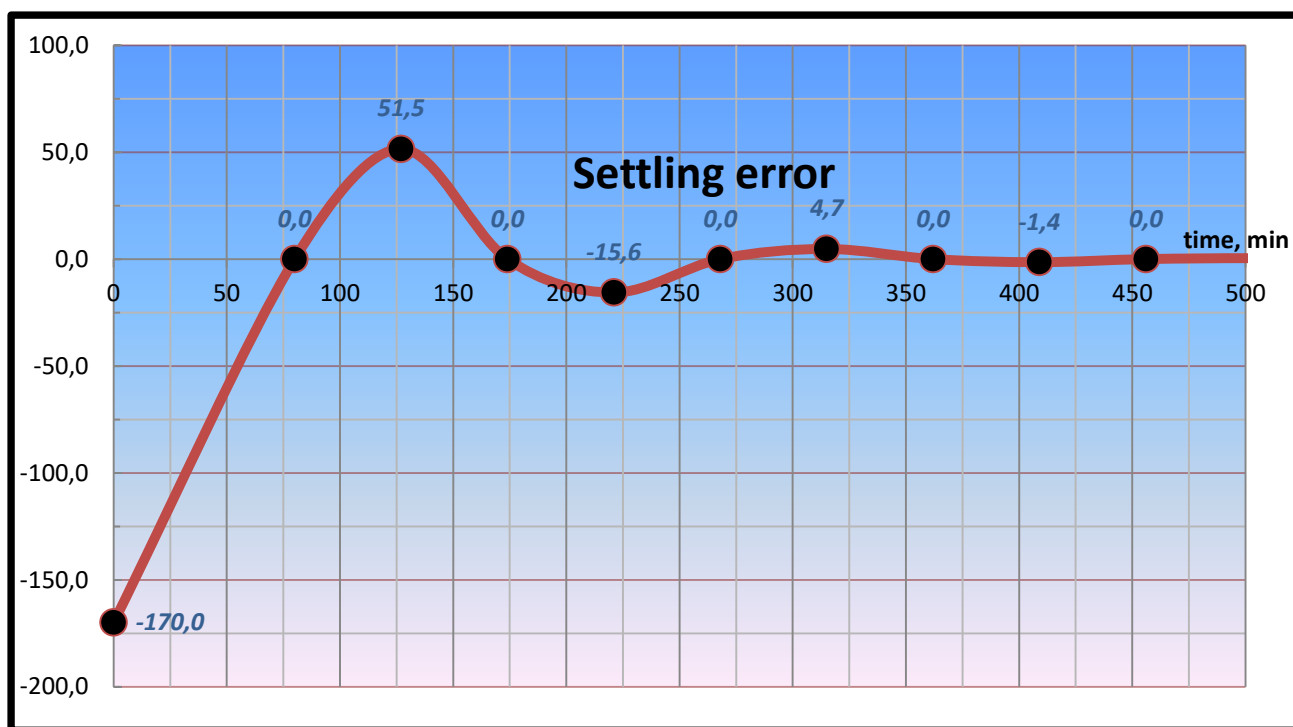


Рис. 6.1 – Курсограмма прихода гиросферы в меридиан

В конце раздела следует сделать вывод о соответствии времени прихода в меридиан требованиям ИМО. Если не соответствует (превышает 6 часов) – пояснить причину (например, высокая широта плавания). Если приход в меридиан в широте до 60° занимает больше 6 часов, необходимо сделать вывод о необходимости замены чувствительного элемента (гиросферы) гирокомпаса.

7. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 3 «ОЦЕНКА СКОРОСТНОЙ ДЕВИАЦИИ ГИРОКОМПАСА»

Раздел 3 включает три подраздела:

2.1 Общие сведения о скоростной девиации.

2.2 Определение девиации на курсах 0, 30°, 60°.

2.3 Определение курсов, на которых девиация превышает целое число градусов.

В подразделе 3.1 следует привести исходные данные о скорости судна и широте плавания согласно варианту задания.

Далее следует дать краткие сведения о скоростной девиации – чем она вызвана, когда максимальна, когда равна нулю.

В подразделе 3.2 следует определить девиацию δ_v , возникающую на курсах 0, 30°, 60°. Для этого необходимо использовать формулу скоростной девиации

$$\sin \delta_v = - \frac{V_c \cdot \cos \Gamma_{\text{ГКК}}}{900 \cdot \cos \varphi}. \quad (7.1)$$

Следует определять абсолютное значение δ_v , (знак «–» в формуле (7.1) в расчет не брать).

В подразделе 3.3 следует определить курсы, на которых девиация превышает целое число градусов (1°, 2°, 3° и т.д.). Для этого выражение (7.1) следует решить относительно $\cos \Gamma_{\text{ГКК}}$.

По значению косинуса определяется угол (например $\Gamma_{\text{ГКК}1(1^\circ)}$, лежащий в первой четверти, на котором $\delta_v = 1^\circ$). Далее необходимо найти еще 3 курса (для трех других четвертей) по формулам приведения:

$$\begin{aligned} \cos \Gamma_{\text{ГКК}2(1^\circ)} &= 180^\circ - \Gamma_{\text{ГКК}1(1^\circ)} \\ \cos \Gamma_{\text{ГКК}3(1^\circ)} &= 180^\circ + \Gamma_{\text{ГКК}1(1^\circ)} \\ \cos \Gamma_{\text{ГКК}4(1^\circ)} &= 360^\circ - \Gamma_{\text{ГКК}1(1^\circ)} \end{aligned}$$

Аналогично поступаем для курсов, на которых $\delta_v = 2^\circ$, $\delta_v = 3^\circ$ и т.д.

Далее необходимо построить график зависимости скоростной девиации от курса. На графике обязательно нанести координатную сетку. Пример графика, построенного в программе Microsoft Excel, представлен на рис. 7.1. Для построения можно использовать и другие программы (например, Mathcad, Matlab, онлайн сервисы и др.).

В конце раздела следует указать, что гирокомпас имеет встроенный корректор скоростной девиации, который по внешней информации от ГНСС и (или) лага автоматически высчитывает δ_v , после чего вносит необходимую поправку в сигнал курсоуказания. При неисправности корректора, следует либо вводить значения скорости и широты в гирокомпас вручную, либо самостоятельно рассчитывать поправку ГК и учитывать ее при решении навигационных задач.

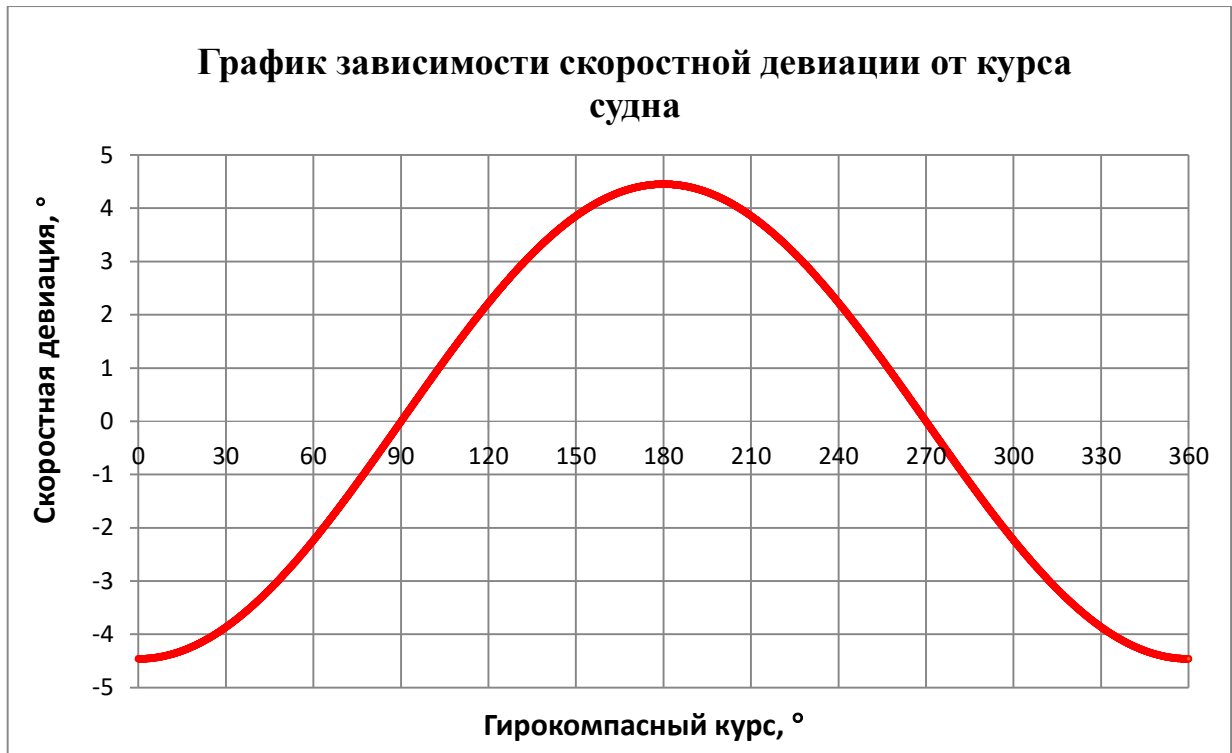


Рисунок 7.1 – График скоростной девиации судна (пример)

8. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 4 «ОЦЕНКА ИНЕРЦИОННОЙ ДЕВИАЦИИ ГИРОКОМПАСА»

В данном разделе требуется вычислить инерционную девиацию гирокомпаса после совершения циркуляции с 0° на 180° на полном ходу с падением скорости на 30%. Для решения используем формулу

$$\delta_j^I = (\delta_{v_2} - \delta_{v_1}) \cdot \left(\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi^*} - 1 \right). \quad (8.1)$$

Значение скоростной девиации δ_{v_1} на курсе 0 уже было найдено по формуле (7.1) в предыдущем разделе. δ_{v_2} будет противоположна по знаку и на 30% меньше, чем δ_{v_1} . В итоге общая формула может быть упрощена следующим образом:

$$\delta_j^I = 1,7 \delta_{v_1} \cdot \left(\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi^*} - 1 \right). \quad (8.2)$$

Значение конструктивной широты φ^* приводится в задании.

В заключении следует отметить, что инерционная девиация вследствие совершения циркуляции с 0 на 180° на полном ходу с падением скорости 30% будет иметь максимальное значение сразу после маневра (указать значение). Она постепенно исчезнет примерно за четверть периода ($\frac{1}{4}T_d$) затухающих колебаний (указать время). Период затухающих колебаний рассчитывается в разделе 2. Здесь также следует отметить, что во время маневра и сразу после него не рекомендуется использовать гирокомпас для решения важных навигационных задач.

9. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 5 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ ГИРОКОМПАСА ПО АЗИМУТУ НЕБЕСНОГО СВЕТИЛА»

9.1 Рекомендованная последовательность выполнения раздела

Перед выполнением расчетов рекомендуется привести краткое описание светила, которое будет использоваться для определения поправки (кроме Луны и Солнца) по образцу, представленному в разделе 9.2.

Далее задания раздела рекомендуется выполнять в такой последовательности (см. пример в разделе 9.3):

1. По дате и времени наблюдений находятся астрономические координаты светила (Гринвичский часовой угол – GHA и склонение – Declination), используя астрономический ежегодник (MAE, Brown's Nautical Almanac, Navsoft online nautical almanac или любой другой). К найденному GHA необходимо прибавить минутный инкремент.

Для звезды сначала находится звездное дополнение (SHA), потом Гринвичский часовой угол точки Овна с минутным инкрементом. Их сумма даст Гринвичский часовой угол звезды.

2. Находим местный часовой угол (LHA), прибавляя или отнимая долготу. Восточная долгота прибавляется, западная отнимается. Делаем вывод о движении светила: восходящее (Rising), если LHA в пределах 180° – 360° ; заходящее (Setting), если LHA в пределах 0° – 180° .

3. По значению LHA и широты находим коэффициент А из таблицы А сборника "Norie's Nautical Tables". При необходимости делаем интерполяцию. Знак коэффициента А берем противоположно широте, кроме случаев, когда LHA в пределах 90° – 270° ;

4. По значению LHA и склонения находим коэффициент В из таблицы В сборника "Norie's Nautical Tables". При необходимости делаем интерполяцию. Знак коэффициента В берем такой же, как склонение светила.

5. Вычисляем коэффициент С как алгебраическую сумму А и В.

6. По значению коэффициента С и широты заходим в таблицу С сборника "Norie's Nautical Tables". Определяем четвертной азимут. При необходимости делаем интерполяцию.

7. Определяем четверть, в которой лежит найденный азимут. Точка, откуда ведется отсчет, определяется по знаку коэффициента С (отсчет идет от точки "N", если С имеет знак «+», и от точки "S", если С имеет знак «-»); направление отсчета определяется по характеру движения светила: если оно восходит, то к "E", если заходит, то к "W").

8. Определяем круговой (истинный) азимут светила.

9. Определяем поправку гирокомпаса как разницу найденного азимута и взятого пеленга на светило.

10. Делаем проверку вычислений по компьютерной программе SkyMate Pro или Stellarium. Делаем вывод о правильности проведенных вычислений, величине найденной поправки и ее соответствии требованиям ИМО.

9.2 Пример описания светила

Звезда Арктур

Арктур (α Волопаса) — самая яркая звезда в созвездии Волопаса и северном полушарии и четвёртая по яркости звезда ночного неба после Сириуса, Канопуса и системы Альфа Центавра. Сравнение с аналогичными светилами приведено в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Яркость (видимая звёздная величина) по сравнению с аналогичными светилами

Звезда	Сириус	Канопус	Ригил Кентавр	Арктур	Вега	Капелла	Ригель
Созвездие	α Большого Пса	α Киля	α Центавра	α Волопаса	α Лирь	α Возничего	β Ориона
Яркость	–1,46	–0,72	–0,27	–0,05	+0,03	+0,08	+0,12

Видимый оттенок: оранжевый.

Склонение: $+19^{\circ}11'$ (Северное полушарие)

Условия видимости: звезда видна в любой точке земного шара к северу от 71° южной широты, вследствие своего небольшого северного склонения. В южном полушарии виден в северной части неба в конце лета, осенью и в начале зимы; в северной Африке и в Центральной Америке он проходит близ зенита; в Европе и Северной Америке Арктур всходит на северо-востоке, проходит верхнюю кульминацию в южной части неба, и заходит на северо-западе.

Условия видимости в России: На территории России Арктур виден круглый год; наилучшие условия наблюдения весной. Весной и до середины лета Арктур находится высоко над горизонтом в южной части неба, осенью он находится низко над горизонтом на западе некоторое время после захода Солнца (ранней осенью) или некоторое время перед его восходом (поздней осенью). Зимой Арктур можно увидеть поздней ночью и под утро.

Опознавание на небе: чтобы найти Арктур, нужно проложить дугу через три звезды ручки ковша Большой Медведицы — Алиот, Мицар, Бенетнаш (Алькаид). Входит в астеризм «Эскимо» («Воздушный змей», «Парашют» — см. рис. 9.1).

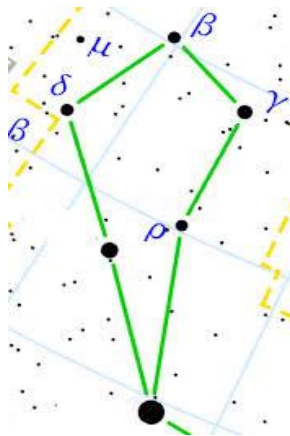


Рисунок 9.1 – Астеризм «Эскимо»

Планета Марс

Марс – четвёртая по удалённости от Солнца и седьмая по размерам планета Солнечной системы. По яркости среди планет на ночном небе занимает 3 место после Венеры и Юпитера. Сравнение с аналогичными светилами приведено в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Яркость (видимая звёздная величина) по сравнению с аналогичными светилами

Светило	Луна	Венера	Юпитер	Марс	Сатурн	Сириус	Канопус
Созвездие	—	—	—	—	—	α Большо-го Пса	α Киля
Яркость (макс.)	–12,7	–4,6	–2,94	–2,91	–0,2	–1,46	–0,72

Видимый оттенок: оранжевый.

Склонение (на время наблюдений): $+19^{\circ}51'$ (Северное полушарие).

Условия видимости: Марс хорошо виден с Земли невооружённым глазом. Его видимая звёздная величина достигает $-2,91m$ (при максимальном сближении с Землёй), уступая по яркости лишь Юпитеру (и то далеко не всегда во время великого противостояния) и Венере (но лишь утром или вечером). Противостояние Марса можно наблюдать каждые два года. Как правило, во время великого противостояния (то есть при совпадении противостояния с Землёй и прохождения Марсом перигелия своей орбиты) оранжевый Марс является ярчайшим объектом земного ночного неба (не считая Луны), но это происходит лишь один раз в 15—17 лет в течение одной-двух недель.

Опознание на небе: красный немерцающий объект.

9.3 Пример определения поправки гирокомпаса по азимуту небесного светила

Исходные данные для астрономического наблюдения представлены в таблице 9.3.

Таблица 9.3. – Данные для астрономического наблюдения

Celestial Body	Mars	
Location	Kara Sea	
Position (ϕ/λ)	N $75^{\circ}06'$	E $75^{\circ}06'$
Date/UT	28/09/11	19:24:00
Bearing	$60^{\circ}00'$	

Для определения поправки ГК воспользуемся астрономическим ежегодником Brown's Nautical Almanac (2011 г.), сборником “Norie’s Nautical Tables”, а также значениями из таблицы 9.1 исходных данных.

На рисунке 9.2 представлена часть страницы альманаха, соответствующая 28 сентября 2011, на которой выделены Гринвичский часовой угол (GHA) и склонение (Dec) искомого светила (планета Марс).

2011 September 28											
GMT	ARIES	VENUS	-3.9	MARS	+1.3	JUPITER	-2.8	SATURN	+0.8	STARS	
	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	Name	SHA
28 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 Wednesday	6° 25'.7	171° 16'.4	5° 21'.0 S	238° 22'.9	19° 57'.6 N	329° 19'.0	13° 06'.9 N	168° 43'.7	5° 04'.3 S	Acamar	315° 18'.9 4
	21° 28'.1	186° 16'.0	22'.3	253° 23'.8	57'.3	344° 21'.6	06'.9	183° 45'.9	04'.5	Achemar	335° 27'.0 5
	36° 30'.6	201° 15'.6	23'.6	268° 24'.7	56'.9	359° 24'.3	06'.8	198° 48'.1	04'.6	Acruz	173° 11'.5 6
	51° 33'.1	216° 15'.2	24'.8	283° 25'.6	56'.6	14° 27'.0	06'.7	213° 50'.2	04'.7	Adhara	255° 13'.5 2
	66° 35'.5	231° 14'.8	26'.1	298° 26'.5	56'.3	29° 29'.7	06'.6	228° 52'.4	04'.8	Aldebaran	290° 50'.6 1
	81° 38'.0	246° 14'.4	27'.3	313° 27'.4	55'.9	44° 32'.4	06'.5	243° 54'.6	04'.9		
	96° 40'.5	261° 14'.0	28'.6	328° 28'.3	55'.6	59° 35'.1	06'.5	258° 56'.8	05'.0	Alioth	166° 22'.2 5
	111° 42'.9	276° 13'.6	29'.8	343° 29'.2	55'.3	74° 37'.7	06'.4	273° 59'.0	05'.1	Alkaid	153° 00'.2 4
	126° 45'.4	291° 13'.2	31'.1	358° 30'.1	54'.9	89° 40'.4	06'.3	289° 01'.2	05'.3	Alnair	27° 44'.8 4
	141° 47'.8	306° 12'.8	32'.4	13° 31'.1	54'.6	104° 43'.1	06'.2	304° 03'.4	05'.4	Alnilam	275° 47'.5
	156° 50'.3	321° 12'.4	33'.6	28° 32'.0	54'.3	119° 45'.8	06'.2	319° 05'.5	05'.5	Alphard	217° 57'.5
	171° 52'.8	336° 12'.0	34'.9	43° 32'.9	53'.9	134° 48'.5	06'.1	334° 07'.7	05'.6		
	186° 55'.2	351° 11'.7	5° 36'.1 S	58° 33'.8	19° 53'.6 N	149° 51'.2	13° 06'.0 N	349° 09'.9	5° 05'.7 S	Alphecca	126° 12'.3 2
	201° 57'.7	6° 11'.3	37'.4	73° 34'.7	53'.3	164° 53'.9	05'.9	4° 12'.1	05'.8	Alpheratz	357° 44'.4 2
	217° 00'.2	21° 10'.9	38'.6	88° 35'.6	52'.9	179° 56'.5	05'.8	19° 14'.3	06'.0	Altair	62° 09'.3
	232° 02'.6	36° 10'.5	39'.9	103° 36'.5	52'.6	194° 59'.2	05'.8	34° 16'.5	06'.1	Ankaa	353° 16'.4 4
	247° 05'.1	51° 10'.1	41'.1	118° 37'.4	52'.3	210° 01'.9	05'.7	49° 18'.7	06'.2	Antares	112° 27'.9 2
	262° 07'.6	66° 09'.7	42'.4	133° 38'.4	51'.9	225° 04'.6	05'.6	64° 20'.8	06'.3		
	277° 10'.0	81° 09'.3	43'.6	148° 39'.3	51'.6	240° 07'.3	05'.5	79° 23'.0	06'.4	Arcturus	145° 57'.1 1
	292° 12'.5	96° 08'.9	44'.9	163° 40'.2	51'.3	255° 10'.0	05'.5	94° 25'.2	06'.5	Atria	107° 31'.1 6
	307° 15'.0	111° 08'.5	46'.1	178° 41'.1	50'.9	270° 12'.7	05'.4	109° 27'.4	06'.6	Avior	234° 18'.9 5
	322° 17'.4	126° 08'.1	47'.4	193° 42'.0	50'.6	285° 15'.4	05'.3	124° 29'.6	06'.8	Bellatrix	278° 33'.2
	337° 19'.9	141° 07'.7	48'.7	208° 42'.9	50'.3	300° 18'.0	05'.2	139° 31'.8	06'.9	Betelgeuse	271° 02'.6
	352° 22'.3	156° 07'.3	49'.9	223° 43'.9	49'.9	315° 20'.7	05'.1	154° 34'.0	07'.0		

d 1'.2

Рис. 9.2 – Определение ГНА, склонения и поправки

Определим инкремент на 24 минуты из таблицы инкрементов и поправок (см. рис. 9.3). Там же возьмем поправку ($d\text{-cor}$) для склонения (для планет, солнца и звезд эта поправка необязательна в виду своей малости).

Для нахождения координат светила (планета Марс) воспользуемся следующими формулами:

$$GHA \sigma = GHA^* + Incr$$

$$Dec \sigma = Dec^* + dcor$$

$$LHA \sigma = GHA + \lambda$$

Выполним расчеты координат в столбик по установленной форме.

24^m

INCREMENTS AND CORRECTIONS

S	Sun Planets	Aries	Moon	V or d	Corr'n	V or d	Corr'n	V or d	Corr'n	S	Sun Planets	Aries	
00	6° 00'.0	6° 01'.0	5° 43'.6	0.0	0.0	6.0	2.5	12.0	4.9	00	6° 15'.0	6° 16'.0	5'
01	6° 00'.2	6° 01'.3	5° 43'.8	0.1	0.0	6.1	2.5	12.1	4.9	01	6° 15'.3	6° 16'.3	5'
02	6° 00'.5	6° 01'.5	5° 44'.1	0.2	0.1	6.2	2.5	12.2	5.0	02	6° 15'.5	6° 16'.5	5'
03	6° 00'.7	6° 01'.8	5° 44'.3	0.3	0.1	6.3	2.6	12.3	5.0	03	6° 15'.8	6° 16'.8	5'
04	6° 01'.0	6° 02'.0	5° 44'.6	0.4	0.2	6.4	2.6	12.4	5.1	04	6° 16'.0	6° 17'.0	5'
05	6° 01'.3	6° 02'.3	5° 44'.8	0.5	0.2	6.5	2.7	12.5	5.1	05	6° 16'.3	6° 17'.3	5'
06	6° 01'.5	6° 02'.5	5° 45'.0	0.6	0.2	6.6	2.7	12.6	5.1	06	6° 16'.5	6° 17'.5	5'
07	6° 01'.8	6° 02'.8	5° 45'.3	0.7	0.3	6.7	2.7	12.7	5.2	07	6° 16'.7	6° 17'.8	5'
08	6° 02'.0	6° 03'.0	5° 45'.5	0.8	0.3	6.8	2.8	12.8	5.2	08	6° 17'.0	6° 18'.0	5'
09	6° 02'.3	6° 03'.3	5° 45'.7	0.9	0.4	6.9	2.8	12.9	5.3	09	6° 17'.2	6° 18'.3	6'
10	6° 02'.5	6° 03'.5	5° 46'.0	1.0	0.4	7.0	2.9	13.0	5.3	10	6° 17'.5	6° 18'.5	6'
11	6° 02'.7	6° 03'.8	5° 46'.2	1.1	0.4	7.1	2.9	13.1	5.3	11	6° 17'.7	6° 18'.8	6'
12	6° 03'.0	6° 04'.0	5° 46'.5	1.2	0.5	7.2	2.9	13.2	5.4	12	6° 18'.0	6° 19'.0	6'
13	6° 03'.2	6° 04'.3	5° 46'.7	1.3	0.5	7.3	3.0	13.3	5.4	13	6° 18'.3	6° 19'.3	6'
14	6° 03'.5	6° 04'.5	5° 46'.9	1.4	0.6	7.4	3.0	13.4	5.5	14	6° 18'.5	6° 19'.6	6'
15	6° 03'.7	6° 04'.8	5° 47'.2	1.5	0.6	7.5	3.1	13.5	5.5	15	6° 18'.8	6° 19'.8	6'

Рисунок 9.3 – Определение минутного инкремента и поправки к склонению

GHA ^{19h}	163°40.2'	Dec σ ^{19h}	19°51.3'N
Increment ^{24m0s}	+ 6°00'	Correction	0°00,5'
GHA σ	169°40.2'	Dec σ	= 19°51.8'N
λ (East)	+ 75°06.0'		
LHA σ	= 244°46.2' (Rising)		

Воспользуемся таблицами “Norie's Nautical Tables” для нахождения вспомогательных коэффициентов A, B, C.

На рисунке 9.4 представлена часть таблицы A, на которой обозначены искомые значения коэффициента A. Заходим в таблицу по значению LHA = 244°46.2' и широты $\varphi = 75^\circ 06'$.

TABLE A HOUR ANGLE																	
Lat °	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	Lat °
	300°	299°	298°	297°	296°	295°	294°	293°	292°	291°	290°	289°	288°	287°	286°	285°	
60	1.00	.96	.92	.88	.85	.81	.77	.74	.70	.67	.63	.60	.56	.53	.50	.46	60
61	1.04	1.00	.96	.92	.88	.84	.80	.77	.73	.69	.66	.62	.59	.55	.52	.48	61
62	1.09	1.04	1.00	.96	.92	.88	.84	.80	.76	.72	.68	.65	.61	.58	.54	.50	62
63	1.13	1.09	1.04	1.00	.96	.92	.87	.83	.79	.75	.71	.68	.64	.60	.56	.53	63
64	1.18	1.14	1.09	1.05	1.00	.96	.91	.87	.83	.79	.75	.71	.67	.63	.59	.55	64
65	1.24	1.19	1.14	1.09	1.05	1.00	.96	.91	.87	.82	.78	.74	.70	.66	.62	.57	65
66	1.30	1.25	1.19	1.14	1.10	1.05	1.00	.95	.91	.86	.82	.77	.73	.69	.64	.60	66
67	1.36	1.31	1.25	1.20	1.15	1.10	1.05	1.00	.95	.90	.86	.81	.77	.72	.68	.63	67
68	1.43	1.37	1.32	1.26	1.21	1.15	1.09	1.05	1.00	.95	.90	.85	.80	.76	.71	.66	68
69	1.50	1.44	1.39	1.33	1.27	1.22	1.16	1.11	1.05	1.00	.95	.90	.85	.80	.75	.70	69
70	1.59	1.52	1.46	1.40	1.34	1.28	1.22	1.17	1.11	1.05	1.00	.95	.89	.84	.79	.74	70
71	1.68	1.61	1.54	1.48	1.42	1.35	1.29	1.23	1.17	1.11	1.06	1.00	.94	.89	.83	.78	71
72	1.78	1.71	1.64	1.57	1.50	1.44	1.37	1.31	1.24	1.18	1.12	1.06	1.00	.94	.88	.82	72
73	1.89	1.81	1.74	1.67	1.60	1.53	1.46	1.39	1.32	1.26	1.19	1.13	1.06	1.00	.94	.88	73
74	2.01	1.93	1.85	1.78	1.70	1.63	1.55	1.48	1.41	1.34	1.27	1.20	1.13	1.07	1.00	.93	74
75	2.16	2.07	1.98	1.90	1.82	1.74	1.66	1.58	1.51	1.43	1.36	1.29	1.21	1.14	1.07	1.00	75
76	2.32	2.22	2.13	2.04	1.96	1.87	1.79	1.70	1.62	1.54	1.46	1.38	1.30	1.23	1.15	1.07	76
77	2.50	2.40	2.30	2.21	2.11	2.02	1.93	1.84	1.75	1.66	1.58	1.49	1.41	1.32	1.24	1.16	77
78	2.72	2.61	2.50	2.40	2.29	2.19	2.09	2.00	1.90	1.81	1.71	1.62	1.53	1.44	1.35	1.26	78
79	2.97	2.85	2.74	2.62	2.51	2.40	2.29	2.18	2.08	1.97	1.87	1.77	1.67	1.57	1.48	1.37	79
80	3.27	3.14	3.02	2.89	2.77	2.64	2.53	2.41	2.29	2.18	2.06	1.95	1.84	1.73	1.63	1.52	80
81	3.65	3.50	3.36	3.22	3.08	2.94	2.81	2.68	2.55	2.42	2.30	2.17	2.05	1.93	1.81	1.69	81
82	4.11	3.94	3.78	3.63	3.47	3.32	3.17	3.02	2.87	2.73	2.59	2.45	2.31	2.18	2.04	1.91	82
83	4.70	4.51	4.33	4.15	3.97	3.80	3.63	3.46	3.29	3.13	2.96	2.80	2.65	2.49	2.34	2.18	83
Lat	120°	119°	118°	117°	116°	115°	114°	113°	112°	111°	110°	109°	108°	107°	106°	105°	Lat
	240°	241°	242°	243°	244°	245°	246°	247°	248°	249°	250°	251°	252°	253°	254°	255°	

A - Named opposite to Latitude, exce

Hour Angle is between 90° and 270°

Рис. 9.4— Нахождение коэффициента А

Применив интерполяцию, получаем значение коэффициента А

$$A=1,78N$$

Знак коэффициента А такой же, как у широты, т.к. LHA лежит в пределах от 90° до 270°.

На рисунке 9.5 представлена часть таблицы В, на которой обозначены искомые значения коэффициента В. Заходим по значению LHA = 244°46.2' и Dec = 19°52' N.

TABLE B HOUR ANGLE																	
Dec °	60° 300°	61° 299°	62° 298°	63° 297°	64° 296°	65° 295°	66° 294°	67° 293°	68° 292°	69° 291°	70° 290°	71° 289°	72° 288°	73° 287°	74° 286°	75° 285°	Dec °
0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0
1	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	1
2	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	2
3	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	05	3
4	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	07	07	07	07	07	07	4
5	10	10	10	10	10	10	10	10	09	09	09	09	09	09	09	09	5
6	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	6
7	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	7
8	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	8
9	18	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	9
10	20	20	20	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	18	18	18	10
11	22	22	22	22	22	21	21	21	21	21	21	21	20	20	20	20	11
12	25	24	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23	22	22	22	22	12
13	27	26	26	26	26	25	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	13
14	29	29	28	28	28	28	27	27	27	27	27	26	26	26	26	26	14
15	31	31	30	30	30	30	29	29	29	29	29	28	28	28	28	28	15
16	33	33	32	32	32	32	31	31	31	31	31	30	30	30	30	30	16
17	35	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33	32	32	32	32	32	17
18	38	37	37	36	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	18
19	40	39	39	39	38	38	38	37	37	37	37	36	36	36	36	36	19
20	42	42	41	41	41	40	40	40	39	39	39	39	38	38	38	38	20
21	44	44	43	43	43	42	42	42	41	41	41	41	40	40	40	40	21
22	47	46	46	45	45	45	44	44	44	43	43	43	43	42	42	42	22
23	49	49	48	48	47	47	46	46	46	46	45	45	45	44	44	44	23
24	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	47	47	47	47	46	46	24
25	54	53	53	52	52	52	51	51	50	50	49	49	49	49	49	48	25
26	56	56	55	55	54	54	53	53	53	52	52	52	51	51	51	50	26
27	59	58	58	57	57	56	56	55	55	55	54	54	54	53	53	53	27
28	61	61	60	60	59	59	58	58	57	57	57	56	56	56	55	55	28
29	64	63	63	62	62	61	61	60	60	59	59	59	58	58	58	57	29
30	67	66	65	65	64	64	63	63	62	62	62	61	61	60	60	60	30
31	69	69	68	67	67	66	66	65	65	64	64	64	63	63	63	62	31
32	72	71	71	70	70	69	68	67	67	67	66	66	66	65	65	65	32
33	75	74	74	73	72	72	71	71	70	70	69	69	68	68	68	67	33
34	78	77	76	76	75	75	74	73	73	72	72	71	71	71	70	70	34
35	81	80	79	79	78	77	77	76	76	75	74	74	74	73	73	72	35
36	84	83	82	82	81	80	80	79	78	78	77	77	77	76	76	75	36
37	87	86	85	85	84	83	82	82	81	81	80	80	79	79	78	78	37
38	90	89	88	88	87	86	86	85	84	84	83	83	82	82	81	81	38
39	94	93	92	91	90	89	89	88	87	87	86	86	85	85	84	84	39
40	97	96	95	94	93	93	92	91	91	90	89	89	88	88	87	87	40
41	100	99	98	98	97	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	90	41
42	104	103	102	101	100	99	99	98	97	96	96	95	95	94	94	93	42
43	108	107	106	105	104	103	02	101	101	100	99	99	99	98	97	97	43
44	111	110	109	108	107	107	06	105	104	103	103	102	102	101	100	100	44
45	115	114	113	112	111	110	10	109	108	107	106	106	105	105	104	104	45
46	120	118	117	116	115	114	13	112	112	111	110	110	109	108	107	107	46
47	124	123	122	120	119	118	17	116	116	115	114	113	113	112	112	111	47
48	128	127	126	125	124	122	22	121	120	119	118	117	117	116	116	115	48
49	133	132	130	129	128	127	26	125	124	123	122	122	120	120	120	119	49
50	138	136	135	134	133	131	31	129	129	128	127	126	125	125	124	123	50
51	143	141	140	139	137	136	35	134	133	132	131	131	130	129	128	128	51
52	148	146	145	144	142	141	40	139	138	137	136	135	135	134	133	133	52
53	153	152	150	149	148	146	45	144	143	142	141	140	140	139	138	137	53
54	159	157	156	155	153	152	51	150	148	147	146	146	145	144	143	142	54
55	165	163	162	160	159	158	56	155	154	153	152	151	150	149	149	148	55
56	171	170	168	166	165	164	62	161	160	159	158	157	156	155	154	154	56
57	178	176	174	173	171	170	69	167	166	165	164	163	162	161	160	160	57
58	185	183	181	180	178	177	75	174	173	171	171	169	168	167	166	166	58
59	192	190	189	187	185	184	82	181	179	178	177	176	175	174	173	172	59
60	200	198	196	194	193	191	89	188	187	186	184	183	182	181	180	179	60
Dec	120°	119°	118°	117°	116°	115°	114°	113°	112°	111°	110°	109°	108°	107°	106°	105°	Dec
	240°	241°	242°	243°	244°	245°	246°	247°	248°	249°	250°	251°	252°	253°	254°	255°	Dec

Рис. 9.5 – Нахождение коэффициента В

Применив интерполяцию, получим:

$$B=0,4N.$$

Коэффициент В берется с тем же знаком, что и склонение.

Найдем коэффициент С как алгебраическую сумму коэффициентов А и В:

$$C = 1,78 + 0,4 = 2,18.$$

На рисунке 9.6 приведена часть страницы Norie's tables, на которой обозначены искомые значения коэффициента С.

TABLE C																	
A ± B = 1° 80' 1° 84'		1° 88' 1° 92'		1° 96' 2° 00'		A & B CORRECTION						2° 24'		2° 28' 2° 32'		2° 36' 2° 40' = A ± B	
Lat.						AZIMUTHS											Lat.
68	56.0	55.4	54.8	54.3	53.7	53.2	52.6	52.1	51.5	51.0	50.5	50.0	49.5	49.0	48.5	48.0	68
69	57.2	56.6	56.0	55.5	54.9	54.4	53.8	53.3	52.8	52.2	51.8	51.3	50.8	50.3	49.8	49.3	69
70	58.4	57.8	57.2	56.7	56.2	55.6	55.1	54.6	54.0	53.5	53.0	52.6	52.1	51.6	51.1	50.5	70
71	59.6	59.1	58.5	58.0	57.5	56.9	56.4	55.9	55.4	54.9	54.4	53.9	53.4	52.9	52.5	52.0	71
72	60.9	60.4	59.8	59.3	58.8	58.3	57.8	57.3	56.8	56.3	55.8	55.3	54.8	54.4	53.9	53.4	72
73	62.2	61.7	61.2	60.7	60.2	59.7	59.2	58.7	58.2	57.7	57.3	56.8	56.3	55.9	55.4	54.9	73
74	63.6	63.1	62.6	62.1	61.6	61.1	60.6	60.2	59.7	59.2	58.8	58.3	57.9	57.4	56.9	56.5	74
75	65.0	64.5	64.0	63.6	63.1	62.6	62.2	61.7	61.2	60.8	60.3	59.9	59.5	59.0	58.6	58.1	75
76	66.5	66.0	65.6	65.1	64.6	64.2	63.7	63.3	62.8	62.4	62.0	61.6	61.1	60.7	60.3	59.8	76
77	68.0	67.5	67.1	66.6	66.2	65.8	65.4	64.9	64.5	64.1	63.7	63.2	62.8	62.5	62.0	61.6	77
78	69.5	69.1	68.7	68.2	67.8	67.4	67.0	66.6	66.2	65.8	65.4	65.0	64.6	64.3	63.9	63.5	78
79	71.0	70.7	70.3	69.9	69.5	69.1	68.7	68.4	68.0	67.6	67.2	66.9	66.5	66.1	65.8	65.4	79
80	72.6	72.3	71.9	71.6	71.2	70.8	70.5	70.1	69.8	69.4	69.1	68.8	68.4	68.1	67.7	67.4	80

Рис. 9.6 – Нахождение азимута через коэффициент С

Применив интерполяцию, получим $Az = 60,7^\circ$.

Полученный азимут дан в четвертном счете. Определим четверть, в которой находится значение Az : отсчет ведем от точки “N” (С имеет знак «+») по направлению к “E”, т.к. светило восходящее:

$$Az = N 60,7^\circ E$$

Азимут в круговом счете будет равен:

$$Az = 0^\circ + 60,7^\circ = 60,7^\circ$$

Найдем поправку ГKK как разницу истинного азимута и взятого пеленга:

$$\Delta GK = Az - Bearing.$$

$$\Delta GK_1 = 60,7^\circ - 60^\circ = 0,7^\circ.$$

Для проверки значения азимута воспользуемся компьютерной программой Skymate Pro. Скриншот программы представлен на рис. 9.7.

Body: [Mars]

Time Display: сен 28 2011 19:24:00 LT ZD 00 E

Position: Latitude 75-06.0 N Longitude 075-06.0 E

Celestial Menu: Category Sun/Moon/Planets Body Mars

Almanac Transit Compass Error

Calendar: Cp сен 28 2011 19:24:00 LT, Cp сен 28 2011 19:24:00 UT, Day of Year 271, Days remaining 94

Celestial Coordinate: [Mars]

Altitude (Hc)	+13-00.2
Azimuth (Zn)	060.8
Declination	19-50.7 N
SHA Body	231-27.2
GHA Body	169-40.7
LHA Body	244-46.7

Transit: [Mars]

Circumpolar: Above

Rise	
Set	
Upper MP	03:05:53
Lower MP	15:05:09

Planet: [Mars]

Horizontal Parallax 0.1

Aries

GHA Aries	298-13.5
LHA Aries	013-19.5

Рис. 9.7 – Нахождение азимута небесного светила по программе Skymate Pro

Сравнивая значения азимутов, взятого с компьютерной программы Skymate Pro и рассчитанного по Brown's Nautical Almanac и Norie's Nautical Tables, видно, что азимут определен верно.

Величина поправки составляет $0,7^\circ$. Значение находится в допустимых пределах (допустимо $\pm 0,75^\circ \times \text{секанс широты}$). Делаем вывод, что гирокомпас работает исправно.

10. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 6 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕВИАЦИИ МАГНИТНОГО КОМПАСА»

10.1 Рекомендованная последовательность выполнения раздела

Задания раздела рекомендуется выполнять в такой последовательности:

1. Определить магнитное склонение в районе плавания. Рекомендуется использовать данные Национального геофизического дата-центра США (доступны по ссылке <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>). Представить скриншот программы, где показаны дата, координаты места наблюдения и значение магнитного склонения.

2. Получить задание у преподавателя (8 значений гирокомпасных курсов) для выполнения счисления. Для этого понадобятся данные о магнитном склонении и найденное в разделе 5 значение поправки гирокомпаса.

3. Провести сличение показаний гироскопического и магнитного компаса. Определить девиацию магнитного компаса на 8 курсах.

4. По бланковой форме определить коэффициенты девиации: А, В, С, D, E.

5. Используя основную формулу девиации определить значения девиации для остальных курсов по всей дуге горизонта с интервалом 10° . Рекомендуется использовать программу Microsoft Excel. Результаты вычислений представить в виде рабочей таблицы девиации (РТД).

6. Построить кривую девиации по данным РТД. На кривой нанести значения девиации, определенные по счислению (должны лежать либо на кривой либо близко от нее).

7. Сделать вывод о соответствии остаточной девиации требованиям ИМО (значения на любом курсе не должны превышать 5° . Если превышают, то сделать вывод о необходимости проведения девиационных работ (compass adjustment) в ближайшем пригодном для этого порту).

10.2 Пример выполнения заданий раздела 6

6.1 В соответствии с заданием, требуется определить магнитное склонение в районе плавания судна по следующим данным:

$\varphi = 75^\circ 06' \text{ N}$

$\lambda = 80^\circ 54' \text{ E}$

Дата: 03.05.2014

Воспользуемся онлайн сервисом <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination> (скриншот сервиса с актуальными данными представлен на рис. 10.1).

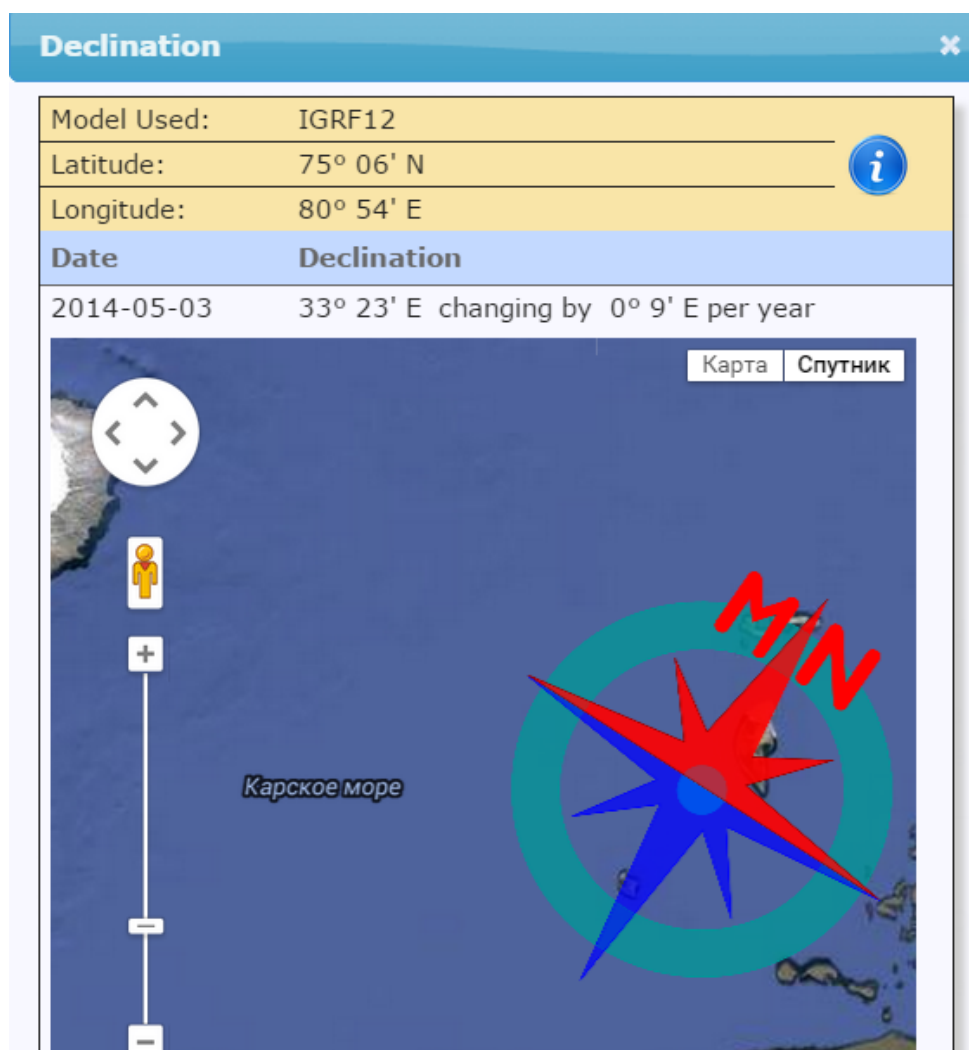


Рис. 10.1 – Магнитное склонение в районе наблюдений

Таким образом, получаем

$$d = 33^{\circ}23' \text{ E} = 33,4^{\circ} \text{ E}.$$

6.2 Получаем данные для выполнения счисления магнитного компаса с гироскопом. Данные приведены в таблице 10.1 (в работе номер таблицы будет 6.1!). Поправка ГК была определена ранее и составляет $+0,7^{\circ}$.

Таблица 10.1 – Одновременно наблюдаемые курсы по магнитному и гироскопическому компасам

Румб	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
МКК	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
ГКК	28,5°	79,5°	125,5°	169°	216°	261,5°	300,5°	340,5°

6.3 Для определения девиации МК воспользуемся формулой:

$$\text{ИК} = \text{МКК} + d + \delta_{\text{МК}} \quad (10.1)$$

При этом истинный курс (ИК) выражается через гирокомпасный (ГКК) как

$$\text{ИК} = \text{ГКК} + \Delta_{\text{ГК}}. \quad (10.2)$$

Приравняв (10.1) к (10.2), получаем:

$$\text{МКК} + d + \delta_{\text{МК}} = \text{ГКК} + \Delta_{\text{ГК}}.$$

Выразим искомое значение девиации магнитного компаса:

$$\delta_{\text{МК}} = \text{ГКК} + \Delta_{\text{ГК}} - \text{МКК} - d. \quad (10.3)$$

Например, для курса 90° получим

$$\delta_{\text{МК}} = 125,5^\circ + 0,7^\circ - 90^\circ - 33,4^\circ = 2,8^\circ$$

Остальные значения сведем в таблицу 10.2.

Таблица 10.2 – Значения девиации на 8 курсах

Румб	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
МКК	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
δ	$-4,2^\circ$	$1,8^\circ$	$2,8^\circ$	$1,3^\circ$	$3,3^\circ$	$3,8^\circ$	$-2,2^\circ$	$-7,2^\circ$

6.4 По бланковой форме (рис. 10.2) определяем коэффициенты девиации:

$$A = -0,08;$$

$$B = 2,4;$$

$$C = -3,74;$$

$$D = 2,88;$$

$$E = -0,38.$$

6.5 Используя основную формулу девиации (10.4), определим значения девиации для остальных курсов по всей дуге горизонта с интервалом 10° .

$$\delta = A + B \cdot \sin \text{МКК} + C \cdot \cos \text{МКК} + D \cdot \sin(2\text{МКК}) + E \cdot \cos(2\text{МКК}). \quad (10.4)$$

Например, для произвольно выбранного магнитного курса 20° , получим:

$$\begin{aligned} \delta_{20} &= -0,08 + 2,4 \cdot \sin 20^\circ - 3,74 \cdot \cos 20^\circ + 2,88 \cdot \sin(40^\circ) - \\ &\quad - 0,38 \cdot \cos(40^\circ) = -1,2^\circ \end{aligned}$$

Аналогично вычислим девиацию магнитного компаса для курсов от 0° до 360° с шагом в 10° , используя компьютерную программу Microsoft Excel. Результаты сведем в рабочую таблицу девиации 10.3.

Таблица 10.3 – Рабочая таблица девиации

МКК	δ	МКК	δ
0	-4.19	180	3.29
10	-2.71	190	3.82
20	-1.21	200	4.18
30	0.19	210	4.26
40	1.37	220	4.01
50	2.26	230	3.38
60	2.81	240	2.39
70	3.04	250	1.08
80	2.98	260	-0.45
90	2.70	270	-2.10
100	2.31	280	-3.72
110	1.90	290	-5.17
120	1.57	300	-6.33
130	1.40	310	-7.08
140	1.44	320	-7.38
150	1.69	330	-7.19
160	2.12	340	-6.55
170	2.69	350	-5.51

6.6 По данным таблицы 10.3 построим рабочую кривую девиации (рис. 10.3). На этом же графике нанесем пунктирную кривую, построенную по значениям девиации, определенным по сличению (данные таблицы 10.2).

Как видно, точки, соответствующие значениям, определенным по сличению, лежат близко к кривой, построенной по основной формуле. Это говорит о правильности расчета коэффициентов девиации.



Рис. 10.3 – Рабочая кривая девиации

6.7 Проанализировав полученные значения девиаций, можно сделать вывод, что на курсе, близком к 320° , девиация достигает максимальных значений (около $-7,4^\circ$). Такие значения остаточной девиации не являются допустимыми, т.к. превышают позволенные 5° . С целью исправления сложившейся ситуации, в ближайшем порту по возможности следует выполнить девиационные работы (compass adjustment).

11. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 7 «ЗАПОЛНЕНИЕ ЖУРНАЛА ПОПРАВК КОМПАСА»

11.1 Рекомендованная последовательность выполнения раздела

Требуется заполнить журнал поправок компаса по результатам трех различных наблюдений небесных светил с интервалом 4 часа. Учитывая, что одно наблюдение было выполнено в рамках раздела 5, требуется сделать еще два наблюдения, подобрав подходящие светила по программе Skymate Pro или Stellarium.

Последовательность выполнения раздела такова:

1. Произвольно выбрать гирокомпасный курс судна. Выполнить на нем первое наблюдение по условиям, приведенным в задании на КР и разделе 5. Заполнить соответствующие графы журнала.

2. Определить магнитный курс (МК) по сличению с ГК:

$$\text{МК} = \text{ГКК} + \Delta_{\text{ГК}} - d.$$

3. По значению магнитного курса определить примерную девиацию магнитного компаса (Deviation – Standard) из таблицы или кривой девиации. Рассчитать общую поправку магнитного компаса (Standard Error) как алгебраическую сумму склонения (Variation) и девиации. Заполнить соответствующие графы журнала.

4. Рассчитать курс по магнитному компасу (Ship's Head – Standard) как истинный курс минус поправка МК. Заполнить соответствующую графу в журнале.

5. В примечаниях (Remarks) указать репитер, с которого велось пеленгование (Port/Starboard), в зависимости от курсового угла пеленгуемого светила:

$$\text{КУ} = \text{ИП} - \text{ИК}.$$

Если КУ в пределах $0^\circ \div 180^\circ$, то пеленговать светило надо с правого борта (STBD RPTR), если $180^\circ \div 359^\circ$, то с левого (Port RPTR).

6. Заполнить остальные графы. Путевым компасом (Steering compass) во всех случаях считать гирокомпас (т.е. соответствующие записи в колонках “Ship's Head” и “Error” для графы “Steering” будут дублировать графу “Gyro”). В графе “Observer” вписать свою фамилию и предполагаемую должность на судне. (Авторами двух последующих наблюдений вписать иных членов команды мостика – произвольно). Закончить первую запись.

7. Изменить курс на 45° . На скорости, указанной в задании, совершить переход на данном курсе в течение 4 часов. Сделать прокладку маршрута перехода в программе электронной картографии OpenCPN. Определить координаты места, в котором оказалось судно в результате перехода. Начать вторую запись в журнале.

8. В новой точке определить магнитное склонение и записать в журнал.

9. Подобрать подходящее светило для определения поправки по программе Skymate Pro (вкладка List of visible bodies) или Stellarium. В темное время суток светило должно быть достаточно яркое и находиться низко над горизонтом (до 30°). В светлое время суток следует выбирать солнце (высота может быть любой)

или, если наблюдение происходит во время гражданских сумерек, луну или яркую планету при условии их расположения низко над горизонтом.

10. Гирокомпасный пеленг взять произвольно. При этом получаемая поправка ГК не должна сильно отличаться от полученной в предыдущем наблюдении (разница в поправках может быть в пределах $\pm 0,5^\circ$). Записать в журнал.

11. Прodelать шаги 2–6. Закончить вторую запись.

12. Провести третье наблюдение, прodelав шаги 7–11. Сделать третью запись в журнале.

11.2 Пример выполнения раздела 7

7.1 Выполнение 1-й записи

Возьмем гирокомпасный курс судна равным 270° . Тогда магнитный курс по данным из предыдущего раздела определится как

$$MK_1 = ГKK_1 + \Delta_{ГK1} - d = 270^\circ + 0,7^\circ - 33,4^\circ = 237,3^\circ.$$

По значению МК определим из кривой девиации (рис. 10.3) примерное значение девиации (Deviation):

$$\delta_{237,3} \cong 2,7^\circ.$$

Определяем поправку магнитного компаса (Error – Standard):

$$\Delta_{MK1} = d + \delta = 33,4^\circ + 2,7^\circ = 36,1^\circ.$$

Рассчитаем курс по магнитному компасу:

$$MKK_1 = IK_1 - \Delta_{MK1} = 270^\circ + 0,7^\circ - 36,1^\circ = 234,6^\circ.$$

Делаем соответствующие записи в журнале.

Определим курсовой угол светила:

$$КУ_1 = ИП_1 - IK_1 = 60,7^\circ - 270,7^\circ = -210^\circ.$$

Добавим 360° . Получим $КУ_1 = 150^\circ$. Соответственно, используем репитер на правом крыле мостика (запись в колонке “Remarks” – STBD RPTR).

7.2 Выполнение 2-й записи

По заданию, необходимо взять еще две поправки ГК через каждые 4 часа. Для прокладки маршрута движения судна воспользуемся компьютерной программой электронной картографии OpenCPN. Зададим на карте нашу исходную точку WP1 (место первого наблюдения) и от нее с учетом скорости и времени построим маршрут движения (1-й курс считаем равным 270° , 2-й курс = 225° , 3-й курс = 180°). Скриншот программы с построенным маршрутом приведен на рис. 11.1. Скорость передвижения считаем постоянной и равной 30 узлов (согласно заданию).

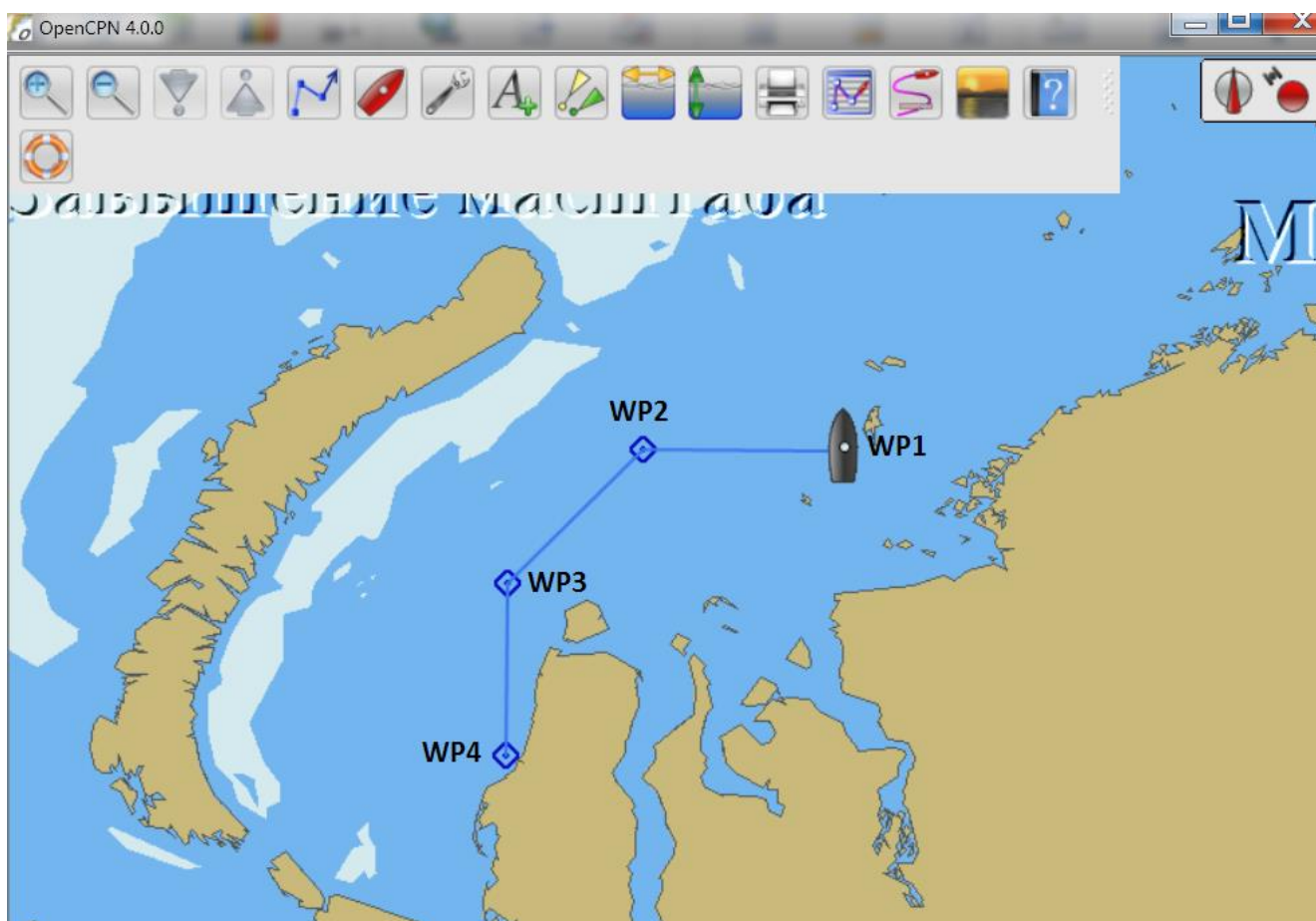


Рис. 11.1 – Построение маршрута перехода в программе OpenCPN

Снимем координаты 2-й путевой точки (точки определения 2-й поправки).

WP2: $\varphi = 75^{\circ}06'N$; $\lambda = 73^{\circ}02'E$

С помощью сервиса <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination> определим магнитное склонение в данной точке:

$$d = 34^{\circ}48'E = 34,8^{\circ}E.$$

По программе Skymate Pro 2012 подберем светило для определения поправки гирокомпаса в точке WP2. Наблюдения проходят в условиях навигационных сумерек. Выберем низко расположенную звезду первой величины – Прокцион.

Скриншот программы приведен на рис. 11.2

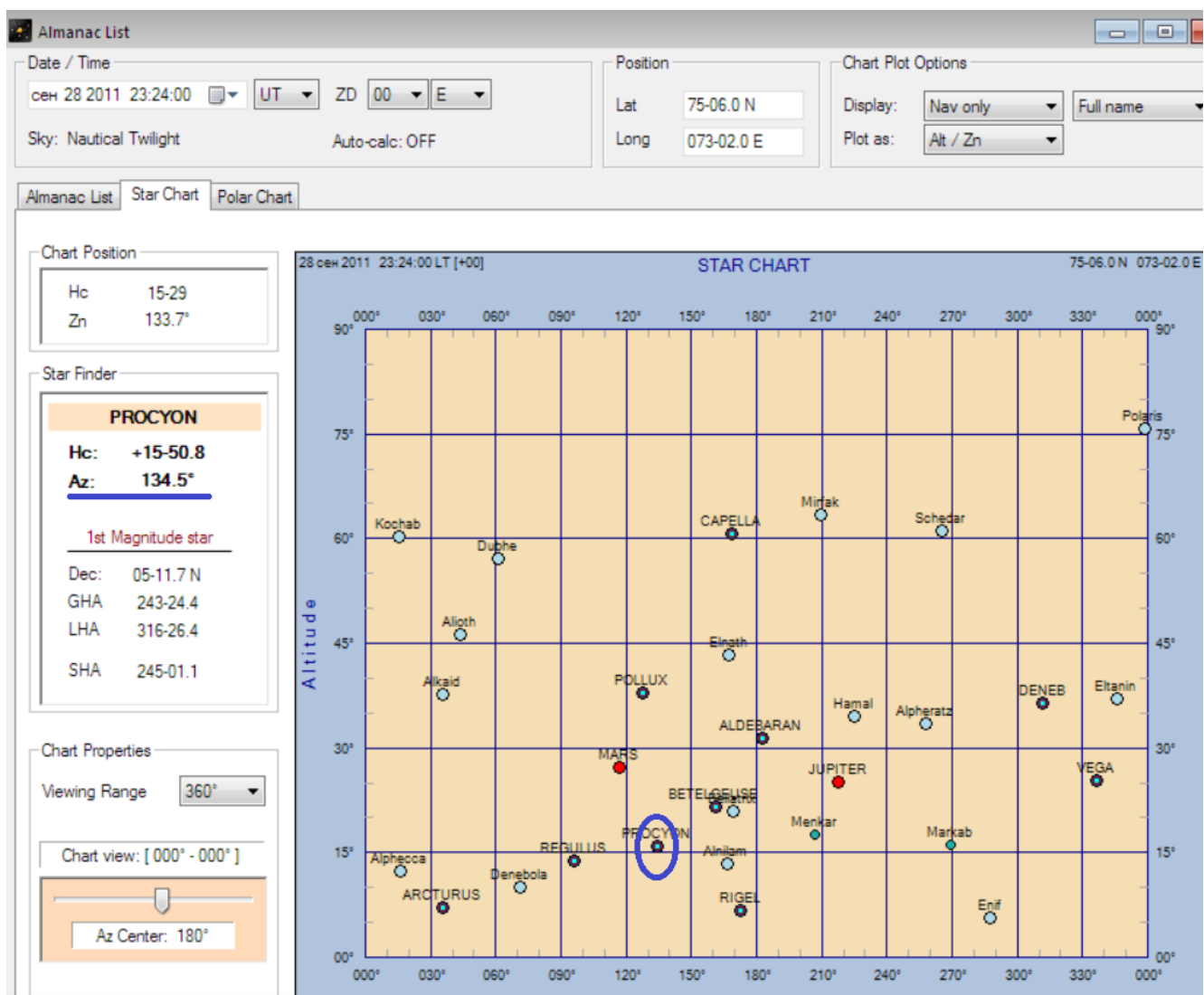


Рис. 11.2 – Подбор светила в программе Skymate Pro 2012 для определения поправки компаса в точке WP2

Наблюдаемый пеленг звезды составил $133,5^\circ$ (взят произвольно с небольшим отличием от поправки, определенной ранее).

Найдем поправку ГК как разницу истинного азимута и взятого пеленга:

$$\Delta \text{ГК} = \text{Az} - \text{Bearing}.$$

$$\Delta \text{ГК}_2 = 134,5^\circ - 133,5^\circ = 1,0^\circ.$$

Определим магнитный курс:

$$\text{МК}_2 = \text{ГКК}_2 + \Delta \text{ГК}_2 - d = 225^\circ + 1,0^\circ - 34,8^\circ = 191,2^\circ.$$

По значению МК определим из кривой девиации (рис. 10.3) примерное значение девиации (Deviation):

$$\delta_{191,2} \cong 3,9^\circ.$$

Определяем поправку магнитного компаса (Error – Standard):

$$\Delta \text{МК}_2 = d + \delta = 34,8^\circ + 3,9^\circ = 38,7^\circ.$$

Рассчитаем курс по магнитному компасу.

$$МКК_2 = ИК_2 - \Delta_{МК2} = 225^\circ + 1,0^\circ - 38,7^\circ = 187,3^\circ.$$

Делаем соответствующие записи в журнале.

Определим курсовой угол светила:

$$КУ_2 = ИП_2 - ИК_2 = 134,5^\circ - 226^\circ = -91,5^\circ.$$

Добавим 360° . Получим $КУ_2 = 268,5^\circ$. Соответственно, используем репитер на левом крыле мостика (запись в колонке “Remarks” – Port RPTR).

7.3 Выполнение 3-й записи

Снимем координаты 3-й путевой точки (точки определения 3-й поправки).

WP3: $\varphi = 73^\circ 40' N$; $\lambda = 67^\circ 44' E$.

Определим магнитное склонение в этой точке:

$$d = 31^\circ 55' E = 31,9^\circ E.$$

По программе Skymate Pro 2012 подберем светило для определения поправки giroкомпаса в точке WP3. Наблюдения проходят в дневное время, а потому единственным видимым светилом является солнце (см. скриншот на рис. 11.3).

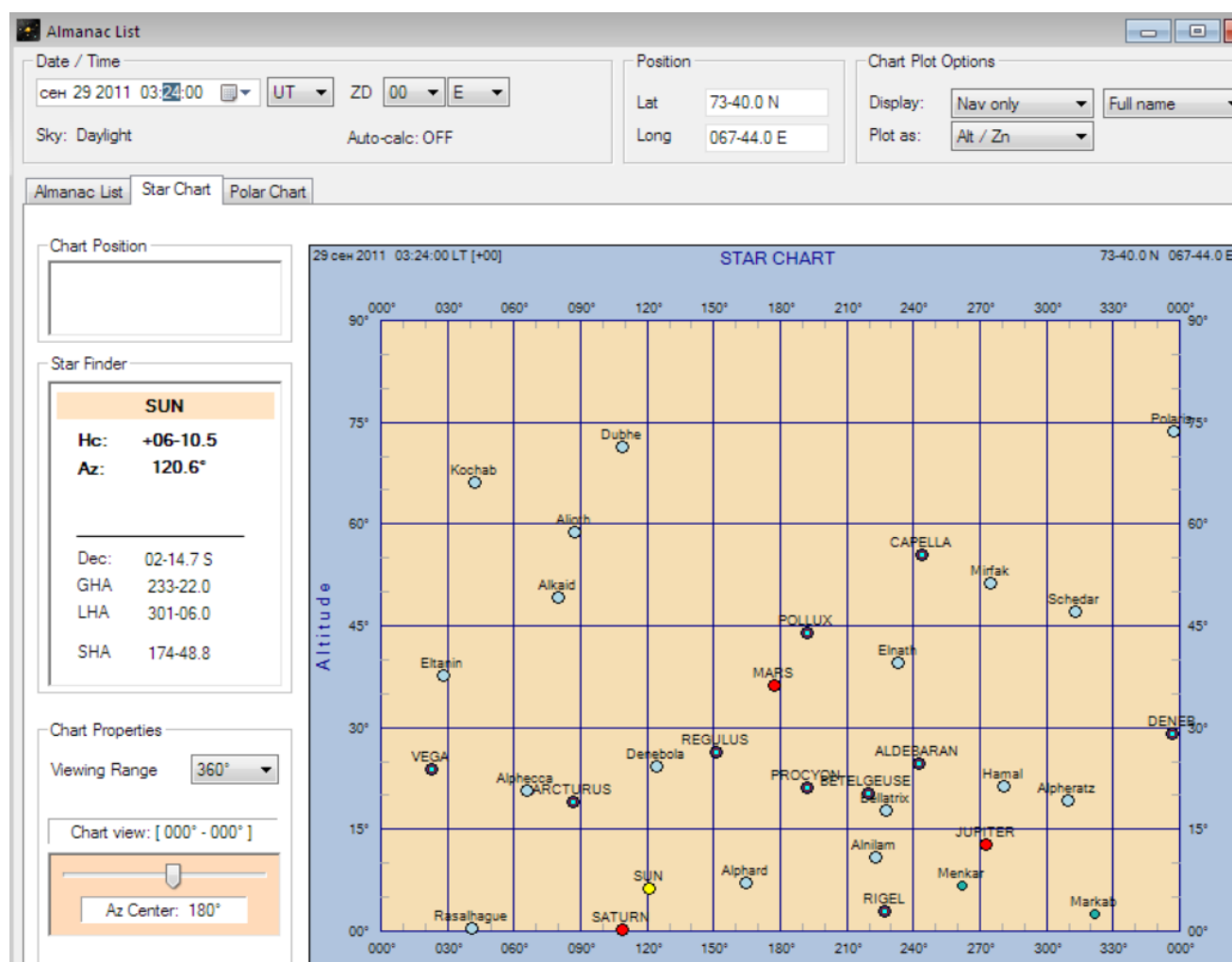


Рис. 11.3 – Определения поправки компаса по солнцу в точке WP3

Наблюдаемый пеленг солнца составил 121° .

Найдем поправку ГК как разницу истинного азимута и взятого пеленга:

$$\Delta \text{ГК} = Az - \text{Bearing}.$$

$$\Delta \text{ГК}_3 = 120,6^\circ - 121^\circ = -0,4^\circ.$$

Определим магнитный курс:

$$\text{МК}_3 = \text{ГКК}_3 + \Delta_{\text{ГК}_3} - d = 180^\circ - 0,4^\circ - 31,9^\circ = 147,7^\circ.$$

По значению МК определим из кривой девиации (рис. 10.3) примерное значение девиации (Deviation):

$$\delta_{147,7} \cong 1,6^\circ.$$

Определяем поправку магнитного компаса (Error – Standard):

$$\Delta_{\text{МК}_3} = d + \delta = 31,9^\circ + 1,6^\circ = 33,5^\circ.$$

Рассчитаем курс по магнитному компасу:

$$\text{МКК}_3 = \text{ИК}_3 - \Delta_{\text{МК}_3} = 180^\circ - 0,4^\circ - 33,5^\circ = 146,1^\circ.$$

Делаем соответствующие записи в журнале.

Определим курсовой угол светила:

$$\text{КУ}_3 = \text{ИП}_3 - \text{ИК}_3 = 120,6^\circ - 179,6^\circ = -59^\circ.$$

Добавим 360° . Получим $\text{КУ}_3 = 301^\circ$. Соответственно, используем репитер на левом крыле мостика (запись в колонке “Remarks” – Port RPTR).

Заполненный журнал поправок для трех наблюдений представлен в таблице 11.1

Таблица 11.1 – Заполненный журнал поправок компаса

1	2	3.1	3.2	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3
Date	GMT UTC	Position		Ship's Head			Bearing		
		Lat.	Long.	Gyro	Standard	Steering	True	Gyro	Standard
28/09/11	19h 24'00''	75°06'N	80°54'E	270°	234,6°	270°	60,7°	60°	–
6	7.1	7.2	7.3	8	9.1	9.2	10	11	12
Object	Error			Variation	Deviation		Heel	Remarks	Observer
	Gyro	Standard	Steering		Standard	Steering			
Mars	0,7°	36,1°	0,7°	33,4° E	2,7°	–	±1°	STBD RPTR	2/O Laptev

1	2	3.1	3.2	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3
Date	GMT UTC	Position		Ship's Head			Bearing		
		Lat.	Long.	Gyro	Standard	Steering	True	Gyro	Standard
28/09/11	23h 24'00''	75°06'N	73°02'E	225°	187,3°	225°	134,5°	133,5°	–
6	7.1	7.2	7.3	8	9.1	9.2	10	11	12
Object	Error			Variation	Deviation		Heel	Remarks	Observer
	Gyro	Standard	Steering		Standard	Steering			
Procyon	1,0°	38,7°	1,0°	34,8° E	3,9°	–	±1°	Port RPTR	Ch.off. Karskiy

1	2	3.1	3.2	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3
Date	GMT UTC	Position		Ship's Head			Bearing		
		Lat.	Long.	Gyro	Standard	Steering	True	Gyro	Standard
29/09/11	03h 24'00''	73°40'N	67°44'E	180°	146,1°	180°	120,6°	121°	–
6	7.1	7.2	7.3	8	9.1	9.2	10	11	12
Object	Error			Variation	Deviation		Heel	Remarks	Observer
	Gyro	Standard	Steering		Standard	Steering			
Sun	–0,4°	33,5°	–0,4°	31,9° E	1,6°	–	±1°	Port RPTR	3/O Barentsev

12. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА «ВЫВОДЫ»

12.1 Рекомендованная структура раздела

В завершающем разделе рекомендуется привести следующую итоговую информацию:

1. Выводы по максимальному значению скоростной девиации и возможности ее автоматической коррекции.
2. Выводы по полученному значению инерционной девиации и рекомендации по использованию гирокомпаса сразу после резкого маневра.
3. Оценка времени прихода гирокомпаса в меридиан. Заключение о соответствии ГК требованиям ИМО по времени прихода в меридиан.
4. Результаты практического определения поправки гирокомпаса по азимуту светила. Заключение о соответствии полученной поправки ГК требованиям ИМО.
5. Результаты определения девиации магнитного компаса. Заключение о соответствии полученной кривой девиации допустимым требованиям.
6. Заключение о приобретенных навыках заполнения журнала поправок компаса.
7. Итоговая таблица соответствия бортовых приборов курсоуказания требованиям ИМО к их точности.

12.2 Пример написания раздела «Выводы»

В результате выполнения курсовой работы, была проанализирована точность бортовых приборов курсоуказания, определены их поправки и девиации основных видов, заполнен журнал поправок. По итогам выполненной работы можно сделать следующие выводы.

1. Максимально возможная скоростная девиация на широте плавания ($\varphi=75^{\circ}06'N$) и при скорости $V=18$ узл. составляет $4,45^{\circ}$. Используемый на судне гирокомпас “Navigat X” компании Sperry Marine имеет вычислительное устройство (корректор), позволяющее автоматически корректировать данную ошибку по сигналам приемника ГНСС и/или лага. При условии автоматической коррекции сигнал курсоуказания на принимающие приборы поступает уже исправленный и не содержащий в себе скоростную девиацию.

2. Инерционная девиация вследствие резкого разворота на полной скорости и вызванного этим замедления судна на 30% составляет $0,89^{\circ}$, что соответствует требованиям ИМО. Этот вид девиации имеет место сразу после маневра и исчезает примерно через четверть периода затухающих колебаний (в рассмотренном случае 39 минут). В течение этого времени не рекомендуется использовать ГК для решения важных навигационных задач.

3. Оценка времени прихода в меридиан составила 7 часов 50 минут, что не вписывается в требуемый ИМО период 6 часов. В данном случае превышение происходит в широте плавания в $\varphi=75^{\circ}06'N$ и не может считаться нарушением (требования ИМО сформулированы для широт до 60° или 60° (для высокоскоростных судов).

4. Поправка гирокомпаса, определенная по азимуту небесного светила (планета Марс), составила $0,7^\circ$, что соответствует требованиям ИМО ($0,75^\circ \times \text{Секанс Широты}$). Для определения использовались астрономический ежегодник “Brown's Nautical Almanac” и сборник навигационных таблиц “Norie's Nautical Tables”. Проверка осуществлялась по компьютерной программе Skymate Pro 2012.

5. Способом сличения были определены значения поправки и девиации магнитного компаса на разных курсах. Рассчитаны коэффициенты девиации А, В, С, D, E; по ним построена рабочая таблица и кривая девиации. Максимальная девиация составила $-7,4^\circ$ (на курсе 320°), что для остаточной девиации не допустимо, т.к. превышает 5° . С целью исправления сложившейся ситуации, в ближайшем порту по возможности следует выполнить девиационные работы.

6. По результатам трех наблюдений был заполнен журнал поправок компаса в соответствии с требованиями ПДНВ, Рекомендациями по несению штурманской службы (Bridge Procedures Guide) и требованиями судоходной компании.

7. Результаты контроля точности приборов курсоуказания сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты контроля точности приборов курсоуказания

Параметр, характеризующий точность КУ	Требования ИМО	Полученное значение	Соответствие
Время прихода гиросферы в меридиан в широтах до: 60° 70° (для высокоскоростных судов)	не должна превышать 6 часов	7 ч 50 мин	— (превышение по широте)
Установившаяся поправка гирокомпаса на любом курсе и на любой широте до: 60° 70° (для высокоскоростных судов)	не должна превышать $\pm 0,75^\circ \times \text{секанс широты}$	$0,7^\circ$	+ (превышение по широте)
Ошибка ГК после введения коррекции на скорость и курс на любой широте до 60°	не должна превышать $\pm 0,25^\circ \times \text{секанс широты}$	$0,7^\circ$	+ (превышение по широте)
Ошибка, вызванная быстрым изменением курса на 180°	не должна превышать $\pm 3^\circ$	$0,9^\circ$	+
Остаточная девиация магнитного компаса (максимальное значение)	не более 5° на любом курсе	$-7,4^\circ$	— (требуется дев. работы)