

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
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 курсового проекта
по дисциплине «Технические средства судовождения»

Севастополь
СевГУ
2019

УДК 629.5.058 – 187(076)
ББК 39.471-5я73
О54

Рецензенты:

С.С. Дружкин – директор по коммерческой деятельности судоходной компании
ОАО «Югрефтрансфлот», капитан дальнего плавания;
Е.В. Гембатый – капитан судоходной компании “Briese Schiffahrts GmbH & Co.”

Ответственный за выпуск:

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

Составители: С.А. Подпорин, А.А. Загородний, В.В. Михайлов,
А.Ю. Рассохин

О54 Оценка точности приборов курсоуказания: метод. указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технические средства судовождения» для студентов специальности 26.05.05 Судовождение очной и заочной форм обучения / Сост. С.А. Подпорин, А.А. Загородний, В.В. Михайлов, А.Ю. Рассохин. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 53 с.: ил.

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

УДК 629.5.058 – 187(076)
ББК 39.471-5я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Судовождение и безопасность судоходства» Морского института Севастопольского государственного университета в качестве методических указаний, протокол № 8 от 30 августа 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Правила оформления курсового проекта	5
2. Содержание курсового проекта	6
3. Образец варианта задания	7
4. Содержание раздела «Введение»	8
5. Содержание раздела 1 «Краткое описание используемого гиро- компаса»	10
6. Содержание раздела 2 «Оценка времени прихода гирокомпаса в меридиан»	13
7. Содержание раздела 3 «Оценка скоростной девиации гирокомпа- са»	16
8. Содержание раздела 4 «Оценка инерционной девиации гирокомпа- са»	21
9. Содержание раздела 5 «Определение поправки гирокомпаса по азимуту небесного светила»	23
10. Содержание раздела 6 «Определение девиации магнитного компа- са»	32
11. Содержание раздела 7 «Заполнение журнала поправок компаса»	38
12. Содержание раздела «Выводы»	49
13. Образец титульного листа и листа задания	51
Список использованной литературы	54

ВВЕДЕНИЕ

Целью выполнения курсового проекта является приобретение студентами компетенций, необходимых для профессионально грамотной эксплуатации технических средств судовождения в соответствии с требованиями Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ) с поправками и Кодекса ПДНВ и национальных нормативных документов по обеспечению безопасности и охраны человеческой жизни на море и внутренних водных путях.

Перечень приобретаемых компетенций в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом специальности Судовождение и кодекса ПДНВ приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты (приобретаемые компетенции) выполнения курсовой работы

Код и уровень формируемой компетенции по ООП ВО	Владения	Умения	Знания
Приобретаемые компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПК-10 Уметь использовать и обслуживать технические средства судовождения, судовых систем связи и оповещения, судовой энергетической установки и вспомогательных механизмов	В (ПК-10) - навыки решения навигационных задач с использованием информации от судовых курсоуказателей; - навыки расчета поправок судовых курсоуказателей.	У (ПК-10) - определять и учитывать поправки судовых курсоуказателей.	З (ПК-10) - способы расчета поправок судовых курсоуказателей.
ПК-15 Способность участвовать в проведении испытаний и определении работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого навигационного оборудования	В (ПК-15) —	У (ПК-15) - определять работоспособность судовых курсоуказателей	З (ПК-15) —
Приобретаемые компетенции согласно Кодекса ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-8 Знать принципы действия магнитных и гироскопических компасов	В (К-8) —	У (К-8) —	З (К-8) - основные погрешности и девиации, возникающие при работе гиро- и магнитных компасов
К-9 Уметь определять поправки гиро- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и наземных ориентиров и учитывать эти поправки	В (К-9) —	У (К-9) - определять поправки гиро- и магнитных компасов любыми способами; - определять истинный курс по показаниям магнитного и гироскопического компаса, зная их поправки; - заполнять журнал поправок компаса	З (К-9) - основные способы определения поправки компаса

1. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

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 работы 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 пояснительной записки 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 КУРСОВОГО ПРОЕКТА

	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 проекта 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 гирокомпаса.

Таблица 3.1 – Сличаемые курсы гирокомпаса 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 курсового проекта 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 данного курсового проекта – 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 курсового проекта 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 1.1



Рис. 1.1 – 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 1.1.

Таблица 1.1. Характеристики гирокомпаса «Амур-3М»

Статическая погрешность (среднеквадратическая)	$\pm 0,15^\circ \text{secp}$
Изменение показаний на неподвижном основании при испытаниях «от пуска к пуску», не более	$\pm 0,25^\circ \text{secp}$
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 отработки 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° .

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_{n+1} и φ_n , необходимо выполнить линейную интерполяцию между соответствующими периодами колебаний:

$$T_d = T_n + \frac{\varphi - \varphi_n}{\varphi_{n+1} - \varphi_n} (T_{n+1} - T_n). \quad (6.2)$$

В рассматриваемом примере

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

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.

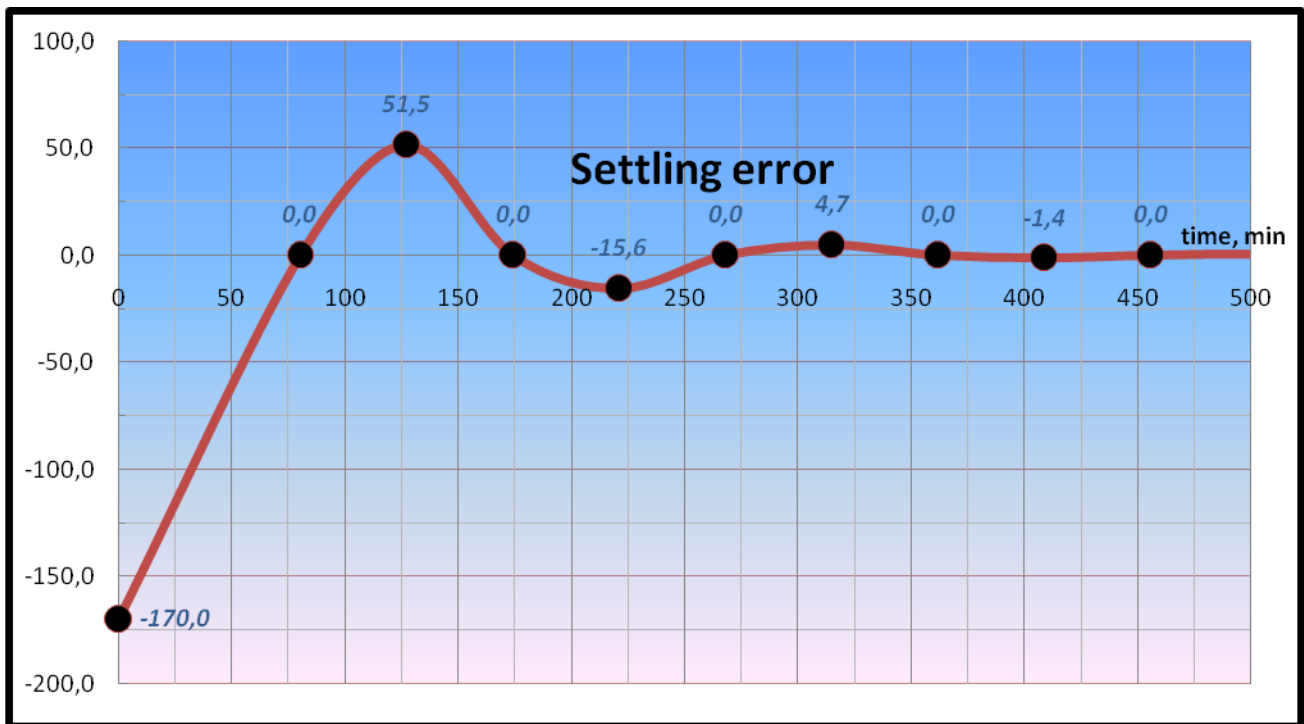


Рис. 6.1 – Курсограмма прихода гиросферы в меридиан

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) гирокомпас.

Для примера выше вывод может быть сформулирован так:

Таким образом, оценка времени прихода ГК в меридиан составила 7 часов 36 минут, что превышает допустимое ИМО значение 6 часов. Превышение в данном случае вызвано высокой широтой плавания и не может свидетельствовать о неисправности чувствительного элемента.

7. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 3 «ОЦЕНКА СКОРОСТНОЙ ДЕВИАЦИИ ГИРОКОМПАСА»

7.1 Общая структура и рекомендации к выполнению раздела

Раздел 3 включает три подраздела:

3.1 Общие сведения о скоростной девиации.

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

3.3 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

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

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 $\cos \Gamma_{KK}$.

По значению косинуса определяется угол (например $\Gamma_{KK1(1^\circ)}$, лежащий в первой четверти, на котором $\delta_v = 1^\circ$). Далее необходимо найти еще 3 курса (для трех других четвертей) по формулам приведения:

$$\cos \Gamma_{KK2(1^\circ)} = 180^\circ - \Gamma_{KK1(1^\circ)}$$

$$\cos \Gamma_{KK3(1^\circ)} = 180^\circ + \Gamma_{KK1(1^\circ)}$$

$$\cos \Gamma_{KK4(1^\circ)} = 360^\circ - \Gamma_{KK1(1^\circ)}$$

Аналогично выполнить 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. Для построения рекомендуется использовать программу Microsoft Excel.

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.

Пример выполнения раздела 3 представлен ниже.

7.2 Пример выполнения раздела 3 «Оценка скоростной девиации гирокомпа-са»

Согласно исходным данным к курсовому проекту:

$V_c = 26$ узлов;

$\varphi = 65^\circ 30' N$.

3.1 Общие сведения о скоростной девиации

При движении судна постоянным курсом и скоростью чувствительный элемент гирокомпаса испытывает дополнительное угловое ускорение, обусловленное движением судна по сферической поверхности Земли. В результате главная ось ЧЭ реагирует на суммарное вращение Земли и судна по Земле, которое не совпадает с направлением земной оси (т.е. истинного меридиана).

Угол в плоскости горизонта, на который ось гирокомпаса отклоняется от плоскости истинного меридиана вследствие движения судна по сферической поверхности Земли, называется скоростной девиацией (δ_v) гирокомпаса (speed and latitude error).

Скоростная девиация ГК является систематической погрешностью, которая прямо пропорционально зависит от скорости и косинуса курса судна и обратно пропорциональна косинусу широты.

Скоростная девиация носит полукруговой характер и принимает максимальное значение при путевых углах 0° и 180° . На путевых углах 90° и 270° скоростная девиация гироскопического компаса отсутствует.

Значения скоростной девиации достигают единиц градусов, а потому подлежат обязательному учету и компенсации.

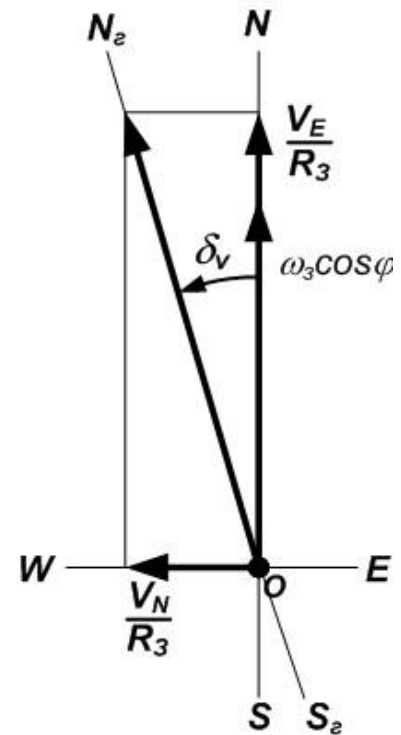


Рис. 3.1 – Скоростная девиация гирокомпаса

3.2 Определение скоростной девиации на курсах $0, 30^\circ, 60^\circ$

Определим скоростную девиацию δ_v , возникающую на курсах $0, 30^\circ, 60^\circ$, используя основную формулу:

$$\sin \delta_v = - \frac{V \cdot \cos (ГКК)}{900 \cdot \cos \varphi} \quad (3.1)$$

где: V – скорость судна; $ГКК$ – гирокомпасный курс; φ – широта плавания.

Рассчитаем значения синусов δ_v :

$$\sin \delta_{V_0} = -\frac{26 \cdot \cos(0)}{900 \cdot \cos(65.5)} = -0.07,$$

$$\sin \delta_{V_{30}} = -\frac{26 \cdot \cos(30)}{900 \cdot \cos(65.5)} = -0.06,$$

$$\sin \delta_{V_{60}} = -\frac{26 \cdot \cos(60)}{900 \cdot \cos(65.5)} = -0.035.$$

Для полученных значений синусов найдем значения скоростной девиации на заданных курсах (знак девиации не учитываем):

$$\delta_{V_0} = 4.01^\circ,$$

$$\delta_{V_{30}} = 3.44^\circ,$$

$$\delta_{V_{60}} = 2.01^\circ.$$

3.3 Определение курсов, на которых девиация превышает целое число градусов

Определим курсы, на которых скоростная девиация составит 1° , 2° , 3° , 4° . Для этого из формулы (3.1) выразим значение косинуса ГКК:

$$\cos(\text{ГКК}) = \frac{900 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \delta}{V}. \quad (3.2)$$

Подставим в формулу (3.2) целочисленные значения девиации в 1° , 2° и 3° (для значения 4° курсы совпали с рассчитанными в разделе 3.2), получим:

$$\cos(\text{ГКК}_{1(\delta_{1^\circ})}) = \frac{900 \cdot \cos 65.5 \cdot \sin 1}{26} = 0.251,$$

$$\cos(\text{ГКК}_{1(\delta_{2^\circ})}) = \frac{900 \cdot \cos 65.5 \cdot \sin 2}{26} = 0.501,$$

$$\cos(\text{ГКК}_{1(\delta_{3^\circ})}) = \frac{900 \cdot \cos 65.5 \cdot \sin 3}{26} = 0.751.$$

Для полученных значений косинусов найдем значения гирокомпасного курса при девиациях в 1° , 2° и 3° :

$$\text{ГКК}_{1(\delta_{1^\circ})} = 75.5^\circ,$$

$$\text{ГКК}_{1(\delta_{2^\circ})} = 59.9^\circ,$$

$$\text{ГКК}_{1(\delta_{3^\circ})} = 41.3^\circ.$$

Для целочисленного значения девиации 4° значения курсов были найдены в разделе 3.2: 0 и 180° .

Далее найдём еще по 3 курса (для трех других четвертей) для каждого значения девиации по формулам приведения и сведём полученные результаты в таблицу 3.1:

$$\cos(\text{ГКК}_{2(\delta_{i^\circ})}) = 180^\circ - \text{ГКК}_{1(\delta_{i^\circ})}$$

$$\cos(\text{ГКК}_{3(\delta_{i^*})}) = 180^\circ + \text{ГКК}_{1(\delta_{i^*})}$$

$$\cos(\text{ГКК}_{4(\delta_{i^*})}) = 360^\circ - \text{ГКК}_{1(\delta_{i^*})}$$

Таблица 3.1 – Значения ГКК для целых значений девиаций

Девиация Четверть	$\delta = 1^\circ$	$\delta = 2^\circ$	$\delta = 3^\circ$
1 четверть	75.5°	59.9°	41.3°
2 четверть	$180 - 75.5 = 104.5^\circ$	$180 - 59.9 = 120.1^\circ$	$180 - 41.3 = 138.7^\circ$
3 четверть	$180 + 75.5 = 255.5^\circ$	$180 + 59.9 = 239.9^\circ$	$180 + 41.3 = 221.3^\circ$
4 четверть	$360 - 75.5 = 284.5^\circ$	$360 - 59.9 = 300.1^\circ$	$360 - 41.3 = 318.7^\circ$

Построим график зависимости скоростной девиации от курса (рисунок 3.2). Для этого сведём все полученные данные этого раздела последовательно в таблицу 3.2. График выполним в виде диаграммы MS Excel.

Таблица 3.2 – Исходные данные для построения графика зависимости скоростной девиации от курса судна

ГКК	δ_v
0	-4,0
41,3	-3,0
59,9	-2,0
75,5	-1,0
90	0,0
104,5	1,0
120,1	2,0
138,7	3,0
180	4,0
221,3	3,0
239,9	2,0
255,5	1,0
270	0,0
284,5	-1,0
300,1	-2,0
318,7	-3,0
360	-4,0

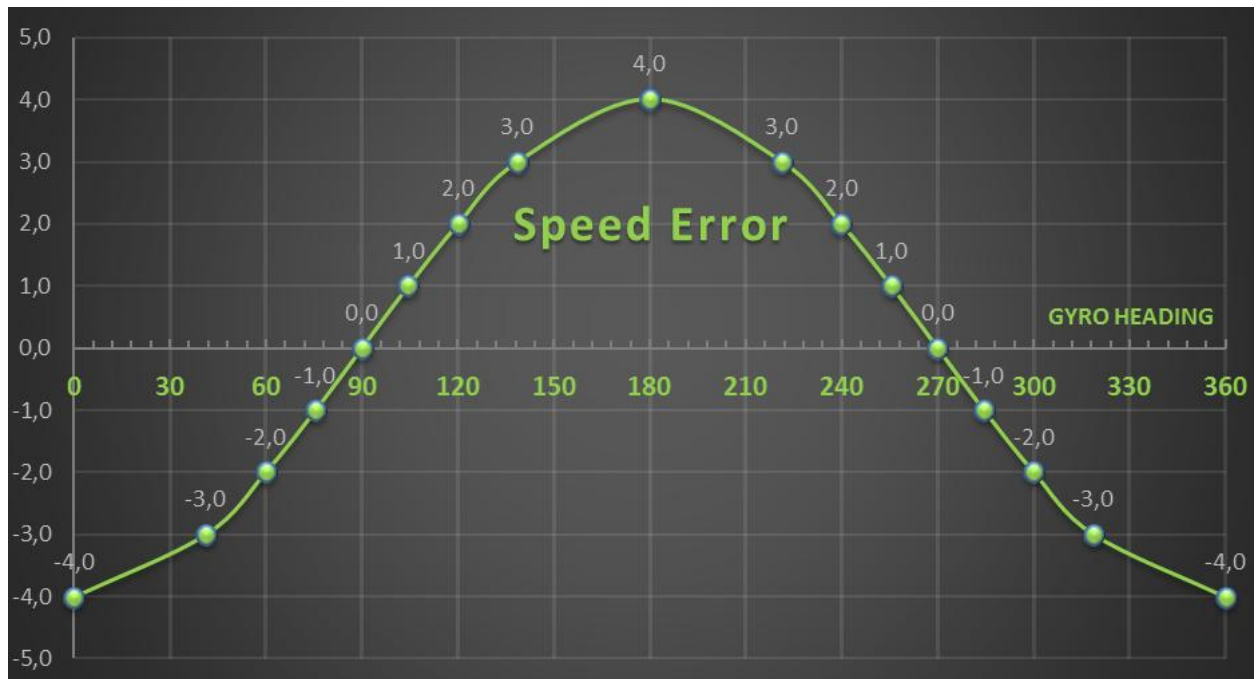


Рис. 3.2 – График скоростной девиации судна

Гирокомпас Yokogawa CMZ-700 имеет встроенный корректор скоростной девиации, который по внешней информации от подключаемого ГНСС-приемника (и, при необходимости, – лага) автоматически рассчитывает скоростную девиацию, после чего вносит необходимую поправку в выходной сигнал на принимающие курс.

При отсутствии соединения с ГНСС-приемником и/или лагом, значения скорости и широты вводятся через меню гирокомпаса вручную.

При неисправности вычислительной системы коррекции следует самостоятельно рассчитывать поправку ГК по формуле или таблице/графику и учитывать ее при решении навигационных задач.

8. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 4 «ОЦЕНКА ИНЕРЦИОННОЙ ДЕВИАЦИИ ГИРОКОМПАСА»

8.1 Общая структура и рекомендации к выполнению раздела

В данном разделе требуется вычислить инерционную девиацию гирокомпас 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.

8.2 Пример выполнения раздела 3 «Оценка инерционной девиации гирокомпас»

Оценим значение инерционной девиации 1 рода (ballistic error) гирокомпаса Yokogawa CMZ-700 после совершения сильного маневра: циркуляции с 0° на 180° на полном ходу с падением скорости на 30%. ИД 1 рода вызвана приложенными к смещенному центру тяжести гиросферы сил инерции, возникающими при маневре судна.

Для решения воспользуемся следующей формулой:

$$\delta_I = (\delta_{v_2} - \delta_{v_1}) \cdot \left(\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi^*} - 1 \right) \quad (4.1)$$

где δ_{v_2} – скоростная девиация на курсе 180° ;

δ_{v_1} – скоростная девиация на курсе 0° ;

φ^* – конструктивная широта.

Значение скоростной девиации δ_{v_1} на курсе 0° было найдено ранее по формуле (3.1) в разделе 3.2. Скоростная девиация δ_{v_2} будет противоположна по знаку и на 30% меньше, чем δ_{v_1} :

$$\sin \delta_{V_2} = -0.7 \cdot \frac{V \cdot \cos \Gamma_{KK}}{900 \cdot \cos \varphi} = -0.7 \cdot \frac{26 \cdot \cos 180}{900 \cdot \cos 65.5} = 0.0049$$

Для полученного значения синуса найдем значения девиации:

$$\delta_{V_2} = 2.8^\circ$$

Подставим полученные данные в формулу (4.1):

$$\delta_I = (2.8 - (-4.014)) \cdot \left(\frac{\cos 65.5}{\cos 55} - 1 \right) = -1.9^\circ$$

Инерционная девиация вследствие совершения циркуляции с 0 на 180° на полном ходу с падением скорости 30% будет иметь максимальное значение сразу после маневра ($\delta_I = -1.9^\circ$). Она постепенно исчезнет примерно за четверть периода затухающих колебаний ($\frac{1}{4} T_d \approx 30$ минут).

Во время сильных маневров (с резким изменением курса и/или скорости) и сразу после их окончания 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 Примеры описания светила (раздел 5.1)

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 5.1.

Таблица 5.1 – 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 восходит 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 «Эскиммо» («Воздушный змей», «Парашют» – см. рис. 5.1).

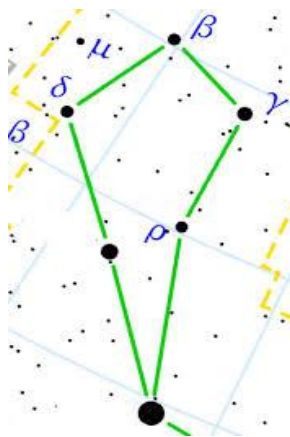


Рисунок 5.1 – Астеризм «Эскиммо»

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 5.1.

Таблица 5.1 – Яркость (видимая звёздная величина) по сравнению с аналогичными светилами

Светило	Луна	Венера	Юпитер	Марс	Сатурн	Сириус	Канопус
Созвездие	—	—	—	—	—	α Большого 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: оранжевый немерцающий объект.

9.3 Пример определения поправки гирокомпаса по азимуту небесного светила (выполнение разделов 5.2 и 5.3)

5.2. Определение координат светила по астрономическому ежегоднику

Исходные данные для астрономического наблюдения представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. – 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, навигационными таблицами Norie's Nautical Tables, а также значениями из таблицы 5.2 исходных данных.

Данные для входа в астрономический ежегодник: дата, время (UT), название светила.

Выходные данные: часовой угол (LHA) и склонение (Dec).

На рисунке 5.2 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	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
01	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
02	36° 30'.6	201° 15'.6	23'.6	268° 24'.7	56'.9	359° 24'.3	06'.8	198° 48'.1	04'.6	Acrux 173° 11'.5 6
03	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
04	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
05	81° 38'.0	246° 14'.4	27'.3	313° 27'.4	55'.9	44° 32'.4	06'.5	243° 54'.6	04'.9	
06	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
07	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
08	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
09	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
10	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
11	171° 52'.8	336° 12'.0	34'.9	43° 32'.9	53'.9	134° 48'.5	06'.1	334° 07'.7	05'.6	
12	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
13	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
14	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
15	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
16	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
17	262° 07'.6	66° 09'.7	42'.4	133° 38'.4	51'.9	225° 04'.6	05'.6	64° 20'.8	06'.3	
18	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
19	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
20	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
21	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
22	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
23	352° 22'.3	156° 07'.3	49'.9	223° 43'.9	49'.9	315° 20'.7	05'.1	154° 34'.0	07'.0	

Рис. 5.2 – Определение GHA, склонения и поправки d-cor

Определим инкремент на 24 минуты из таблицы инкрементов и поправок (рис. 5.3). Поправку (d-cor) для склонения в виду ее малости при определении по планете не учитываем (актуальна только для Луны).

24 ^m INCREMENTS AND CORRECTIONS										
S	Sun Planets	Aries	Moon	V or Cor'n d	V or Cor'n d	V or Cor'n d	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 5.3 – Определение минутного инкремента и поправки к склонению

Для нахождения координат светила (планета Марс; символ – σ) воспользуемся следующими формулами:

$$GHA = GHA^* + Incr$$

$$Dec = Dec^* + dcor$$

$$LHA = GHA + \lambda$$

Выполним расчеты координат светила в столбик по установленной форме.

GHA_{σ}^{19h}	$163^{\circ}40.2'$	Dec_{σ}^{19h}	$19^{\circ}51.3'N$
$Increment^{24m0s}$	$+ \quad 6^{\circ}00'$		
GHA_{σ}	$169^{\circ}40.2'$		
λ (East)	$+ \quad 75^{\circ}06.0'$		
LHA_{σ}	$= \quad 244^{\circ}46.2' \text{ (Rising)}$		

Светило является восходящим (rising), поскольку значение LHA лежит в пределах 180° – 360° .

5.3. Определение азимута светила по навигационным таблицам

Для определения азимута светила воспользуемся таблицами А, В, С из сборника навигационных таблиц “Norie's Nautical Tables”.

Данные для входа в таблицы: φ , LHA, Dec.

Данные на выходе: четвертной азимут светила.

5.3.1 Из таблицы А по информации о широте φ и часовому углу LHA определим вспомогательный коэффициент А.

Фрагмент таблицы А представлен на рисунке 5.4. Зайдем со значениями $LHA = 244^{\circ}46.2'$ и $\varphi = 75^{\circ}06'$.

TABLE A HOUR ANGLE																
Lat. °	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°
	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
61	1.04	1.00	.96	.92	.88	.84	.80	.77	.73	.69	.66	.62	.59	.55	.52	.48
62	1.09	1.04	1.00	.96	.92	.88	.84	.80	.76	.72	.68	.65	.61	.58	.54	.50
63	1.13	1.09	1.04	1.00	.96	.92	.87	.83	.79	.75	.71	.68	.64	.60	.56	.53
64	1.18	1.14	1.09	1.05	1.00	.96	.91	.87	.83	.79	.75	.71	.67	.63	.59	.55
65	1.24	1.19	1.14	1.09	1.05	1.00	.96	.91	.87	.82	.78	.74	.70	.66	.62	.57
66	1.30	1.25	1.19	1.14	1.10	1.05	1.00	.95	.91	.86	.82	.77	.73	.69	.64	.60
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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°

Рис. 5.4– Нахождение коэффициента А

Применив интерполяцию, получим значение коэффициента А

$$A=1,78N$$

Знак коэффициента А такой же, как у широты, т.к. ЛНА лежит в пределах от 90° до 270° согласно инструкции, приведенной сбоку таблицы.

5.3.2. Из таблицы В по информации о склонении Dec и часовому углу ЛНА определим вспомогательный коэффициент В.

Фрагмент таблицы В представлен на рисунке 5.5. Зайдем со значениями ЛНА = 244°46.2' и Dec = 19°52' N.

Применив интерполяцию, получим:

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

5.3.3. Найдем коэффициент C как алгебраическую сумму коэффициентов A и B :

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

Из таблицы C по значению коэффициента C и широте φ определим четвертной азимут. Фрагмент таблицы представлен на рисунке 5.6.

TABLE C																	
A ± B = 1° 80' 1° 84'		1° 88' 1° 92'		1° 96' 2° 00'		A & B CORRECTION						2° 28' 2° 32'		2° 36' 2° 40' = A ± B			
						2° 04'	2° 08'	2° 12'	2° 16'	2° 20'	2° 24'						
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. 5.6 – Нахождение азимута по коэффициенту C

Применив интерполяцию, получим $Az_{1/4} = 60,7^\circ$.

Определим четверть, в которой находится значение Az (см. рисунок 5.7): отсчет ведем от точки “N” (C имеет знак «+») по направлению к “E”, т.к. светило восходящее.

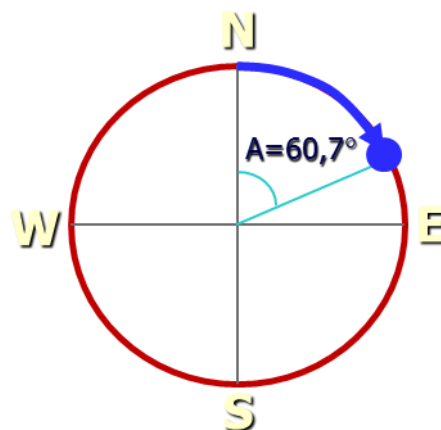


Рис. 5.7 – Перевод четвертного азимута в круговой

$$Az_{1/4} = N 60,7^\circ E.$$

Азимут в круговом счете будет равен

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

5.3.4. Найдем поправку ГКК как разницу истинного азимута и взятого пеленга:

$$\Delta \text{ГК} = Az - BRN$$

$$\Delta \text{ГК}_1 = 60,7^\circ - 60^\circ = 0,7^\circ.$$

5.3.5. Для проверки вычислений воспользуемся компьютерной программой Skymate Pro. Скриншот программы представлен на рис. 5.8.

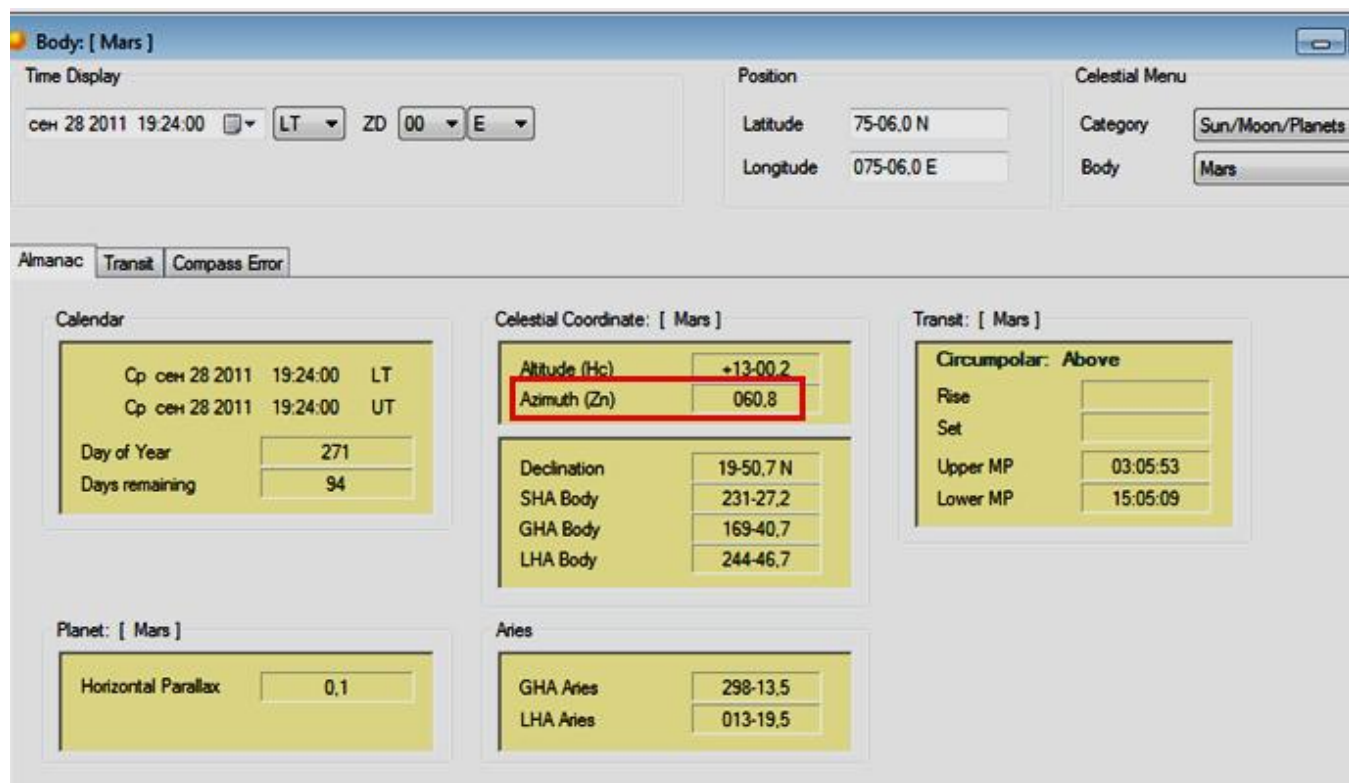


Рис. 5.8 – Нахождение азимута небесного светила по программе Skymate Pro

Сравнивая значения азимутов, взятого с компьютерной программы Skymate Pro и рассчитанного по альманаху и навигационным таблицам, видно, что азимут определен верно.

Величина поправки составляет **0,7°**. 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>) либо иные официальные источники по параметрам магнитного поля Земли. 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: A, B, C, D, E.

5. Используя основную формулу девиации определить значения девиации для остальных курсов по всей дуге горизонта с интервалом 10° . Рекомендуется использовать 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. 6.1).

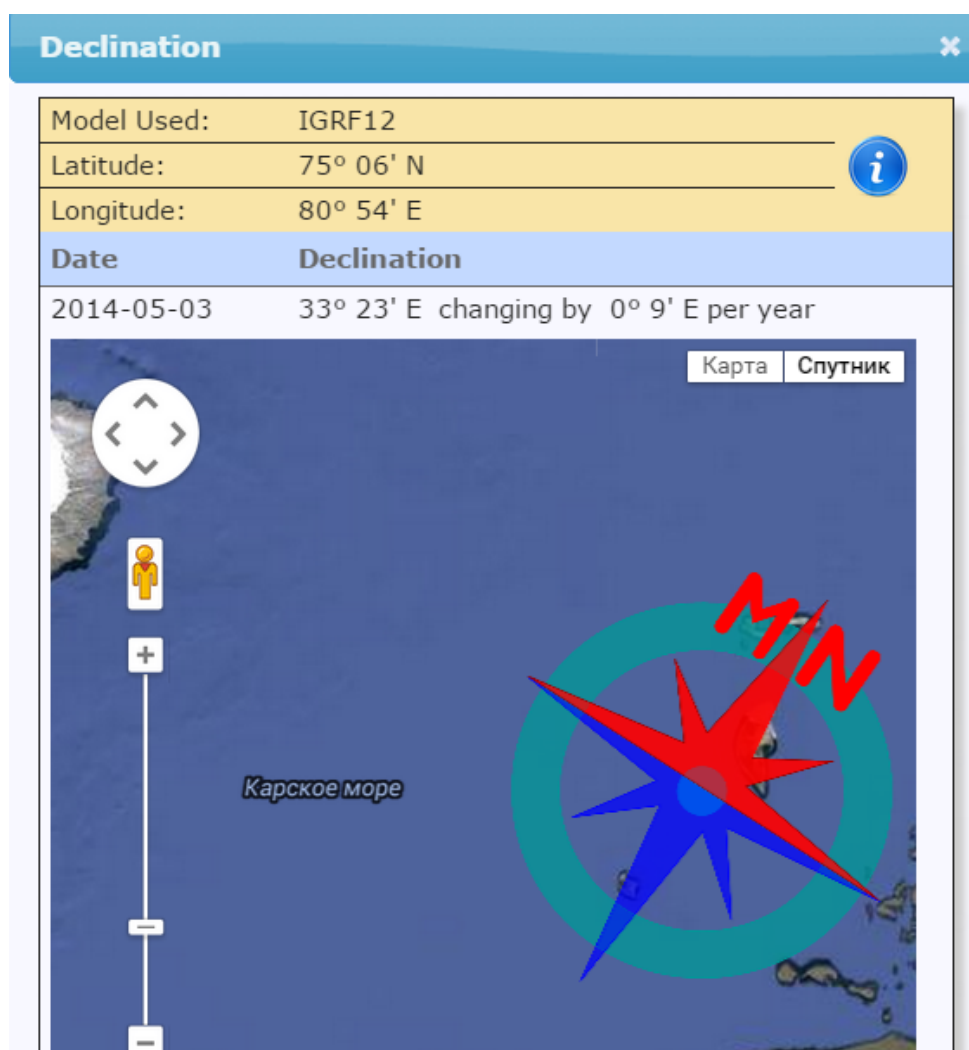


Рис. 6.1 – Магнитное склонение в районе наблюдений

Таким образом, получаем

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

6.2 Получаем данные для выполнения сличения магнитного компаса с гирокомпасом. Данные приведены в таблице 6.1. Поправка ГК была определена в разделе 5.3 и составляет $+0,7^{\circ}$.

Таблица 6.1 – Одновременно наблюдаемые курсы по магнитному и гиро-скопическому компасам

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

6.3 Для определения девиации МК воспользуемся формулой:

$$ИК = МКК + d + \delta_{МК} \quad (6.1)$$

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

$$\text{ИК} = \text{ГКК} + \Delta_{\text{ГК}}. \quad (6.2)$$

Приравняв (6.1) к (6.2), получаем:

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

Выразим искомое значение девиации магнитного компаса:

$$\delta_{\text{МК}} = \text{ГКК} + \Delta_{\text{ГК}} - \text{МКК} - d. \quad (6.3)$$

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 6.2.

Таблица 6.2 – 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. 6.2) определяем коэффициенты девиации:

$$A = -0,08;$$

$$B = 2,4;$$

$$C = -3,74;$$

$$D = 2,88;$$

$$E = -0,38.$$

6.5 Используя основную формулу девиации (6.4), определим значения девиации для остальных курсов по всей дуге горизонта с интервалом 10° .

$$\delta = A + B \cdot \sin \text{МКК} + C \cdot \cos \text{МКК} + D \cdot \sin(2\text{МКК}) + E \cdot \cos(2\text{МКК}). \quad (6.4)$$

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

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

Аналогично вычислим девиацию магнитного компаса для курсов от 0° до 360° с шагом в 10° , используя Microsoft Excel. Результаты сведем в рабочую таблицу девиации 6.3.

Таблица 6.3 – 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 6.3 построим рабочую кривую девиации (рис. 6.3). На этом же графике нанесем пунктирную кривую, построенную по значениям девиации, определенным по сличению (данные таблицы 6.2).

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



Рис. 6.3 – 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 ПОПРАВОК КОМПАСА»

11.1 Рекомендованная последовательность выполнения раздела

Требуется заполнить журнал поправок компаса при выполнении перехода согласно индивидуальному варианту. Поправка определяется и записывается в журнал за 3 последовательные вахты (интервал между определениями поправки не оговаривается, берется на усмотрение вахтенного офицера). Желательно использовать разные светила, которые следует подобрать, используя астрономическое ПО (например, Skymate Pro или Stellarium).

Последовательность выполнения раздела рекомендуется следующая:

1. Выполнить прокладку маршрута, используя электронную картографию OpenCPN или аналогичную. Маршрут должен проходить минимум по одной системе разделения движения (как указано в навигационном пособии Ship's Routeing 2017), установленным путям (если есть), с учетом глубин и навигационных опасностей. Описание используемой СРД привести на отдельной странице (-ах) в конце раздела или в приложении к курсовой работе. Образец допустимого представления информации о СРД представлен в Приложении 1 к настоящим методическим указаниям.

2. На карте отметить точки ("Observ"), где предполагаются определения поправки компаса. Поправку следует определять один раз за вахту на разных курсах.

Скриншот карты с прокладкой маршрута и точками наблюдений приводится на формате А3. При необходимости делается склейка из нескольких скриншотов с использованием графического редактора. Скриншот таблицы плавания также приводится на листе формата А4 или А3.

3. Выполнить первое наблюдение (точка Observ1). Для этого подобрать подходящее светило (достаточно яркое и расположенное низко над горизонтом). Заполнить для него журнал поправок (см. пример выполнения и пояснения в подразделе 11.2). В качестве поправки ГК использовать значение, определенное в разделе 5 курсовой работы. Магнитное склонение следует брать для конкретной точки и даты, используя онлайн сервис <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination> или аналогичный. Девiation следует определять по таблице/кривой девиации, полученной в разделе 6.

4. Аналогично в точках Observ2 и Observ3 выполнить определения поправки. Сделать для них записи в журнале.

Начало перехода во всех заданиях – 20-00 по местному времени. Если во время перехода наступает светлое время суток, то в качестве светила следует использовать Солнце.

11.2 Пример выполнения раздела 7

7.1 Описание перехода

Требуется выполнить переход вокруг юго-западного побережья Крымского полуострова из бухты Ярылгач (порт Черноморское) в порт Ялта.

Исходные данные на переход представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Исходные данные на переход

Дата начала перехода	03.03.2018
Время выхода на маршрут	20-00 (местное время)
Тип судна	Крупнотоннажное океанское
Начало маршрута	Выход из бухты Ярылгач 45 34.7N; 032 47.4E
Окончание маршрута	Точка приема лоцмана п. Ялта 44 27.7N; 034 10.7E
Средняя скорость на маршруте	14 уз.
Особые условия следования	Следование установленными маршрутами, прохождение системы разделения движения

7.2 Прокладка маршрута

Выполнена в программе OpenCPN v. 4.8.6 с использованием векторных электронных карт формата CM93.

Маршрут проходит через систему разделения движением № III/17-2 (“In The Area Off The South-Western Coast Of The Crimea”, номер в соответствии с пособием Ship’s Routeing 2017). Описание приведено в приложении 1 к курсовой работе.

На карте отметим точки (“Observ”), где запланированы определения поправки компаса. Поправку будем определять один раз за вахту на разных курсах.

Прокладка маршрута представлена на рис. 7.1.

Таблица плавания (скриншот из программы OpenCPN) представлен на рис.

7.2

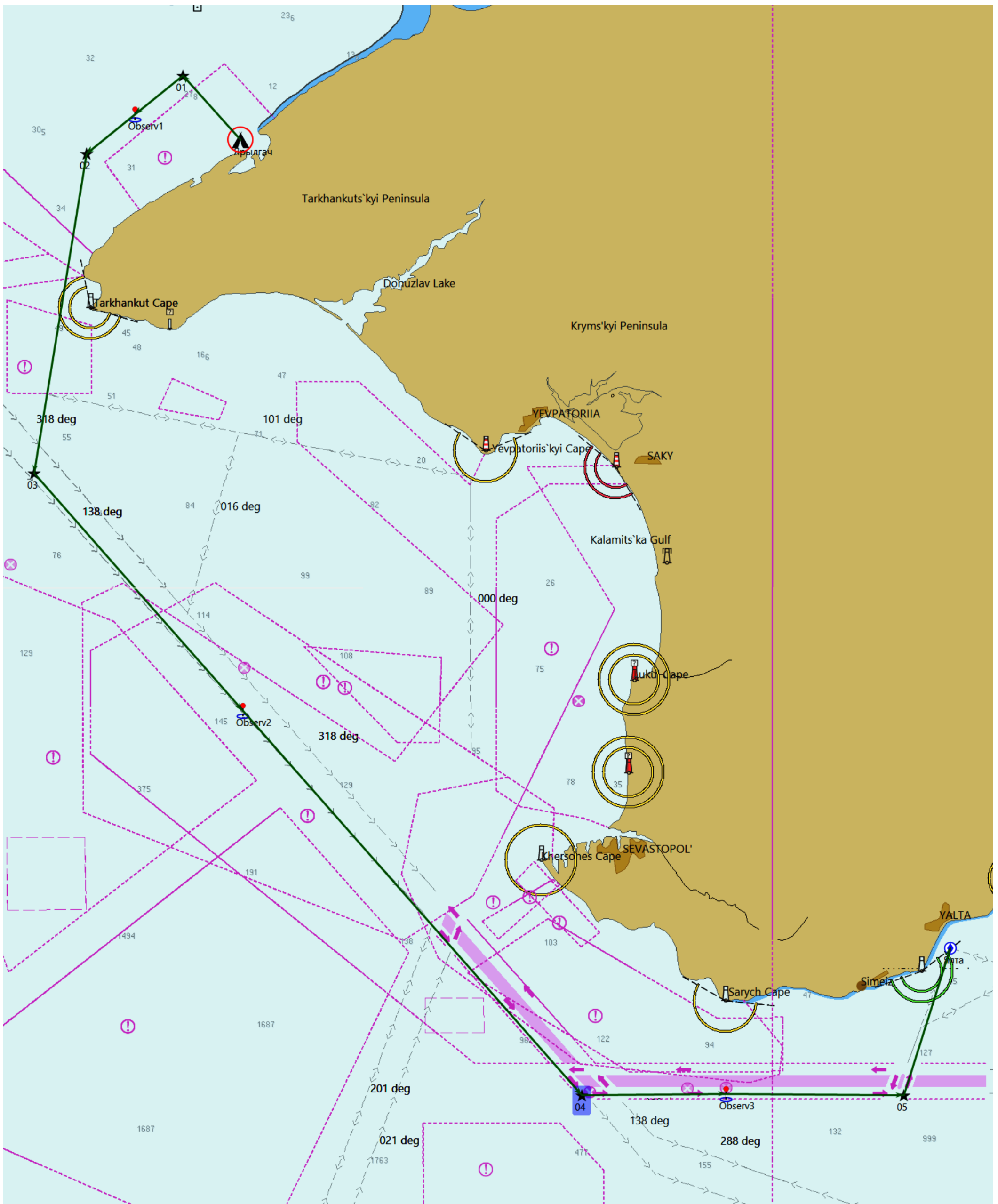


Рис. 7.1 – Прокладка маршрута

Параметры

Название
Черноморское - Ялта

Пункт отправления: Черноморское Пункт назначения: Ялта

Суммарное расстояние: 153.21 м. м. Планируемая скорость: 14.00 Время в пути: 10 ч 56 мин. Время отбытия (м/д/г ч:мин): 03/03/2018 20:00

Показывать время как:
☐ гринвичское (UTC) ☒ местное по компьютеру ☐ местное астрономическое

Цвет:: Тёмно-зелёный Стил:: Сплошной узор Ширина:

Путевые точки

Участок маршрута	К путевой точке	Расстояние	Пеленг	Широта	Долгота	Ожидаемое время прибытия	Скорость	Курс
---	Ярылгач	5239.97 м. м.	082 Deg. T	45 34.7 N	032 47.4 E	Отбытие: 03/03 20:00 (ночь)	14.00	318 Deg. T
1	01	7.09 м. м.	318 Deg. T	45 39.9 N	032 40.6 E	03/03 20:30 (ночь)	14.00	232 Deg. T
2	Observ1	5.05 м. м.	232 Deg. T	45 36.8 N	032 35.0 E	03/03 20:52 (ночь)	14.00	231 Deg. T
3	02	5.11 м. м.	231 Deg. T	45 33.5 N	032 29.4 E	03/03 21:13 (ночь)	14.00	189 Deg. T
4	03	26.68 м. м.	189 Deg. T	45 07.2 N	032 23.2 E	03/03 23:08 (ночь)	14.00	139 Deg. T
5	Observ2	26.29 м. м.	139 Deg. T	44 47.5 N	032 47.7 E	03/04 01:00 (ночь)	14.00	138 Deg. T
6	04	42.95 м. м.	138 Deg. T	44 15.4 N	033 27.5 E	03/04 04:05 (ночь)	14.00	090 Deg. T
7	Observ3	12.15 м. м.	090 Deg. T	44 15.5 N	033 44.4 E	03/04 04:57 (ночь)	14.00	090 Deg. T
8	05	14.96 м. м.	090 Deg. T	44 15.4 N	034 05.2 E	03/04 06:01 (ночь)	14.00	018 Deg. T
9	Ялта	12.92 м. м.	018 Deg. T	44 27.7 N	034 10.7 E	03/04 06:56 (утр. сумерки)	14.00	

Рис. 7.2 – Таблица плавания (скриншот программы OpenCPN)

7.3 Выполнение астрономического наблюдения № 1

Выполним астрономическое наблюдение в точке Observ1 с помощью программного обеспечения SkyMate Pro. В качестве светила для наблюдения выберем звезду 1 величины – Денеб, расположенную низко над горизонтом с азимутом 340,4°.

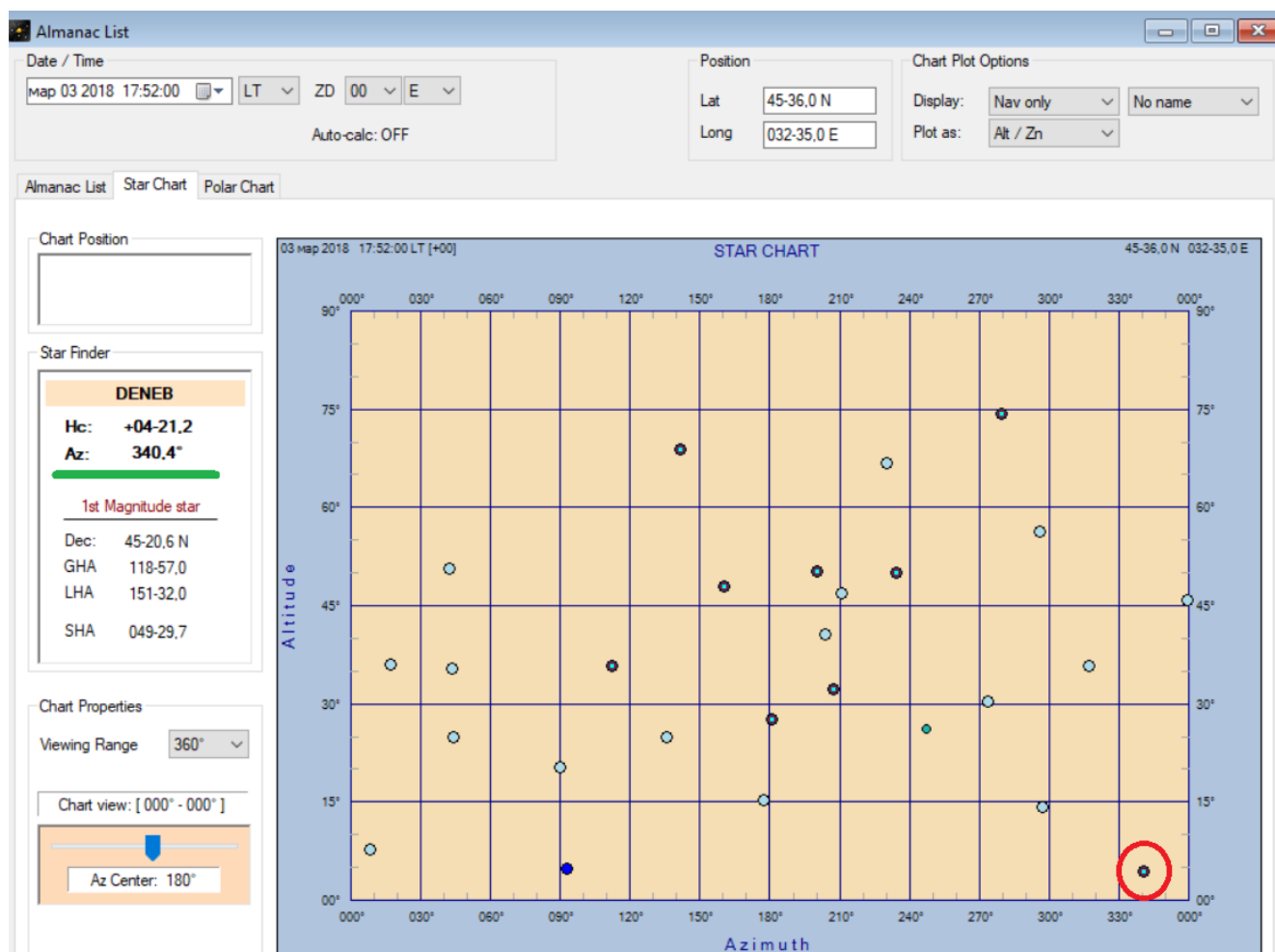


Рис. 7.3 – Астрономическое наблюдение звезды Денеб

Заполним журнал поправок компаса для первой вахты:

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
03/03/18	17-52	45-36,8N	032-35,0E	230,4°	224,2°	230,4°	340,4°	339,8°	—
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			
Deneb	0,6°E	6,8°E	0,6°E	6,8°E	0°	—	±1	STBD RPTR	Ch/O Petrov

Пояснения к заполнению журнала:

1. Сначала заполняются колонки 1, 2 (время приводится к гринвичскому путем вычитания номера часового пояса), 3.1, 3.2, 5.1 (берется азимут светила по программе SkyMate Pro), 6, 10 (по умолчанию крен судна находится в пределах), 12 (должность и фамилия определявшего поправку).

2. Поправка гирокомпаса (колонка 7.1) была найдена ранее при выполнении 5 раздела курсовой работы: $\Delta_{ГК} = 0,6^\circ \text{E}$.

3. Магнитное склонение (колонка 8) на дату и место наблюдений берется с сервиса <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>. Скриншот представлен на рис. 7.4.

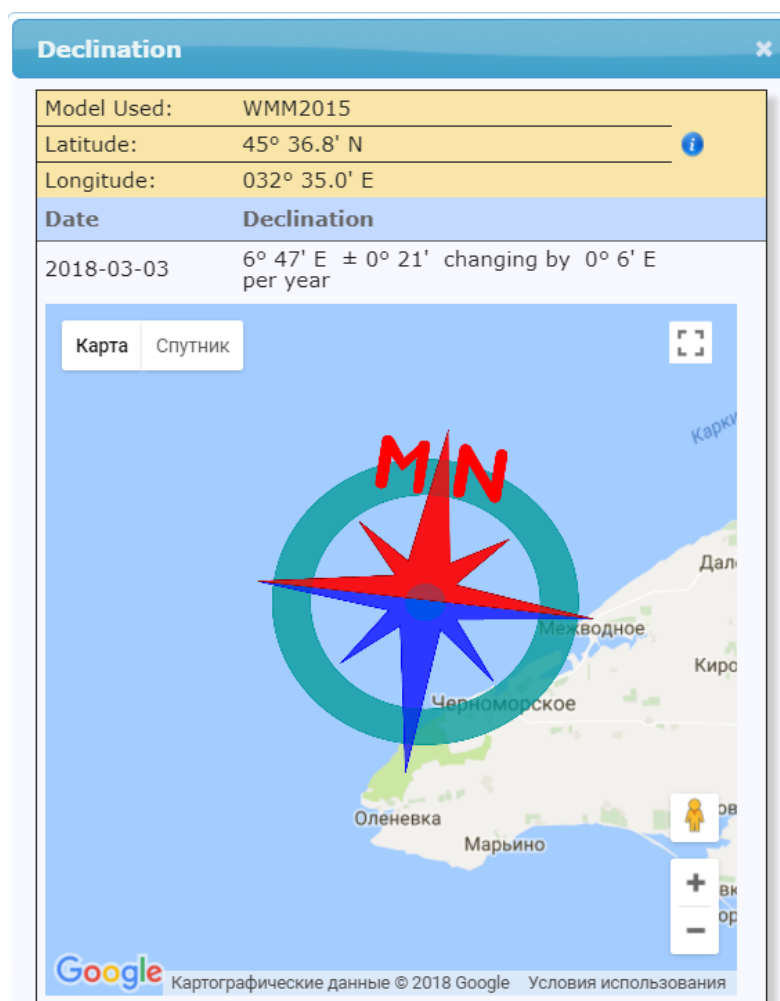


Рис. 7.4 – Магнитное склонение в точке Observ1

4. Девиация магнитного компаса (колонка 9.1) берется приблизительно по значению магнитного курса из таблицы или кривой девиации, полученной в разделе 6 курсовой работы (рис. 7.5).

$$\text{МК} = \text{ИК} - d = 231^\circ - 6,8^\circ = 224,2^\circ.$$

$$\delta \cong 0.$$



Рис. 7.5 – Кривая девиации

5. Поправка магнитного компаса (колонка 7.2) определяется как сумма склонения и девиации

$$\Delta_{МК} = d + \delta = 6,8^\circ + 0 = 6,8^\circ.$$

6. Колонки 4.3 и 7.3 дублируют соответственно 4.1 и 7.1, т.к. путевым компасом по умолчанию является гирокомпас.

7. Курс по магнитному компасу (колонка 4.2) определяется как истинный курс минус поправка МК:

$$МКК = ИК - \Delta_{МК} = 231^\circ - 6,8^\circ = 224,2^\circ.$$

8. Гирокомпасный пеленг (колонка 5.2) светила определится как азимут светила (истинный пеленг) минус поправка ГК:

$$ГКП = ИП - \Delta_{ГК} = 231^\circ - 6,8^\circ = 224,2^\circ.$$

9. Репитер, который использовался для пеленгования, определяется по курсовому углу светила:

$$КУ = ИП - ИК = 340,4^\circ - 231^\circ = 109,4^\circ \text{ (светило с правого борта).}$$

10. Колонки 5.3 и 9.2 не заполняются (ставится прочерк).

7.4 Выполнение астрономического наблюдения № 2

Выполним наблюдение в точке Observ2 с помощью ПО SkyMate Pro аналогично описанной в п. 7.3 процедуре. В качестве светила для наблюдения выберем звезду 1 величины – Вега, расположенную низко над горизонтом с азимутом $46,3^\circ$ (рис. 7.6).

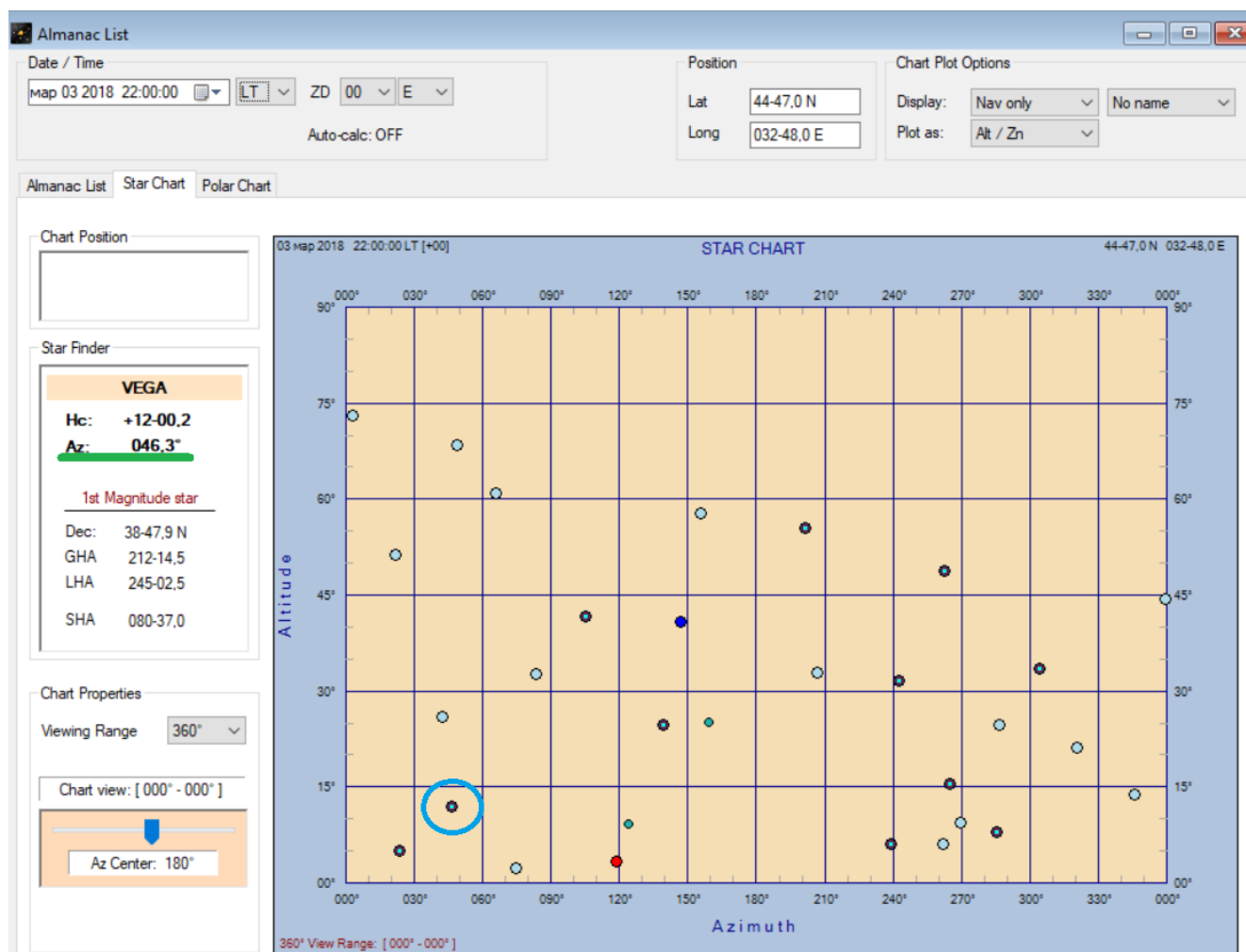


Рис. 7.6 – Астрономическое наблюдение звезды Вега

Заполним журнал поправок компаса для второй вахты:

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
03/03/18	22-00	44-47,5N	032-47,7E	137,4°	133,5°	137,4°	46,3°	45,7°	—
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			
Vega	0,6°E	4,5°E	0,6°E	6,6°E	2,1°W	—	±1	PORT RPTR	Master Ivanov

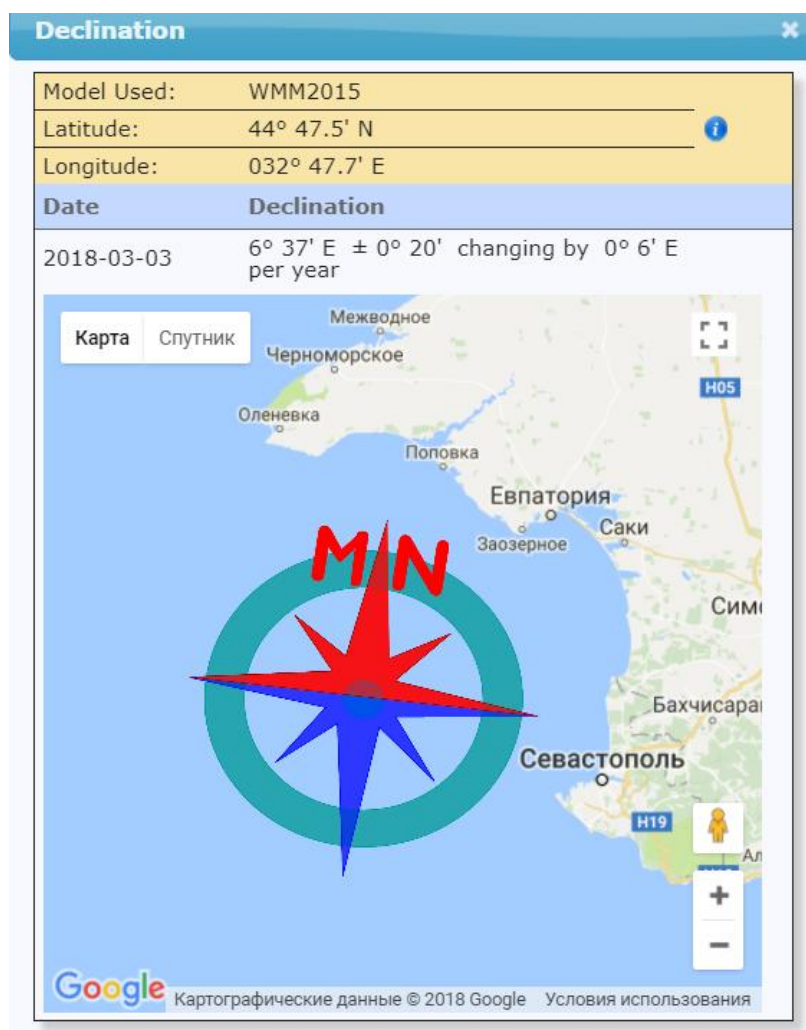


Рис. 7.7 – Магнитное склонение в точке Observ2

7.5 Выполнение астрономического наблюдения № 3

Выполним наблюдение в точке Observ3 с помощью ПО SkyMate Pro аналогично описанной в п. 7.3 процедуре. В качестве светила для наблюдения выберем планету Марс, расположенную низко над горизонтом с азимутом $145,4^\circ$ (рис. 7.8).

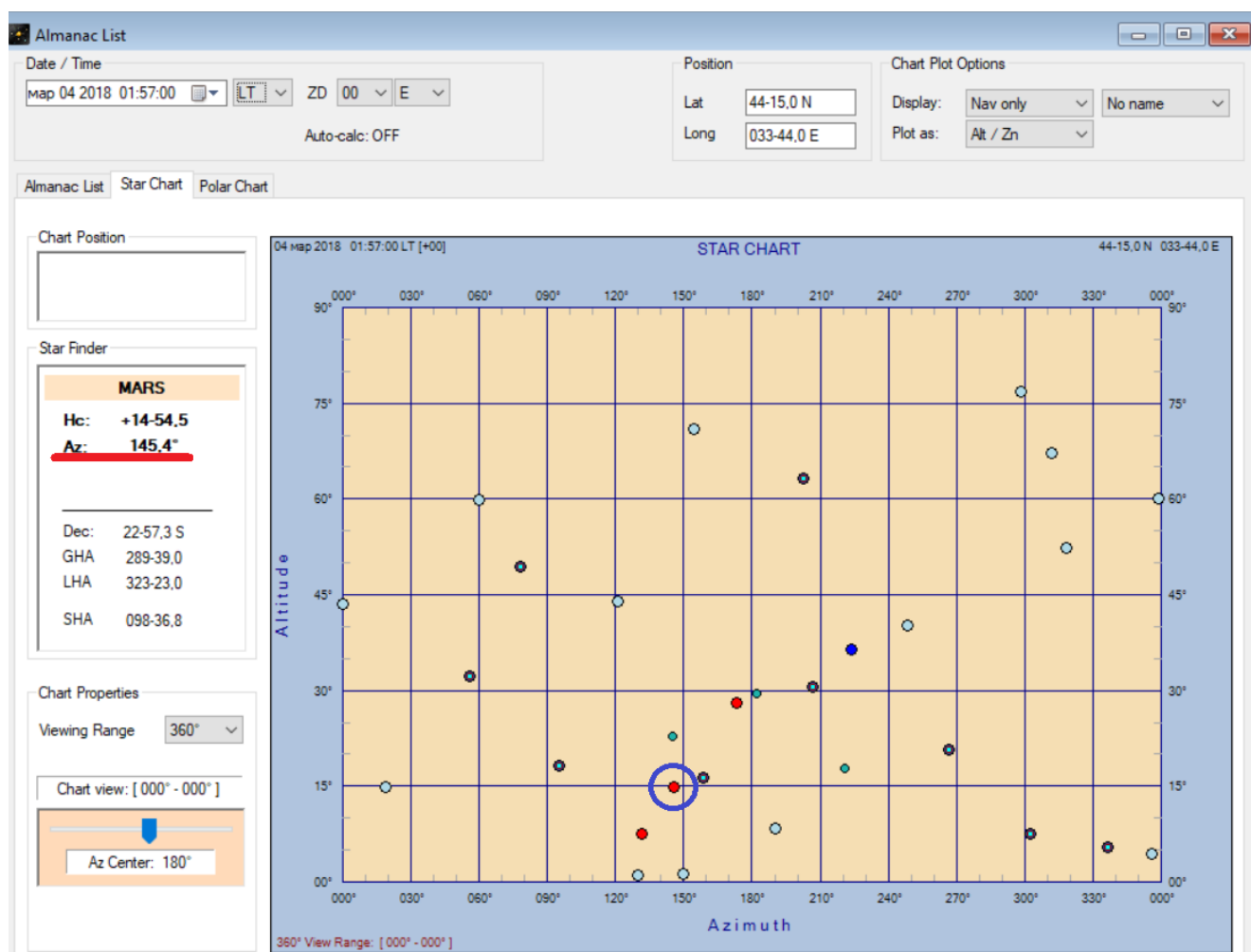


Рис. 7.8 – Астрономическое наблюдение планеты Марс

Заполним журнал поправок компаса для третьей вахты:

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
04/03/18	01-57	44-15,5N	033-44,4E	89,4°	81°	89,4°	145,4°	144,8°	—
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	0,6°E	9°E	0,6°E	6,6°E	2,4°E	—	±1	STBD RPTR	2/O Pavlov

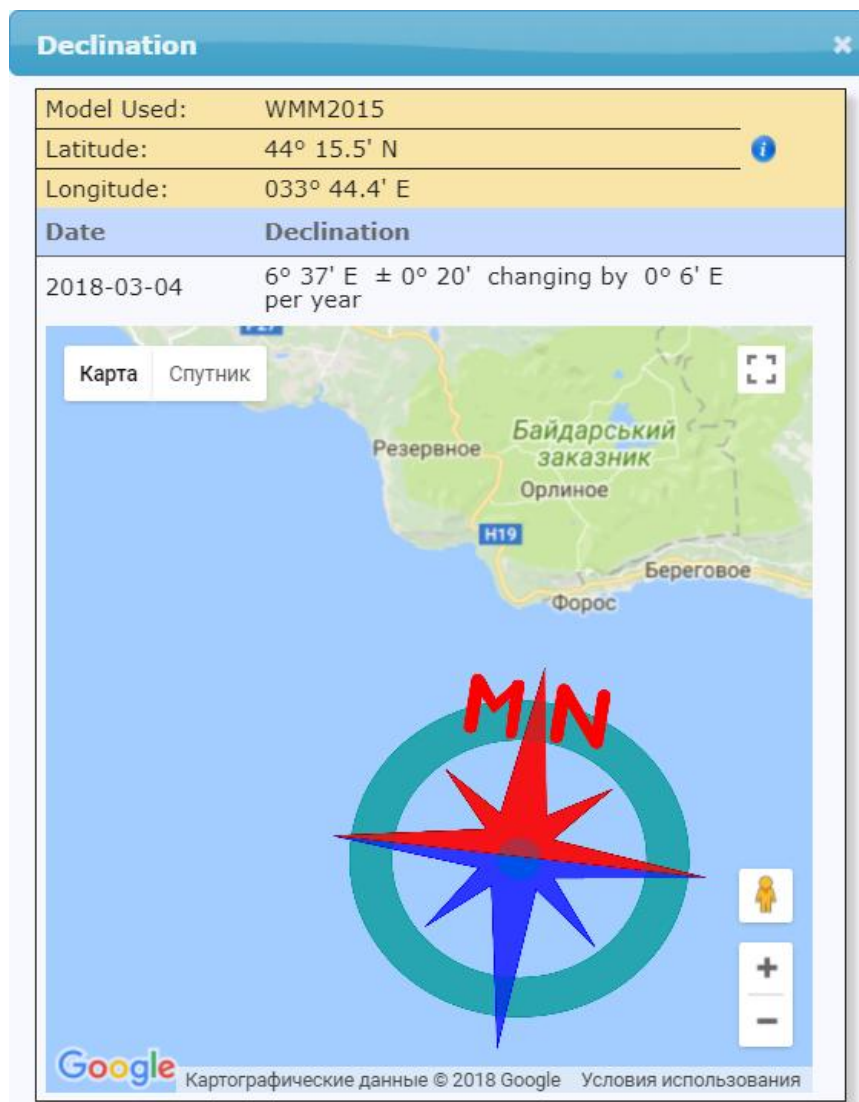


Рис. 7.9 – Магнитное склонение в точке Observ3

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 курсового проекта 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 ($0,75 \times \text{Секанс Широты}$). 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, Е; 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 1.

Таблица 1 – 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)

13. ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА И ЛИСТА ЗАДАНИЯ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Морской институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Судовождение и безопасность судоходства»

(наименование кафедры полностью)

26.05.05 Судовождение

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Судовождение на морских путях

(наименование профиля/специализации)

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине

Технические средства судовождения. Часть 1

(наименование дисциплины)

на тему Оценка точности приборов курсоуказания судна типа «Пассажирский паром» на переходе в Норвежском море

Выполнил: обучающийся

группы С/с-31-о

И.И. Иванов (з/к 152002)

(инициалы, фамилия, номер зачетной книжки)

«29» марта 2019 г.

Научный руководитель:

С.А. Подпорин

(инициалы, фамилия)

«___» _____ 2019 г.

Оценка: _____

«___» _____ 2019 г.

Севастополь
 2019

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Морской институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Судовождение и безопасность судоходства»

(наименование кафедры полностью)

26.05.05 Судовождение

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Судовождение на морских путях

(наименование профиля/специализации)

Курс 3 Группа С/с-31-о Семестр 6

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

обучающегося Иванова Ивана Ивановича
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема проекта Оценка точности приборов курсоуказания судна типа «Пассажирский паром» на переходе в Норвежском море
2. Срок сдачи обучающимся законченного проекта 30 марта 2019
3. Исходные/входные данные к проекту

Вариант задания к разделам 1–5:

Vessel details		Observation details	
Type	RO-RO passenger	Location	Norwegian Sea
Speed, knots	25	Latitude	N 69°05'
Gyro details		Longitude	W 11°50'
Type	CMZ-900	Date	February 28, 2018
Dampening factor	2,8	Time UT	23:38:00
Error at start-up	159°	Celestial body	Betelgeuse
Schuller latitude	55°	Bearing	234,5°

Вариант задания на раздел 6:

Румб	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
МКК	0	45	90	135	180	225	270	315	360
ГКК	12,4	55,1	102,3	149,0	189,4	230,1	278,3	328,2	372,4

Дополнительный маршрут к разделу 7: Валетта – Аннаба с 13 января

4. Содержание пояснительной записки (перечень вопросов, подлежащих разработке)
Краткое описание установленного гирокомпаса; оценка времени прихода гирокомпаса в меридиан; оценка скоростной девиации гирокомпаса; оценка инерционной девиации гирокомпаса; определение поправки гирокомпаса по азимуту небесного светила; определение девиации магнитного компаса и построение рабочей таблицы девиации; заполнение журнала поправок компаса.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Курсограмма прихода гирокомпаса в меридиан; рабочая таблица и рабочая кривая девиации; заполненный журнал поправок компаса; графическая прокладка перехода по дополнительному маршруту

6. Дата выдачи задания 19 января 2019 года

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов выполнения курсового проекта	Срок выполнения этапов курсового проекта	Примечания
1	Краткое описание установленного гирокомпаса	02.02.2019	
2	Оценка времени прихода гирокомпаса в меридиан	09.02.2019	
3	Оценка скоростной девиации гирокомпаса	16.02.2019	
4	Оценка инерционной девиации гирокомпаса	23.02.2019	
5	Определение поправки гирокомпаса по азимуту небесного светила	02.03.2019	
6	Определение девиации магнитного компаса и построение рабочей таблицы девиации	09.03.2019	
7	Заполнение журнала поправок компаса	16.03.2019	
8	Оформление графической части	23.03.2019	
9	Защита работы	30.03.2019	

Обучающийся Иванов И.И.
(фамилия, инициалы)

(подпись)

Руководитель курсового проекта Подпорин С.А., зав. кафедрой СБС
(фамилия, инициалы, должность)

(подпись)

«19» января 2019 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник/ В.В. Каретников. - СПб.: СПбГПУ, 2013. - 316 с.
2. Чапчай П.А. Электронавигационные приборы: учебное пособие / П.А. Чапчай. - 2-е изд. - Одесса: ОНМА, 2012. – 161с.
3. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения. Том 2. Конструкция и эксплуатация: Учеб. для вузов / Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.К. Перфильев и др. – СПб.: Элмор, 2000. – 656 с.
4. Смирнов Е.Л. Гироскопические компасы класса "Standart": учебное пособие/ Е.Л. Смирнов, В.В. Сизов, В.В. Воронов и др. - 2-е изд. - СПб.: ГМА им. Макарова, 2015. - 84 с.
5. Технические средства судовождения: Учеб. для вузов / В.И. Дмитриев, В.Ф. Евменов, О.Г. Каратаев, В.Д. Ракитин; Под ред. О.Г. Каратаева. – М.: Транспорт, 1990. – 320 с.
6. Журнал девиации магнитного компаса. - М.: Типография
7. Журнал поправок магнитного компаса, гирокомпаса и лага. - М.: Моркнига
8. Национальный геофизический центр данных. Режим доступа <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web>
9. Астрономические ежегодники Navsoft. Режим доступа <http://navsoft.com/downloads.html>.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРИБОРОВ КУРСУКАЗАНИЯ

*Методические указания
к выполнению курсового проекта*

Составители: **Подпорин** Сергей Анатольевич, **Загородний** Алексей Алексеевич,
Михайлов Владимир Викторович, **Рассохин** Андрей Юрьевич

Издается в авторской редакции

Изд. № 112/19. Объем 3,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»