

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

МОРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АДМИРАЛА Г. И. НЕВЕЛЬСКОГО

Кафедра «Технические средства судовождения»

В. В. Завьялов, Ю. А. Комаровский, В. Ф. Полковников,
А. И. Саранчин

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И
ТОЧНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ СУДОВОЖДЕНИЯ

Учебное пособие по выполнению курсовой работы
Специальность 180402
«Судовождение»

Рекомендовано Дальневосточным региональным отделением учебно-методического объединения по образованию в области эксплуатации водного транспорта (ДВ РОУМО) в качестве учебного пособия для студентов (курсантов) морских специальностей вузов региона
29.03.2008 г.

Владивосток
2008 г

УДК 629.12.053-83(075.8)

Завьялов, В. В. Оценка эксплуатационных характеристик и точности навигационных параметров технических средств судовождения [Текст] / В. В. Завьялов, Ю. А. Комаровский, В. Ф. Полковников В. Ф., А. И. Саранчин. // Учеб. пособие. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2008. – 83 с.

Даны основные сведения по контролю точности и работоспособности магнитных компасов, гирокомпасов, лагов и эхолотов. Приведены алгоритмы и схемы расчётов поправок этих приборов. Объяснены принципы принятия штурманом решений о пригодности технических средств судовождения для навигационного использования. По каждому разделу составлено 100 вариантов заданий для решения задач.

Учебное пособие составлено в соответствии с учебным планом специальности 180402.65 “Судовождение” по дисциплине “Технические средства судовождения”.

Ил. 10, табл. 6, прилож. 9, библиогр. 29.

Рецензенты: В. В. Карасёв, заведующий кафедрой Акустические приборы, системы и технические средства судовождения Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета, канд. техн. наук, профессор;
А. А. Касич, старший преподаватель кафедры технических средств кораблевождения Тихоокеанского военно-морского института им. адм. С. О. Макарова, канд. техн. наук, доцент.

© Завьялов В. В., Комаровский Ю. А., Полковников В. Ф., Саранчин А. И.

© Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского, 2008 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
1. Гирокомпасы	5
1.1. Гирокомпас на неподвижном основании	5
1.1.1. Оценка пригодности чувствительного элемента к навигационному использованию	5
1.2. Гирокомпас на подвижном основании	8
1.2.1. Влияние стационарного режима движения судна на параметры гирокомпаса	8
1.2.2. Влияние маневрирования судна на гирокомпас	9
2. Расчёт поправки гирокомпаса	15
2.1. Введение	15
2.2. Пример расчёта поправки гирокомпаса	19
2.3. Правила оформления этого раздела	21
3. Сличение компасов	22
3.1. Предварительные замечания	22
3.2. Порядок выполнения сличения компасов	23
3.3. Пример расчётов по сличению компасов	27
3.4. Правила оформления этого раздела	28
4. Расчёт поправок к измеренным эхолотом глубинам	29
4.1. Погрешности измерения глубин эхолотом	29
4.2. Расчёт поправок за отклонение скорости звука в воде ...	31
4.3. Пример расчёта поправки с помощью таблиц МТ-2000 ..	33
4.4. Правила оформления этого раздела	34
5. Магнитные компасы	35
5.1. Общие замечания	35
5.2. Вычисление временной таблицы девиации	41
5.3. Предвычисление изменения полукруговой девиации	45
6. Контроль поправки лага	49
6.1. Краткие теоретические сведения	49
6.2. Порядок расчёта поправки лага	50
Приложение 1	52
Приложение 2	55
Приложение 3	61
Приложение 4	65
Приложение 5	67
Приложение 6	71
Приложение 7	74
Приложение 8	78
Приложение 9	81

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа по дисциплине “Технические средства судовождения” выполняется в соответствии с учебным планом специальности 180402.65 “Судовождение” на заключительном этапе изучения этой дисциплины.

Целью выполнения данной курсовой работы является закрепление навыков инженерных расчётов, связанных с оценкой точности гирокомпасов, эхолотов, магнитных компасов и лагов, а также формирование грамотного подхода к анализу их пригодности к использованию в навигационных целях, чтобы обеспечить высокий уровень безопасности судовождения.

Будущий штурман в своей повседневной деятельности должен практически оценивать достоинства и недостатки этих приборов, уметь в любой момент времени проконтролировать их работоспособность. Поэтому данное учебное пособие следует рассматривать и как руководство для принятия решений при несении ходовой вахты, как это требует Конвенция ПДНВ.

Учебное пособие составлено с учётом современного отечественного и зарубежного опыта эксплуатации технических средств судовождения. Сюда включены также результаты практических и теоретических разработок преподавателей кафедры ТСС.

Раздел “Гирокомпасы” и Приложение 1 составлены доцентом В. Ф. Полковниковым. Раздел “Магнитные компасы” и Приложения 5, 6, 7 написаны профессором В. В. Завьяловым. Разделы “Расчёт поправки гирокомпаса”, “Сличение компасов”, “Расчёт поправок к измеренным эхолотом глубинам” и Приложения 2, 3, 4 составлены доцентом Ю. А. Комаровским. Раздел “Контроль поправки лага” и Приложение 8 написаны доцентом А. И. Саранчиным.

Требования к оформлению пояснительной записки курсовой работы помещены в Приложение 9.

1. ГИРОКОМПАСЫ

1.1. Гирокомпас на неподвижном основании

1.1.1. Оценка пригодности чувствительного элемента к навигационному использованию

Для выполнения указанной проверки и проведения соответствующей оценки параметров чувствительного элемента необходимо получить кривую затухающих колебаний гирокомпаса, соблюдая следующий порядок действий:

1. Установить корректор в гирокомпасе типа «Курс» на нулевой отсчет и записать широту места снятия кривой затухающих колебаний. В корректируемом гироскопическом указателе курса («Вега») широту места и скорость установить на нулевой отсчет. В пояснительной записке объяснить необходимость выполнения этих требований.

2. Проверить курсограф, убедившись в наличии ленты курсограммы, согласовать ленту курсограммы по времени. Убедиться в заводе часов лентопротяжного механизма (в более ранних выпусках гирокомпасов часовой механизм может отсутствовать). Убедившись, что гирокомпас подготовлен к пуску, подать однофазный ток (ГК «Курс»). В гироазимуткомпасе (ГАК) «Вега» питание подаётся в режиме «Подготовка».

3. Определить по магнитному компасу (или иным способом) приближенный истинный курс судна (положение компасного меридиана) и отклонить чувствительный элемент от этого отсчета на угол $90^{\circ} - 100^{\circ}$ в любую сторону. Привести в пояснительной записке другие методы определения положения компасного меридиана, если для выполнения данного пункта невозможно использовать магнитный компас. Для отклонения чувствительного элемента от меридиана необходимо воспользоваться системой ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан.

4. В гирокомпасе типа «Курс» подать питание трехфазного тока и через 15-20 минут, как только токи станут рабочими, включить следящую систему. В ГАК «Вега» по окончании режима «Подготовка» установить режим «Работа». При этом на курсограмме начнется запись характера прихода чувствительного элемента в меридиан.

5. Произвести согласование системы синхронной передачи курса и, определив время, начать фиксировать на бумаге в табличной форме отсчеты курса по любому репитеру с точностью до $0,1^{\circ}$. Фиксацию и запись отсчетов курса необходимо производить через интер-

валы времени в 5 мин., а на перегибах кривой курсограммы через 1 минуту. Запись отсчетов курса производится до полного прихода гирокомпаса в меридиан. По требованиям ИМО гирокомпас считается пришедшим в меридиан, если колебания чувствительного элемента не выходят за значение $0,7^0$.

С целью оценки зоны «неустойчивости» необходимо продолжить запись отсчетов в течение времени равного примерно одному периоду затухающих колебаний гирокомпаса. При этом фиксируются максимальные отклонения чувствительного элемента сначала через четверть периода затухающих колебаний гирокомпаса, затем через полпериода. Максимальные отклонения в одну и другую стороны не должны превышать $0,35^0$.

Пример записи отсчетов приведен в табл. 1, где T – текущее время, ГКК – гирокомпасный курс, считываемый с репитера.

Таблица 1

Форма записи экспериментальных данных

T (мин.)	ГКК	T (мин.)	ГКК	T (мин.)	ГКК

Аналогичная кривая затухающих колебаний автоматически фиксируется и на курсограмме, но зона «неустойчивости» на ней практически неразличима. Поэтому отсчеты необходимо считывать по показаниям репитера.

Для обработки полученных наблюдений используется графическое построение на миллиметровке (рис.1) и табличные данные. Курсограмму можно использовать для контроля. Порядок обработки заключается в следующем:

1. Для гирокомпаса типа «Курс» исключают из рассмотрения начальный участок кривой, примерно по времени 60 – 80 мин, так как на этом участке колебания чувствительного элемента носят сложный характер, представляющий собой сумму двух законов движения. В пояснительной записке привести пояснение этих законов движения и объяснить необходимость исключения из обработки начального участка кривой затухающих колебаний гирокомпаса и почему этого не нужно делать для ГАК «Вега». Далее отбрасывают также последний участок (примерно 40 – 50 мин), так как вследствие уже малых амплитуд колебаний трудно точно определить значение полупериода колебаний.

2. Используя оставшийся участок кривой, снимите среднее значение величины периода затухающих колебаний (T_{cpd}), как $T_{cpd} = (T_{d1} + T_{d2} + \dots + T_{dn}) / n$ и определите среднее значение фактора затухания (f_{cp}) по формулам :

$$f_1 = \alpha_1 / \alpha_2 ; \quad f_2 = \alpha_2 / \alpha_3 \quad \dots \dots \quad f_n \quad ; \quad f_{cp} = (f_1 + f_2 + \dots + f_n) / n$$

Уточните среднее значение периода затухающих колебаний гироскопа по данным таблицы наблюдений.

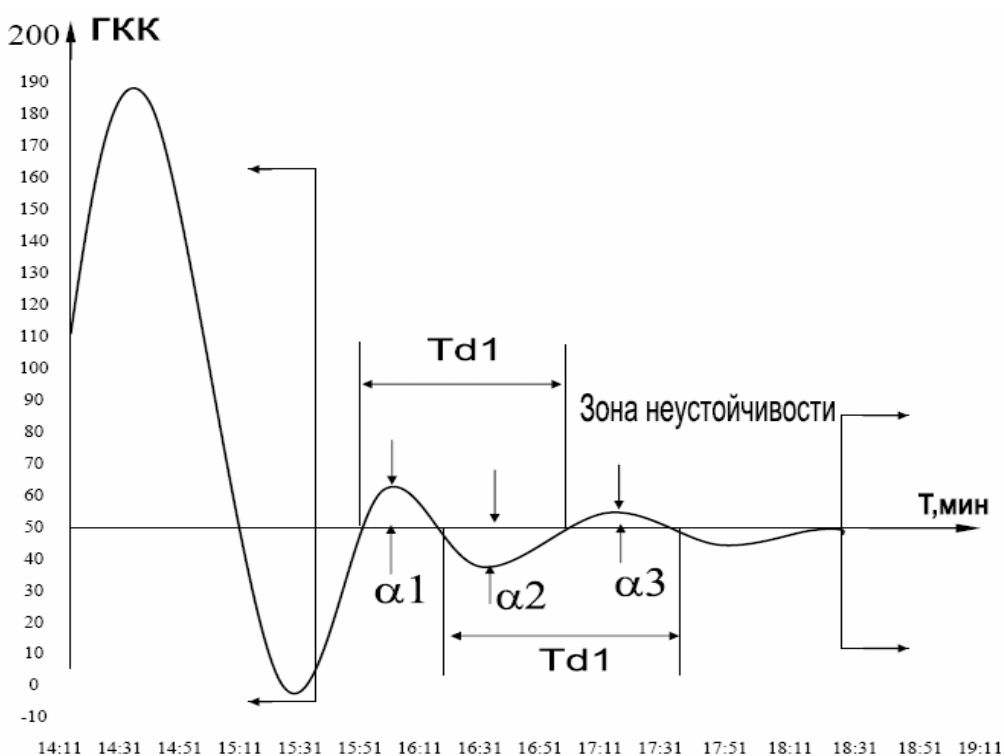


Рис. 1. Кривая затухающих колебаний гироскопа

3. На участке, где приведена «зона неустойчивости» чувствительного элемента (см. рис. 1), определите его максимальное отклонение вверх и вниз относительно установившегося значения.

4. Найденное среднее значение периода затухающих колебаний гироскопа сравните со стандартным табличным значением, приведенном в заводском описании гиросферы в данной широте места с допуском ± 15 мин. Следует также сравнить полученный фактор затухания с предельным его значением. Если полученные экспериментальным путем значения T_{cpd} и f_{cp} не входят в табличные пределы допустимых значений в данной широте места, то чувствительный элемент считается непригодным к

дальнейшей эксплуатации и подлежит немедленной замене. Принять для широты Владивостока табличные значения $T_{\text{табл}} = 87,7$ мин, $f_{\text{табл}} = 2,51$.

5. Среднее значение максимальных отклонений чувствительного элемента на участке оценки зоны «неустойчивости» сравните с допустимым значением. При этом должно соблюдаться условие:

$$\varepsilon_{\text{ср}} < [(0,35^\circ \text{Sec}\varphi)^2 + (0,2)^2]^{\frac{1}{2}},$$

где φ – широта места

6. Установившееся значение курса сравнивают с истинным курсом и определяют поправку гирокомпаса. Если поправка превышает допустимое значение $\pm 1,0^0$. (Требования Регистра РФ), то необходимо уменьшить ее до необходимого значения. В пояснительной записке опишите порядок действий при уменьшении (устранении) постоянной погрешности гирокомпаса.

1.2. Гирокомпас на подвижном основании

1.2.1. Влияние стационарного режима движения судна на параметры гирокомпаса

При движении судна с постоянными скоростью и курсом изменяются такие параметры гирокомпаса как направляющий момент (R), период собственных незатухающих (T_0) и затухающих (T_d) колебаний, время прихода в меридиан и точность показаний.

Так для гирокомпаса типа «Курс» расчетные формулы могут быть записаны в следующем виде:

$$R = H[(\omega_{\oplus} \cos \varphi + V_E / R_{\oplus})^2 + (V_N / R_{\oplus})^2]^{\frac{1}{2}} \sin \alpha$$

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{H}{B\sqrt{(\omega_{\oplus} \cos \varphi + V_E / R_{\oplus})^2 + V_N / R_{\oplus}}^2}}$$

$$\alpha_r = -V_N / (R_{\oplus} \omega_{\oplus} \cos \varphi + V_E),$$

где: $V_N = V \cos ИК$, $V_E = V \sin ИК$, $\omega_{\oplus} = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ c}^{-1}$ – угловая скорость вращения Земли.

Рассчитайте величины этих параметров, используя исходные данные для вашего варианта, приведённые в Приложении 1, и объясните:

– физический смысл понятий «эффекта остановки Земли», «критическая широта», и как они влияют на гирокомпас. Влияют ли

эти явления для заданного вам режима движения и, если влияют, то приведите их количественную оценку;

– влияет ли рассматриваемый режим движения судна на параметры ГАК «Вега»;

– объясните физическую сущность возникновения скоростной девиации у гирокомпасов. Поясните графически для ваших параметров возникновение скоростной девиации;

– рассчитайте значение скоростной девиации гирокомпаса для ваших параметров до маневра судна, и после окончания маневра, используя следующее выражение:

$$\delta_V = -\frac{V \cos \Gamma_{KK}}{15 \cos \varphi}.$$

Следует иметь в виду, что более точное значение скоростной девиации рассчитывается по формуле:

$$\delta_V = -\frac{V \cos \Pi Y}{15 \cos \varphi};$$

– в чем принципиальное отличие компенсации скоростной девиации у гирокомпасов типа «Курс» и ГАК «Вега».

1.2.2. Влияние маневрирования судна на гирокомпас

Поясните причины возникновения инерционной девиации у гирокомпасов типа «Курс» и «Вега».

Используя исходные данные таблицы (Приложение 1) рассчитайте величину инерционной девиации первого рода у гирокомпаса типа «Курс» на конец маневра и инерционную девиацию ГАК «Вега», согласно следующим выражениям:

$$\delta_H^{(I)} = (\delta_{V2} - \delta_{V1}) \left(\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_*} - 1 \right), \quad \delta_{j \max} = -\frac{A_y}{Hg} \Delta V_N \Phi_1,$$

где

$$\Phi_1 = \left[1 + \frac{T_{ИГ}}{t_1} \left(e^{-\frac{t_1}{T_{ИГ}}} - 1 \right) \right].$$

По исходным данным (Приложение 1) в пояснительной записке постройте:

– график характера движения чувствительного элемента (гиросферы) ГК «Курс» и гирокомпасного меридиана при маневрировании судна

для случаев $\delta_H^{(1)}$ и $\delta_H^{(2)}$; $\delta_H^{(1)}$ – инерционная девиация 1-го; $\delta_H^{(2)}$ – инерционная девиация второго рода;

– график движения чувствительного элемента ГАК «Вега» при маневрировании судна;

– объясните понятия инерционная девиация 1-го рода и инерционное перемещение 1-го рода ($B_H^{(1)}$) с иллюстрацией на рисунке;

– объясните отличия в движении чувствительных элементов и гирокомпасного меридиана при маневрировании судна у гирокомпасов «Курс» и «Вега»;

– рассчитайте величину скоростной девиации гирокомпаса до и после маневра судна, используя исходные данные таблицы (Приложение 1).

Для примера приведем график характера движения чувствительного элемента и гирокомпасного меридиана для ГК «Курс» при случае инерционной девиации первого рода $\delta_H^{(1)}$. При этом будем считать, что масляный успокоитель отключен, т.е. инерционная девиация второго рода ($\delta_H^{(2)}$) отсутствует.

Допустим, что в $\varphi = 40^0N$ судно имело перед маневром $ГКК_1 = 30^0$, перемещаясь со скоростью $V_1 = 5$ уз. В последующий момент судно легло на $ГКК_2 = 120^0$, увеличив скорость до 15 уз. Определим положение гиро-сферы ГК «Курс» до маневрирования судна и характер её поведения после окончания маневра для вышеуказанных параметров маневрирования и покажем это графически, выполняя следующий порядок действий (рис.2):

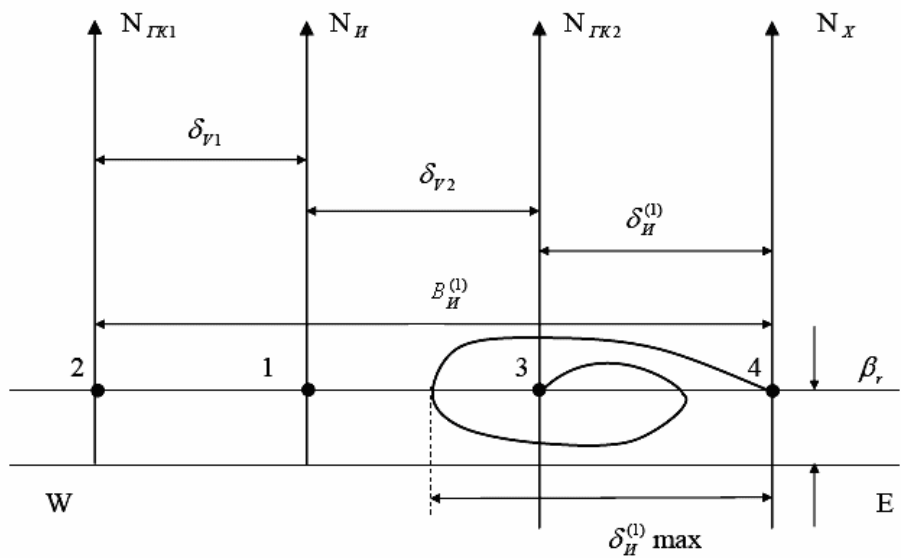


Рис. 2. Движение гирокомпасного меридиана и главной оси чувствительного элемента гирокомпаса «Курс» при маневрировании судна

1. Наносим на рисунок плоскость горизонта (линия E-W) и истинный меридиан ($N_{И}$); β_r – угол отклонения главной оси гиросферы от плоскости горизонта. Для северной широты ($\varphi-N$) главная ось гиросферы приподнята над плоскостью горизонта, а для южной широты – опущена за плоскость горизонта. Поясните наличие данного факта.

2. Определяем положение гиросферы до маневра. Так как, перед маневрированием судно имело какую-то скорость (в нашем случае $V_1 = 5$ уз), двигаясь $ГКК_1 = 30^0$, то в показаниях гиросферы будет присутствовать скоростная девиация (δ_v). Иначе говоря, главная ось гиросферы будет находиться не в плоскости истинного меридиана (точка 1), а в гирокомпасном меридиане ($N_{ГК1}$ точка 2), положение которого определяется величиной и знаком скоростной девиации (δ_{v1}) до маневра судна. Для нашего примера скоростная девиация до маневра имеет знак минус. Поэтому главная ось гиросферы будет отклонена к *W* на угол δ_{v1} перед маневрированием судна.

3. Определяем положение гиросферы, которое она должна занять после окончания маневра. Так как после завершения маневрирования судно изменило параметры своего движения ($V_2 = 15$ уз, $ГКК_2 = 120^0$), главная ось гиросферы должна оказаться в новом гирокомпасном меридиане ($N_{ГК2}$), т.е. в точке 3. Положение нового гирокомпасного меридиана будет определяться величиной и знаком скоростной девиации после маневра судна (δ_{v2}).

Однако на конец маневра главная ось гиросферы может не оказаться в плоскости нового гирокомпасного меридиана. Для нашего случая она «обгонит» новый гирокомпасный меридиан ($N_{ГК2}$) и на конец маневра окажется в меридиане N_x (точка 4). Это происходит вследствие того, что в широте маневрирования ниже расчетной (расчетная широта для ГК «Курс» равна 60^0) угловая скорость прецессии главной оси гиросферы будет больше угловой скорости движения нового гирокомпасного меридиана (Объясните, почему это происходит). Затем, при включении масляного успокоителя, главная ось гиросферы затухающими колебаниями, как показано на рисунке, придет в плоскость нового гирокомпасного меридиана ($N_{ГК2}$, точка 3). Начальная траектория движения гиросферы пойдет вверх, т.к. на конец маневра главная ось гиросферы оказалась к востоку от нового гирокомпасного меридиана. Восточная часть плоскости горизонта в результате суточного вращения Земли опускается. Следовательно, ось гиросферы получит подъем относительно плоскости горизонта.

Далее на рисунке обозначим углы, характеризующие инерционную девиацию первого рода ($\delta_{II}^{(1)}$) и инерционное перемещение первого рода ($B_{II}^{(1)}$).

В случае маневрирования судна в широте выше расчетной главная ось гиросферы на конец маневра не дойдет до нового гирокомпасного меридиана, т.к. угловая скорость прецессии гиросферы будет меньше угловой скорости движения нового гирокомпасного меридиана. Объясните, почему это происходит.

Если судно маневрирует в расчетной широте ($\varphi = 60^0$), то на конец маневра главная ось гиросферы окажется в плоскости нового гирокомпасного меридиана. При этом инерционная девиация первого рода будет отсутствовать. Объясните данный факт.

Построим график характера движения главной оси гиросферы и нового гирокомпасного меридиана в случае инерционной девиации 2-ого рода ($\delta_{II}^{(2)}$, рис.3), для выше принятых параметров маневрирования.

При этом будем считать, что судно маневрирует в расчетной широте. В данном случае силы инерции, вызванные маневрированием, будут оказывать воздействие как на маятник гиросферы, так и на жидкость успокоителя, вызывая ее перетекание из одного сосуда в другой, создавая в нем избыток. Моменты от действия сил инерции на маятник гиросферы и от избытка жидкости в одном из сосудов будут противоположны по знаку.

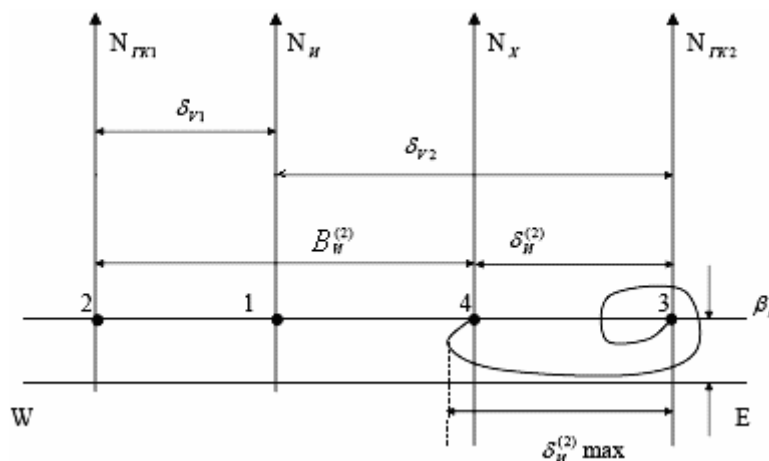


Рис. 3. Движение гирокомпасного меридиана и главной оси чувствительного элемента гирокомпаса «Курс» при маневрировании судна

При завершении маневрирования момент, вызванный действием сил инерции на маятник гиросферы, исчезнет, и ее главная ось, при отсутствии момента от избытка жидкости успокоителя, должна была бы оказаться на конец маневра в новом гирокомпасном меридиане (точка 3, см. рис. 3), т.к. судно маневрирует в расчетной широте.

Однако из-за момента от избытка жидкости в одном из сосудов успокоителя, который имел противоположный знак по отношению к моменту, действующему из-за наличия маятника у гиросферы, ее главная ось не дойдет до нового гирокомпасного меридиана на конец маневра судна, как показано на рис. 3 (N_x , точка 4). Вследствие того, что избыток в одном из сосудов на конец маневра сохраняется, постепенно убывая, то и момент от этого избытка также будет существовать некоторое время. За счет этого ось гиросферы начнет отходить от нового гирокомпасного меридиана в ту сторону, где она находилась до маневра, а затем затухающими колебаниями приходит в плоскость нового гирокомпасного меридиана, как показано на рисунке 3. Начальная траектория движения главной оси гиросферы пойдет вниз, т.к. ось гиросферы на конец маневра оказалась в западной части плоскости горизонта (точка 4) относительно нового гирокомпасного меридиана ($N_{ГК2}$). Так как западная часть плоскости горизонта поднимается в результате суточного вращения Земли, поэтому ось гиросферы вначале своего движения пойдет вниз, как показано на рисунке.

Рассмотрим теперь характер движения чувствительного элемента ГАК «Вега». Допустим, что судно имеет курс 0^0 , широтная и скоростная девиации скомпенсированы корректирующими моментами. Следовательно, главная ось гиросферы до маневра будет находиться в плоскости горизонта (рис.4, точка 1)

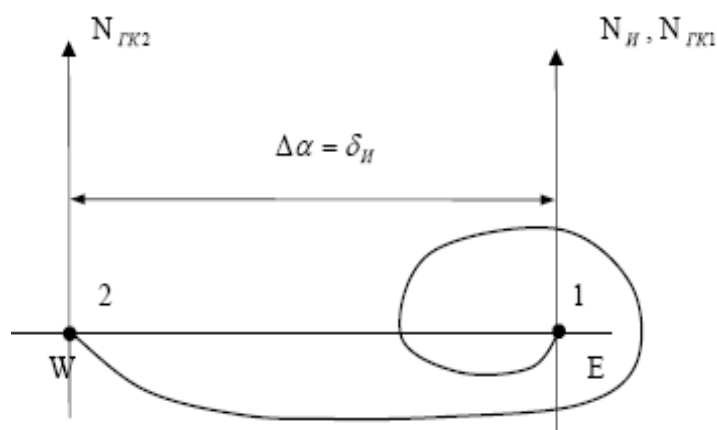


Рис. 4. Движение гирокомпасного меридиана и главной оси чувствительного элемента гироазимуткомпаса «Вега» при маневрировании судна

Далее, не изменяя курс, судно увеличивает скорость. Ускорение при этом направлено к северу, а сила инерции к югу, куда и отклонится маятник индикатора горизонта (ИГ). Таким образом, происходит имитация подъема главной оси гиросферы гироскопического указателя курса. Схема гирокомпаса реагирует как на подъем главной оси

гиросферы относительно плоскости горизонта. Как известно, главная ось поднимается, когда она находится в восточной части горизонта, поэтому по сигналу ИГ создается горизонтальный момент, направленный к западу, и демпфирующий момент по вертикальной оси, направленный вниз. Под действием горизонтального момента главная ось гиросферы окажется в западной части плоскости горизонта (точка 2, рис.4).

Поскольку данный гирокомпас является корректируемым, и предполагая, что коррекция осуществляется непрерывно, без запаздывания, на основе точной информации о широте и скорости судна, положением главной оси гиросферы после маневра судна будет являться меридиан $N_{ГК2}$ (точка 2). То есть в данном случае инерционное перемещение $\Delta\alpha$ и есть инерционная девиация (δ_{II} , рис.4). Так как главная ось гиросферы под действием горизонтального момента оказалась в западной части плоскости горизонта, которая в результате суточного вращения Земли поднимается, то она получит наклон вниз относительно плоскости горизонта. Момент по вертикальной оси также будет оказывать на гиросферу такое же воздействие. По окончании маневра, когда исчезнет отклоняющая сила инерции, маятник достаточно быстро возвратится в исходное (вертикальное) положение благодаря суммарному наклону главной оси гиросферы. В этом случае по сигналу ИГ будут формироваться вертикальный и горизонтальный моменты противоположного направления, за счет которых гиросфера затухающими колебаниями возвратится в плоскость меридиана (N_{II}), то есть в положение до маневра, как показано на рис. 4.

2. РАСЧЁТ ПОПРАВКИ ГИРОКОМПАСА

2.1. Введение

Расчёт поправки гирокомпаса (ΔГК) в обязательном порядке выполняется штурманом после прихода прибора в меридиан. При этом корректор скоростной девиации гирокомпаса должен быть поставлен на нулевой отсчёт. Поправка определяется на судне, которое надёжно ошвартовано у причала, после точного согласования репитеров для пеленгования с основным прибором. В рейсе на ходу или на судне, лежащем в дрейфе, а также на судне, стоящем на якоре, поправка гирокомпаса только контролируется.

Для определения поправки гирокомпаса по удалённому ориентиру рекомендуется выполнять следующие действия [1].

1. Поначалу следует выбрать в пределах визуальной видимости точечный береговой ориентир на расстоянии от судна не менее 500 м и опознать его на карте крупного масштаба или на плане. К числу точечных ориентиров относятся пункты триангуляции, флагштоки, навигационные знаки, шпили зданий, трубы предприятий, опоры радиопередающих станций, памятники и т. д. Затем необходимо с максимальной точностью определить координаты этого ориентира на карте или получить их из других источников, обращая внимание на систему геодезических координат. Следует заметить, что в последнее время в качестве такого ориентира часто принимается антенна приёмника СРНС Навстар GPS другого судна [6,7].

2. После этого следует с высокой точностью определить координаты пелоруса с репитером для пеленгования в той же самой системе геодезических координат. Здесь в качестве способов определения координат пелоруса можно рекомендовать либо способ двух смежных горизонтальных углов, измеренных секстаном, с последующим применением протрактора, либо определить его координаты с помощью судового приёмника спутниковой системы Навстар GPS.

3. В течение 30 минут через равные интервалы времени (3 – 6 мин) следует измерять гирокомпасные пеленги на выбранный ориентир. Полученные таким образом пеленги осредняются для исключения случайных погрешностей измерений.

4. По полученным координатам ориентира и пелоруса вычисляется расчётный пеленг, величина которого принимается за истинный пеленг. Для контроля результатов вычислений с целью исключения промахов следует с помощью прокладочного инструмента измерить пеленг на ориентир по карте или на плане. Можно также для контроля сравнить расчётный пеленг с соответствующим направлением, полу-

ченным с помощью приёмника спутниковой навигационной системы Навстар GPS или с помощью ECDIS. Брать в качестве истинного пеленга направление на ориентир, полученное средствами приёмника спутниковой навигационной системы Навстар GPS или ECDIS не рекомендуется, так как это направление может рассчитываться приближённо.

5. Разность между расчётным пеленгом (Π_p) и осреднённым значением измеренных штурманом гирокомпасных пеленгов ($\text{ГКП}_{\text{ср}}$) будет искомой поправкой гирокомпаса.

$$\Delta\text{ГК} = \Pi_p - \text{ГКП}_{\text{ср}} . \quad (2.1)$$

6. После получения поправки гирокомпаса необходимо принять решение о том, следует ли её уменьшить. Если $\Delta\text{ГК}$ по абсолютной величине больше 1° , то рекомендуется её уменьшить доступным для каждого типа гирокомпаса способом. Если $\Delta\text{ГК}$ по абсолютной величине меньше 1° , то её рекомендуется принять в качестве поправки гирокомпаса для дальнейшего использования с записью в журнал поправок гирокомпаса и в формуляр.

7. Если выполнялись действия по уменьшению $\Delta\text{ГК}$, то после них необходимо заново выполнить серию измерений гирокомпасных пеленгов с последующим осреднением (см. пункт 3) и вновь воспользоваться формулой (2.1).

Рассмотрим порядок вычислений расчётного пеленга. Обозначим через $\varphi_{\text{ор}}$ и $\lambda_{\text{ор}}$ координаты ориентира, а через $\varphi_{\text{р1}}$ и $\lambda_{\text{р1}}$ – координаты пелоруса. Тогда формула для вычисления расчётного пеленга будет выглядеть следующим образом:

$$\Pi_p = \arctg(\text{РД}/\text{РМЧ}) , \quad (2.2)$$

где РД – разность долгот ($\lambda_{\text{ор}} - \lambda_{\text{р1}}$), РМЧ – разность меридиональных частей ($D_2 - D_1$), где D_2 – меридиональная часть параллели, соответствующей широте $\varphi_{\text{ор}}$, а D_1 – меридиональная часть параллели, соответствующей широте $\varphi_{\text{р1}}$.

Следует напомнить о том, что по формуле (2.2) пеленг рассчитывается в четвертном счёте. При определении поправки гирокомпаса необходимо представить Π_p в круговом счёте. Для перехода от четвертного счёта к круговому введём величину К.

$$K = \arctg(\text{РД}/\text{РМЧ}).$$

С учётом знаков РД и РМЧ величина Π_p в круговом счёте определяется по следующим правилам:

если $РД = 0$, а $РМЧ > 0$, то $П_p = К = 0^\circ$;
 если $РД > 0$ и $РМЧ > 0$, то $П_p = К$;
 если $РД > 0$ и $РМЧ = 0$, то $П_p = К = 90^\circ$;
 если $РД > 0$, а $РМЧ < 0$, то $П_p = 180^\circ - К$;
 если $РД = 0$, а $РМЧ < 0$, то $П_p = К = 180^\circ$;
 если $РД < 0$, и $РМЧ < 0$, то $П_p = 180^\circ + К$;
 если $РД < 0$, а $РМЧ = 0$, то $П_p = К = 270^\circ$;
 если $РД < 0$, а $РМЧ > 0$, то $П_p = 360^\circ - К$.

Расчёты поправки гирокомпаса по удалённому ориентиру требуют, чтобы меридиональные части были определены с точностью до третьего знака после запятой минуты. Таблица 2.28а МТ-2000 представляет меридиональные части с точностью до одного знака после запятой минуты, и поэтому она не годится для расчёта поправки гирокомпаса. Следовательно, меридиональные части (D_2 и D_1) необходимо вычислить самостоятельно.

Остановимся несколько подробнее на вычислениях меридиональных частей.

Существует следующая общая формула для вычисления меридиональной части от экватора до параллели с широтой φ [2]:

$$D = 3437,74677078 \ln \left[\operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \left(\frac{1 - e \sin \varphi}{1 + e \sin \varphi} \right)^{\frac{e}{2}} \right], \quad (2.3)$$

где коэффициент перед натуральным логарифмом – это число экваториальных миль (минут) в большей полуоси референц-эллипсоида данной геодезической системы координат; e – первый эксцентриситет референц-эллипсоида, лежащего в основе системы геодезических координат используемой карты (плана); φ – геодезическая широта параллели, до которой вычисляется меридиональная часть.

В настоящее время большинство карт на иностранные воды, изданные зарубежными картографическими предприятиями, составлены в системе геодезических координат WGS-84 на основе одноимённого референц-эллипсоида. Карты и планы на отечественные воды, изданные ГУНиО, составлены в системе геодезических координат СК-42 (Пулково 1942 года) и СК-95 (Пулково 1995 года) на основе референц-эллипсоида Красовского 1940 года.

Формула (2.3) не отличается удобством, так как для достижения необходимой точности требуется большая разрядность вычислений.

Поэтому формулу (2.3) предложено представлять в виде следующего ряда [3]:

$$D = a \ln 10 \operatorname{lg} \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) - a \left[e^2 \sin \varphi + \frac{e^4}{3} \sin^3 \varphi + \frac{e^6}{5} \sin^5 \varphi + \frac{e^8}{7} \sin^7 \varphi + \dots \right], \quad (2.4)$$

где $a = 3437,74677078$, $\ln 10 = 2,3025850929$, а их произведение будет равно $7915,70446789$.

Так как коэффициент $\frac{ae^8}{7}$ последнего члена ряда (2.4) не превосходит по своей величине $0,000000985$, то его вклад с учётом степени синуса всегда будет незначительным. Поэтому вполне можно ограничиться первыми тремя членами ряда. Отсюда выражение в квадратных скобках, пригодное для высокоточных вычислений, будет иметь следующий вид:

$$ae^2 \sin \varphi + \frac{ae^4}{3} \sin^3 \varphi + \frac{ae^6}{5} \sin^5 \varphi. \quad (2.5)$$

Использование выражения (2.5) всё же сопряжено с одним неудобством, которое заключается в необходимости обеспечивать большую разрядность вычислений степеней синусов. Поэтому есть смысл преобразования выражения (2.5) путём замены синусов со степенями 3 и 5 на синусы кратных углов по формулам биномиальных коэффициентов [4].

$$\sin^3 \varphi = \frac{3}{4} \sin \varphi - \frac{1}{4} \sin 3\varphi, \quad \sin^5 \varphi = \frac{5}{8} \sin \varphi - \frac{5}{16} \sin 3\varphi + \frac{1}{16} \sin 5\varphi.$$

После подстановки их в выражение (2.5) получим

$$a \left(e^2 + \frac{e^4}{4} + \frac{e^6}{8} \right) \sin \varphi - a \left(\frac{e^4}{12} + \frac{e^6}{16} \right) \sin 3\varphi + \frac{ae^6}{80} \sin 5\varphi.$$

Введём следующие обозначения:

$$k_1 = a \left(e^2 + \frac{e^4}{4} + \frac{e^6}{8} \right); \quad k_3 = -a \left(\frac{e^4}{12} + \frac{e^6}{16} \right); \quad k_5 = \frac{ae^6}{80}.$$

Тогда формула (2.4) примет такой вид:

$$D = 7915,70446 \operatorname{lg} \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) - k_1 \sin \varphi + k_3 \sin 3\varphi - k_5 \sin 5\varphi. \quad (2.6)$$

Если заранее вычислить с высокой точностью коэффициенты k_1 , k_3 и k_5 , то расчёты меридиональных частей станут гораздо проще даже на микрокалькуляторе без потери точности вычислений. Значения этих коэффициентов, полученные в работе [5] для референц-эллипсоидов Красовского и WGS-84, помещены в табл. 2.

Расчёты показали, что коэффициент k_5 принимает значения менее 0,0001. Поэтому последним членом формулы (2.6) можно пренебречь без ущерба точности вычислений.

Таблица 2

Коэффициенты для расчёта меридиональных частей

Коэффициент	Р-э Красовского	Р-э WGS-84
k_1	23,04892	23,05223
k_3	0,01289	0,0129

Введём новые обозначения. Пусть

$$SI = 7915,704461 \lg \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right), \quad SII = k_1 \sin \varphi, \quad SIII = k_3 \sin 3\varphi.$$

С учётом введённых обозначений рабочая формула для вычисления меридиональных частей примет следующий вид:

$$D = SI - SII + SIII. \quad (2.7)$$

2.2. Пример расчёта поправки гирокомпаса

Пусть пелорус гирокомпаса и удалённый ориентир имеют следующие координаты в геодезической системе WGS-84:

$$\varphi_{p1} = 21^\circ 53,028' S, \quad \lambda_{p1} = 98^\circ 06,321' E; \quad \varphi_{op} = 21^\circ 52,233' S, \quad \lambda_{op} = 98^\circ 05,655' E$$

В результате изменений гирокомпасные пеленги удалённого ориентира получили следующие значения:

$$\text{ГКП}_1 = 322,3^\circ; \quad \text{ГКП}_2 = 322,5^\circ; \quad \text{ГКП}_3 = 322,4^\circ; \quad \text{ГКП}_4 = 322,4^\circ.$$

1. Рассчитаем разность долгот в минутах. $\text{РД} = -0,666'$ (к W).
2. Чтобы воспользоваться формулой (2.7), преобразуем значения широт ориентира и пелоруса в градусную меру делением минут на 60. В нашем случае получим:

$$\varphi_{op} = 21^\circ 52,233' S = 21,87055^\circ S; \quad \varphi_{p1} = 21^\circ 53,028' S = 21,8838^\circ S.$$

3. Рассчитаем значения SI , SII и $SIII$ для широты ориентира, выбирая коэффициенты k_1 и k_3 из таблицы 1 для референц-эллипсоида WGS-84.

$$SI = 1345,3117'; SII = 8,5872'; SIII = 0,0117'.$$

4. Получим значение меридиональной части ориентира по формуле (2.7). С учётом округления до третьего знака после запятой $D_2 = 1336,736'S$.

5. Рассчитаем значения SI , SII и $SIII$ для широты пелоруса, выбирая коэффициенты k_1 и k_3 из таблицы 1 для референц-эллипсоида WGS-84.

$$SI = 1346,1684'; SII = 8,5921'; SIII = 0,0117'.$$

6. Получим значение меридиональной части пелоруса по формуле (2.7). С учётом округления до третьего знака после запятой $D_1 = 1337,588'S$.

7. Вычислим $PMЧ = D_2 - D_1 = 1336,736'S - 1337,588'S = +0,852'$ (к N).

Примечание. Формулы (2.6) и (2.7) являются алгебраическими. Поэтому при вычислениях требуется учитывать знак функции $\sin 3\varphi$. При этом широта φ в формулах (2.6) и (2.7) считается положительной. Знак меридиональной части всегда одноимён с широтой ориентира или широтой пелоруса. Поэтому знак разности меридиональных частей определяется как и знак разности широт.

8. Рассчитаем $K = \arctg(РД/PMЧ) = 38,0^\circ$ (NW). Откуда, учитывая знаки РД и РМЧ, а также, следуя правилам перехода от четвертного счёта к круговому, получим $\Pi_p = 360^\circ - K = 360^\circ - 38^\circ = 322^\circ$.

9. Получим осреднённое значение измеренных гирокомпасных пеленгов.

$$ГКП_{ср} = (322,3^\circ + 322,5^\circ + 322,4^\circ + 322,4^\circ)/4 = 322,4^\circ.$$

10. Найдём искомую поправку гирокомпаса $\Delta GK = \Pi_p - ГКП_{ср} = -0,4^\circ$.

11. Сделаем вывод. Так как полученная поправка гирокомпаса по абсолютной величине не превосходит 1° , то меры по её снижению не предпринимаются. Величина этой поправки принимается для дальнейшего использования.

Рекомендация. Чтобы устранить промахи в расчётах, рекомендуется сначала нарисовать эскиз взаимного расположения пелоруса и ориентира. На рис. 5 представлен эскиз, соответствующий рассмотренному выше примеру.

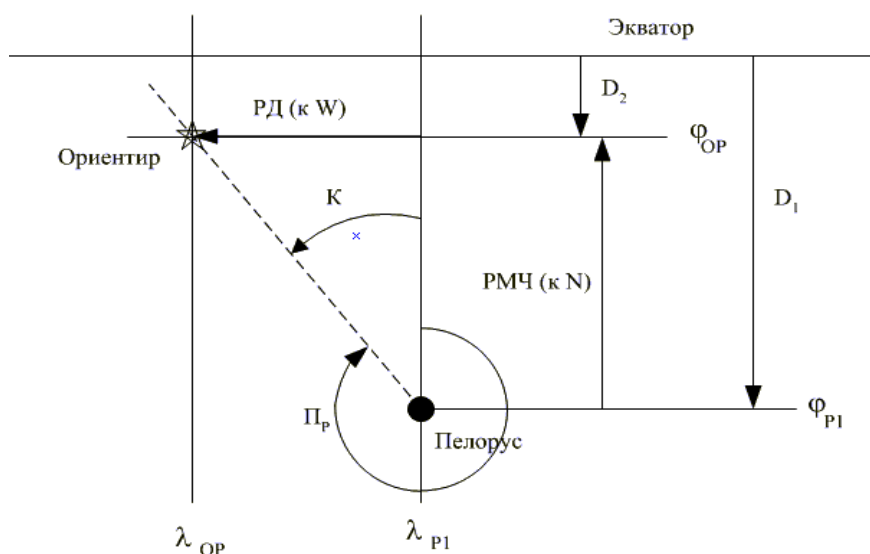


Рис. 5. Эскиз взаимного расположения пелоруса и ориентира

2.3. Правила оформления этого раздела

В пояснительной записке к курсовой работе раздел “Расчёт поправки гирокомпаса” оформляется следующим образом. Сначала следует описать порядок вычислений с результатами вычислений так, как это изложено в предыдущем параграфе. Полученные промежуточные и окончательные результаты вычислений оформить в виде таблицы. Рекомендуется следующая форма таблицы, куда внесены результаты расчётов рассмотренного выше примера.

Расчёт поправки гирокомпаса

РД	- 0,666' (к W)	WGS-84	
Ориентир		Пелорус	
φ°	21,87055°S	φ°	21,8838°S
<i>SI</i>	1345,3117'	<i>SI</i>	1346,1684'
<i>SII</i>	8,5872'	<i>SII</i>	8,5921'
<i>SIII</i>	0,0117'	<i>SIII</i>	0,0117'
D_2	1336,736'S	D_1	1337,588'S
РМЧ	+ 0,852' (к N)		
К	38,0° (NW)	Пp	322°
ГКП _{CP}	322,4°	ΔГК	- 0,4°

Вывод. Принять в качестве поправки гирокомпаса полученную величину - 0,4°.

Данные для выполнения расчётов поправки гирокомпаса берутся из Приложения 2 по номеру варианта.

3. СЛИЧЕНИЕ КОМПАСОВ

3.1. Предварительные замечания

Номинальные значения эксплуатационных характеристик любого курсоуказателя могут быть неожиданно утрачены. У гирокомпаса причиной тому могут служить ненадёжная работа чувствительного элемента вследствие выработки его ресурса, потеря чувствительности следящей системы, погрешности в работе корректора скоростной девиации, нарушения в работе системы синхронной передачи курса и системы охлаждения. Магнитный компас обладает несколько большей надёжностью по сравнению с гирокомпасом из-за простоты конструкции. Однако работа магнитного компаса также требует постоянного контроля.

Если это магнитный компас с традиционной картушкой, то достоверность его показаний зависит от точности учёта остаточной девиации, представленной таблицей девиации. Остаточная девиация меняется в зависимости от широты плавания судна, температуры корпуса судна, длительности стоянки судна при неизменном положении. Меняется она также от вида груза, положения грузовых стрел и грузовых кранов. Девиация может значительно измениться в результате электросварочных работ на судне. Намагниченность корпуса судна, а, следовательно, и девиация изменяются после ударов судна о лёд и в результате слеминга [8]. На показания магнитного компаса магнитного компаса влияют магнитные аномалии и магнитные бури.

В районах плавания, где есть магнитные аномалии, магнитное склонение может изменяться на десятки градусов. Сведения о магнитных аномалиях наносятся на путевые карты и также содержатся в лощих в начале каждой главы навигационного описания района. Суточные вариации магнитного склонения составляют до $0,2^\circ$ [9]. Во время магнитных бурь магнитное склонение может изменяться гораздо больше. Так, во время магнитной бури 26-27 июля 2004 года магнитное склонение в водах Великобритании изменялось от $2,3^\circ W$ до $5,1^\circ W$ [10]. К сожалению, до настоящего времени ещё не создана сеть измерительных станций, оповещающих мореплавателей о наступлении магнитных бурь. О развитии магнитной бури можно косвенно судить лишь по нарушениям судовой радиосвязи.

Если судно оборудовано электронным магнитным компасом, то на точность его показаний помимо перечисленных выше причин влияет надёжность работы датчиков и системы синхронной передачи курса.

Как следует из изложенного краткого обзора, вследствие различий в физических принципах работы гирокомпаса и магнитного компаса появляется возможность взаимного контроля их текущей точности на основе регулярных сравнений курсов. Эта операция получила название сличения компасов.

Основная идея операции сличения компасов заключается в предположении правильной работы гирокомпаса и магнитного компаса. Если оба курсоуказателя работают исправно, а их поправки соответствуют действительным, то истинный курс по гирокомпасу должен совпадать с истинным курсом по магнитному компасу, то есть

$$ГКК + \Delta GK \approx КК + \Delta МК \quad \text{или} \quad ГКК + \Delta GK \approx КК + d + \delta.$$

Понятно, что идеального совпадения истинных курсов быть не может из-за погрешностей измерения курсов штурманом, присутствия инерционных девиаций гирокомпаса, устаревания таблицы девиации и т. д. Поэтому в практике судовождения используется несколько иной подход при сличении компасов. Он заключается в допущении того, что курсоуказатели работают удовлетворительно, если разность между истинными курсами по гирокомпасу и по магнитному компасу (Δ) не превышает по абсолютной величине некую наперёд установленную величину (ε).

$$ИК_{ГК} - ИК_{МК} = \Delta, \quad |\Delta| \leq \varepsilon.$$

Согласно документа [11], в практике отечественного судовождения рекомендуется величину ε принимать равной 3° .

3.2. Порядок выполнения сличения компасов

Сличение компасов необходимо выполнять не реже одного раза за час при плавании вдали от навигационных опасностей. Вблизи опасностей сличение выполняются чаще. Сличение компасов обязательно выполняется штурманом при заступлении на вахту, при ухудшении видимости, на подходах к узкостям и при изменении курса и/или скорости судна [11]. Свои особенности в порядок выполнения этой операции при выполнении манёвра вносит тип установленного на судне гирокомпаса.

Если на судне эксплуатируется гирокомпас с чувствительным элементом с пониженным центром тяжести (гирокомпас типа “Курс” или типа Yokogawa), то сличать компасные и гирокомпасные курсы следует до манёвра, сразу после манёвра и по истечении четверти периода затухающих колебаний чувствительного элемента гирокомпаса

(25 – 30 минут) с момента окончания манёвра. Сопоставление курсов до манёвра и сразу после манёвра диктуется необходимостью проверки точности отработки следящей системы гирокомпаса и проверки точности работы его корректора скоростной девиации. Через четверть периода затухающих колебаний главная ось чувствительного элемента гирокомпаса в режиме “Без затухания” будет находиться в положении равновесия, соответствующего новым элементам движения судна после манёвра, и тогда показания гирокомпаса не будут содержать инерционной девиации первого рода. Если на судне эксплуатируется гирокомпас с косвенным управлением (ГАК “Вега”), то сличать можно до манёвра и сразу после манёвра.

Вахтенный помощник капитана должен быть готов в любой момент сличить компасы. Поэтому перед заступлением на вахту он выполняет необходимые подготовительные работы. Подготовка предполагает изучение района плавания, чтобы удостовериться в отсутствии вблизи линии пути судна магнитных аномалий. Затем необходимо привести магнитное склонение к году плавания. Источниками данных о магнитном склонении являются отечественные и зарубежные путевые и частные карты, планы, а также адмиралтейские магнитные карты (№№ 5375, 5376 и 5377) с нанесёнными изогонами [12,13,14]. В последние годы информацию о магнитном склонении можно получить от приёмников РНС и СРНС. Они автоматически вычисляют величину магнитного склонения на текущую дату для текущих координат судна. Данное свойство приёмников создаёт большие преимущества. Но, как показывает опыт эксплуатации приёмников РНС и СРНС, удовлетворительная точность представления магнитного склонения распространяется на районы с интенсивным движением судов. Поэтому прежде чем полагаться на показания приёмника, следует сравнить их с величинами магнитных склонений, полученных с навигационных и магнитных карт.

При работе с картами иногда возникают затруднения, когда требуется получить величину магнитного склонения интерполированием. Остановимся подробнее на решении такой задачи, для чего воспользуемся рис. 6. На нём в точках *A*, *B*, *C* навигационной карты нанесены величины магнитных склонений $8,7^{\circ}W$, $9,8^{\circ}W$, $10,3^{\circ}W$ соответственно. Необходимо найти величину магнитного склонения для точки *D* на линии пути судна. Воспользуемся для решения этой задачи способом пространственной линейной интерполяции, описанным в работах [15,16].

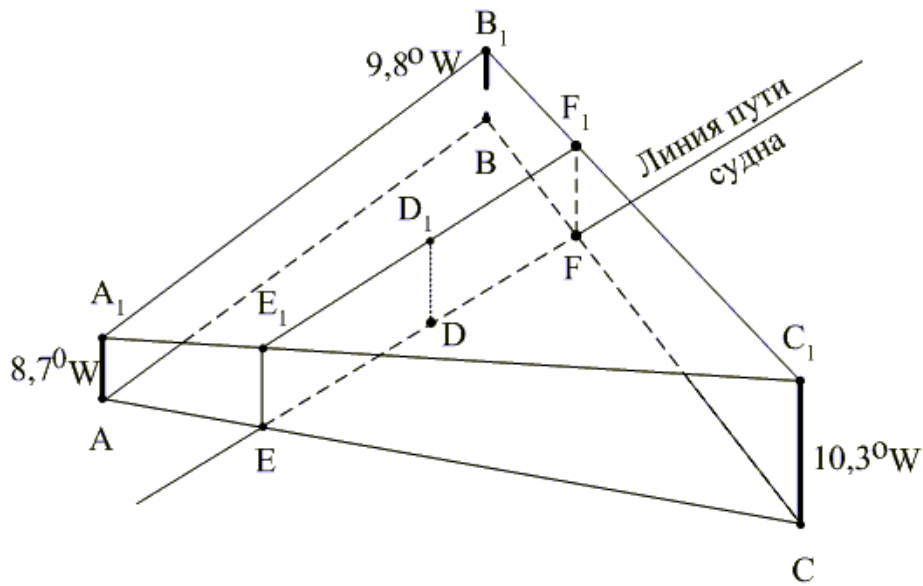


Рис. 6. Расчёт магнитного склонения

Соединим точки A , B , C на карте прямыми линиями. Из точек A , B , C отложим в одну и ту же сторону отрезки, пропорциональные величинам магнитного склонения в этих точках. В данном примере магнитное склонение к W , поэтому отрезки отложены в одну и ту же сторону. Если бы в какой-либо точке склонение было к E , то из этой точки отрезок, пропорциональный склонению, откладывался вниз. Обозначим концы отрезков буквами A_1 , B_1 , C_1 . Соединим их прямыми линиями. Полученный треугольник задаёт в пространстве плоскость, каждая точка которой отстоит от соответствующей ей точки на карте на величину, пропорциональную магнитному склонению. Чтобы получить величину магнитного склонения для точки D , принадлежащей линии пути судна, проведём вертикальные линии из точек E и F . Эти точки образованы пересечением сторон AC и BC линией пути судна. Соединим полученные точки E_1 и F_1 . Теперь проведём через точку D вертикальную линию до пересечения с линией E_1F_1 . Отрезок DD_1 будет пропорционален магнитному склонению в точке D карты. Чтобы упростить расчёты магнитных склонений, рациональнее из точек A , B , C проводить отрезки, пропорциональные магнитным склонениям, уже приведённым к году плавания.

Непосредственно перед сличением вахтенный помощник капитана проверяет соответствие гирокомпасного курса на репитере авторулевого и на ленте курсографа гирокомпасному курсу, надписанному вдоль линии пути судна на путевой карте. Затем записывает значение гирокомпасного и компасного курсов, надписанных вдоль линии пути судна на карте, и приступает к сличению.

В зависимости от устройства главного магнитного компаса процесс измерения компасного курса и курса по гирокомпасу при сличении может варьироваться. Если магнитный компас имеет оптическое устройство, передающее изображение картушки рулевому, то штурман может самостоятельно в быстрой последовательности считать компасный курс, а затем – гирокомпасный курс с репитера гирокомпаса. Если главный магнитный компас не оборудован оптическим устройством, то измерение курсов выполняется штурманом вдвоём с вахтенным матросом. Вахтенный матрос следит за показанием репитера гирокомпаса. Вахтенный помощник поднимается на верхний мостик, где установлен главный магнитный компас, и считывает компасный курс. В момент считывания компасного курса помощник подаёт сигнал, по которому вахтенный матрос определяет курс судна по гирокомпасу. Измеренные таким образом значения гирокомпасного и компасного курсов также записываются.

В свежую погоду, когда судно рыскает на курсе, процедуру сличения следует повторить не менее трёх раз с последующим осреднением курсов для исключения случайных погрешностей измерений.

Сразу после измерения курсов штурман должен сравнить измеренный компасный курс с компасным курсом, написанным на карте. Это необходимо выполнить по следующей причине тогда, когда судно управляется авторулевым. Если чувствительный элемент гирокомпаса медленно выходит из меридиана, то авторулевой будет увлекать судно за ним. При этом гирокомпасный курс на репитерах гирокомпаса и на курсограмме будет тем же, что и до выхода чувствительного элемента из меридиана, то есть равным надписанному возле линии пути судна на карте. Если сравнить между собой компасные курсы, то в этом случае они будут отличаться. Поэтому чтобы вовремя обнаружить факт выхода чувствительного элемента из меридиана, необходимо не реже одного раза за час сличать компасы, как это рекомендует документ [11].

Далее вахтенный помощник по результатам измерений рассчитывает истинный курс по гирокомпасу, истинный курс по магнитному компасу и разность между ними по абсолютной величине. Если их разность не превосходит трёх градусов, то можно считать, что курсоуказатели работают в допустимых пределах точности. В обязательном порядке следует сравнить полученные результаты с результатами предыдущего сличения, чтобы заблаговременно обнаружить тенденцию увеличения разности. Если же разность между истинными курсами близка к трём градусам, то необходимо повторить операцию сличения. В случае повторения близкой к 3° разности следует проконтро-

лизовать показатели исправности гирокомпаса (температуру поддерживающей жидкости, положение чувствительного элемента по высоте, рассогласование следящей системы и т. д.) и предупредить лицо, обслуживающее гирокомпас.

Когда же разность между истинными курсами становится больше 3° , то это является поводом для более детального анализа складывающейся ситуации. В этом случае вахтенный помощник ещё раз проверяет отсутствие вблизи судна магнитных аномалий, а вблизи главного магнитного компаса – предметов, вызывающих погрешности в работе магнитного компаса. Затем следует определить поправку одного из курсоуказателей. Если полученная поправка гирокомпаса отличается от учитываемой поправки более чем на 2° , то предпринимаются меры по выяснению причин такого расхождения. Если величина девиации главного магнитного компаса превысит на 3° табличное значение, то необходимо применять временную таблицу девиации [11]. Если повторное сличение компасов покажет увеличение разности истинных курсов, а повторное определение поправки гирокомпаса подтвердит её дальнейшее увеличение, то по указанию капитана управление судном по курсу переводится по магнитному компасу.

3.3. Пример расчётов по сличению компасов

В результате сличения компасов в 2010 году плавания были получены следующие данные: $ГКК = 310,5^\circ$; $КК = 306,5^\circ$; $\Delta GK = -1,3^\circ$; магнитное склонение карты (d_K) = $0,8^\circ E$ 2000 года; годовое изменение магнитного склонения (Δd) = $0,02^\circ$ к W; $\delta = +1,5^\circ$.

1. Приведём магнитное склонение к году плавания. Для этого надо разность между годом плавания ($N_{Пл}$) и годом, к которому отнесено склонение на карте (N_K), умножить на величину годового изменения магнитного склонения. Знак произведения определяется знаком годового изменения магнитного склонения. Если магнитное склонение изменяется к E, то произведение будет иметь знак +. Если магнитное склонение изменяется к W, то произведение будет отрицательным. Чтобы получить величину магнитного склонения, соответствующую году плавания (d), надо полученное произведение со своим знаком сложить со склонением карты (d_K). В нашем случае

$$d = (N_{Пл} - N_K) \times \Delta d + d_K = (2010 - 2000) \times (-0,02^\circ) + 0,8^\circ = 0,6^\circ E.$$

2. Рассчитаем истинный курс по магнитному компасу.

$$ИК_{МК} = КК + d + \delta = 306,5^\circ + 0,6^\circ + 1,5^\circ = 308,6^\circ.$$

3. Рассчитаем истинный курс по гирокомпасу.

$$ИК_{ГК} = ГКК + \Delta_{ГК} = 310,5^\circ + (-1,3^\circ) = 309,2^\circ.$$

4. Рассчитаем разность по абсолютной величине между истинным курсом по гирокомпасу и истинным курсом по магнитному компасу.

$$\Delta = ИК_{ГК} - ИК_{МК} = 309,2^\circ - 308,6^\circ = 0,6^\circ, |\Delta| = 0,6^\circ.$$

5. Проведём анализ и сделаем выводы. Так как разность по абсолютной величине между истинными курсами не превышает трёх градусов, то точность работы курсоуказателей можно считать удовлетворительной.

Примечание. При выполнении расчётов по сличению компасов в данной курсовой работе следует использовать таблицу девиации, приведённую в Приложении 3.

3.4. Правила оформления этого раздела

В пояснительной записке к курсовой работе раздел “Расчёт поправок к измеренным эхолотом глубинам” оформляется в виде таблицы с результатами промежуточных и окончательных расчётов и выводом. Рекомендуется следующая форма таблицы, куда внесены результаты расчётов рассмотренного выше примера.

d	δ	ИК _{МК}	ИК _{ГК}	Δ
0,6°E	+1,5°	308,6°	309,2°	0,6°

Вывод: Точность работы курсоуказателей можно считать удовлетворительной.

4. РАСЧЁТ ПОПРАВOK К ИЗМЕРЕННЫМ ЭХОЛОТОМ ГЛУБИНАМ

4.1. Погрешности измерения глубин эхолотом

Навигационный эхолот, как и любой другой измерительный прибор, неизбежно содержит погрешности в своих показаниях. Поэтому штурман обязан время от времени контролировать точность работы судового эхолота. Обычно проверка точности эхолота выполняется перед выходом судна в море, а также перед проходом судна мелководных участков маршрута, перед постановкой судна на якорь на мелководье, перед подходом к каналам и накануне прохода через бар.

Погрешности измерения глубины эхолотом делятся на случайные и систематические. Случайные погрешности возникают из-за нестабильности скорости вращения электродвигателя самописца, шумов приёмника, неровностей дна, неоднородностей грунта. Проявляются случайные погрешности как частые изменения результатов измерений на индикационном табло цифрового измерителя глубины (ЦУГ) и в виде утолщения эхограммы на ленте самописца.

Систематические погрешности обусловлены следующими причинами:

- постоянным отклонением фактической скорости вращения электродвигателя самописца от номинального значения;
- отклонением фактической скорости звука в воде от расчётного значения, заложенного в вычислительное устройство эхолота;
- разнесением вибратора-излучателя от вибратора-приёмника на днище судна;
- неточной установкой нуля глубин на шкале самописца;
- дифферентом судна;
- уклоном морского дна.

Причины возникновения систематических погрешностей перечислены по мере убывания величины погрешности, вызываемой данной причиной. Таким образом, наибольший вклад в суммарную систематическую погрешность вносят отклонения фактической скорости вращения электродвигателя самописца и отклонения фактической скорости звука. Погрешности из-за разнесения вибраторов (антенн) в тех эхолотах, в которых применяются совмещённые антенны, которые работают как излучатель и как приёмник, не рассматриваются. В большинстве современных эхолотах применяются совмещённые антенны. Исключение могут составлять корреляционные и доплеровские лаги, способные работать в режиме измерения глубин. Погрешности из-за наклона дна учитываются, как правило, при промерных работах

гидрографами. Погрешности, возникающие вследствие дифферента судна, характерны для эхолотов с узкой диаграммой направленности в плоскости, параллельной диаметральной плоскости судна. В современных навигационных эхолотах ширина диаграммы направленности антенны в продольной плоскости создаётся таким образом, чтобы на глубинах до 100 м эта погрешность была крайне незначительной, и поэтому не учитывалась.

Систематические погрешности измеряемой глубины эхолотами, в комплекте которых входят самописцы с записью на бумажную ленту, могут достигать значительных величин из-за отклонения скорости вращения электродвигателя от номинальной скорости. Если скорость электродвигателя больше номинальной, то эхограмма на бумажной ленте будет фиксировать глубины больше фактических. Этот случай менее опасен для безопасности судна по сравнению ситуацией, когда электродвигатель вращается медленнее.

Определить факт отклонения реальной скорости вращения электродвигателя самописца можно способом сравнения глубин. Он заключается в предварительном точном измерении глубины под излучателем эхолота. С этой целью глубину можно измерить с помощью рулетки или, в крайнем случае, с помощью ручного лота. Если измеренная глубина отличается от глубины, регистрируемой на бумажной ленте самописца, то сначала следует сравнить эту разницу с допустимой инструментальной погрешностью эхолота в данном диапазоне глубин. Такой способ проверки предполагает, что глубины под килем не превышают 20 м. Допустимые погрешности измерения глубин указываются в техническом описании каждого эхолота. Так, например, для эхолота НЭЛ-МЗБ допустимые инструментальные погрешности измерения глубин самописцем и цифровым указателем глубин (ЦУГ) представлены в табл. 3 [17,18].

Таблица 3

Допустимые инструментальные погрешности эхолота НЭЛ-МЗБ

Самописец		Цифровой указатель глубины	
Глубина, м	Погрешность	Глубина, м	Погрешность
До 5	$\pm 0,1$ м	До 10	$\pm 0,1$ м
От 5 до 10	$\pm 0,2$ м		
От 10 до 20	$\pm 0,3$ м	От 10 до 20	$\pm 0,2$ м
Свыше 20	$\pm 1,5\%$ от измеренной глубины	Свыше 20	$\pm 1,5\%$ от измеренной глубины

Если разница между измеренной вручную глубиной и глубиной, измеренной эхолотом, превышает допустимые значения погрешно-

стей, то следует показания самописца сравнить с показанием ЦУГ. При отклонении скорости вращения электродвигателя от номинальной показания глубин самописца и ЦУГ будут отличаться в пределах допустимой инструментальной точности. Если электродвигатель вращается быстрее, то глубина на эхограмме будет больше глубины на индикационном табло ЦУГ. В таком случае несоответствие можно временно исправить перемещением шкалы глубин самописца. В дальнейшем необходимо вызвать базового специалиста для настройки схемы управления работой двигателя самописца.

4.2. Расчёты поправок за отклонение скорости звука в воде

Измеренная с помощью рулетки глубина может отличаться от регистрируемой на бумаге самописца глубины, а их разность при этом может превосходить допустимые инструментальные погрешности. Причём глубина на эхограмме будет совпадать с глубиной, отображаемой ЦУГ. В таком случае имеет место появление погрешности из-за отклонения фактической скорости звука в воде от расчётной скорости. Эту погрешность исправляют поправкой ΔH , которая определяется в метрах следующей формулой [19,24]:

$$\Delta H = H_{\text{Э}} \left(\frac{c}{c_p} - 1 \right), \quad (4.1)$$

где $H_{\text{Э}}$ – глубина, измеренная эхолотом, м; c_p – расчётная скорость звука в воде (1500 м/с); c – фактическая скорость звука в воде, м/с.

Если $c < c_p$, то $\Delta H < 0$; если $c > c_p$, то $\Delta H > 0$; если $c = c_p$, то $\Delta H = 0$. Отсюда исправленная глубина H , которую штурман должен принимать в дальнейших расчётах, определится как

$$H = H_{\text{Э}} + \Delta H. \quad (4.2)$$

Расчётная скорость звука в морской воде для отечественных и зарубежных эхолотов принята равной 1500 м/с [20]. Фактическая скорость звука в воде не является величиной постоянной и зависит от температуры воды, солёности, гидростатического давления и глубины. Скорость звуковых волн в морской воде при нормальной солёности и температуре + 16 °С является постоянной и равна 1505 м/с [20]. При увеличении температуры воды на 1 °С скорость звука увеличивается приблизительно на 3,6 м/с, с увеличением солёности воды на 1‰ – приблизительно на 1,5 м/с, а с увеличением глубины на 10 м, то есть при возрастании гидростатического давления на 10^5 Па (на 1 атм), скорость повышается примерно на 0,33 м/с. В среднем в морских условиях скорость звука может изменяться в пределах от 1440 м/с до

1585 м/с [21,23]. В пресной воде при температуре + 20 °С скорость звука равна 1490 м/с.

Наиболее точной для малых глубин при вычислении скорости звука в морской воде считается эмпирическая формула Дель-Гроссо [22,24]

$$c = 1448,6 + 4,618t - 0,0523t^2 + 0,00023t^3 + 1,25(S - 35) - \\ - 0,011(S - 35) + 0,0875H ,$$

где c – скорость звука в воде, м/с; t – температура воды, °С; S – солёность, ‰; H – глубина, м.

По формуле Дель-Гроссо составлены таблицы, которые нашли широкое применение в отечественной гидрографии. Для навигационных целей в отечественной и зарубежной практике применяется эмпирическая формула Лероя [25,26]

$$c = c_0 + \Delta c_{tS} + \Delta c_H , \quad (4.3)$$

где $c_0 = 1492,9$ м/с, Δc_{tS} – поправка к скорости звука за температуру t и солёность S , вычисляемая по формуле

$$\Delta c_{tS} = 3(t - 10) - 6 \times 10^{-3}(t - 10)^2 - 4 \times 10^{-2}(t - 18)^2 + 1,2(S - 35) - \\ - 10^{-2}(t - 18)(S - 35);$$

Δc_H – поправка за глубину (за гидростатическое давление), вычисляемая по формуле [25]

$$\Delta c_H = \frac{H}{61}.$$

В зарубежной навигационной практике поправку за глубину в формуле Лероя принято вычислять следующим образом [26]:

$$\Delta c_H = 1,6 \times 10^{-2} \times H .$$

Формула (4.3) алгебраическая. В неё поправка Δc_{tS} в зависимости от температуры и солёности может входить со знаком минус. Поправка Δc_H всегда положительна.

Для удобства практических вычислений скорости звука в воде в МТ-2000 на стр. 267 имеется Таблица 2.9. “Скорость звука в морской воде”. Она состоит из Таблицы 2.9.а), предназначенной для получения величины поправки Δc_{tS} , и Таблицы 2.9.б), с помощью которой можно определить величину поправки Δc_H . Величины поправок находятся с помощью простой интерполяции. Полученные поправки подставляются в формулу (4.3). Для получения поправки к измеренной эхолотом глубине ΔH вычисленная фактическая скорость звука в воде c подставляется в формулу (4.1), после чего рассчитывается исправленная глубина под излучателем эхолота.

В МТ-2000 на стр. 270 есть Таблица 2.11. “Поправка глубины, измеренной эхолотом”. С её помощью можно сразу определить поправку ΔH . Однако работа с Таблицей 2.11. требует двойной интерполяции, а также предварительного вычисления скорости звука в воде по Таблице 2.9. Кроме того, использование Таблицы 2.11. даёт менее точный результат. Поэтому в практических расчётах рекомендуется пользоваться Таблицей 2.9. и формулами (4.1) – (4.3).

Разумеется, расчёты поправки к измеренным глубинам эхолотом выполняются заранее в ходе проработки рейса, предварительной прокладки и подъёма карты. Информацию о температуре и солёности воды в районе предстоящего плавания можно получить из гидрометеорологического очерка соответствующей лоции, а также из справочной Таблицы 5.35. на стр. 449 МТ-2000 “Температура, солёность и плотность поверхностных вод Мирового океана”.

4.3. Пример расчёта поправки с помощью таблиц МТ-2000

Пусть глубина ($H_{\text{Э}}$), измеренная цифровым указателем эхолота НЭЛ-МЗБ, равна 8,5 м. При этом температура заборной воды (t) равна + 5 °С, а солёность воды (S) составляет 33 ‰. Необходимо вычислить поправку за отклонение скорости звука в воде (ΔH) и исправленную глубину (H). Полученные результаты надо проанализировать и сделать вывод о том, следует ли применять полученную поправку.

1. Получим поправку Δc_{tS} к скорости звука за температуру t и солёность S по Таблице 2.9.а) МТ-2000. В результате интерполирования по S поправка Δc_{tS} получилась равной – 24,55 м/с.

2. Рассчитаем поправку Δc_H к скорости звука в воде за глубину по Таблице 2.9.б) МТ-2000. Для этого войдём в Таблицу 2.9.б) с глубиной 8,5 м. В результате интерполирования поправка Δc_H получилась равной 0,17 м/с.

3. Вычислим фактическую скорость звука в воде по формуле Лероя (см. формулу 4.3).

$$c = c_0 + \Delta c_{tS} + \Delta c_H = 1492,9 - 24,55 + 0,17 = 1468,52 \text{ м/с.}$$

4. Получим поправку (ΔH) за отклонение фактической скорости звука в воде от расчётной скорости по формуле (4.1).

$$\Delta H = H_{\text{Э}} \left(\frac{c}{c_p} - 1 \right) = 8,5 \left(\frac{1468,52}{1500} - 1 \right) = -0,178386 \approx -0,2 \text{ м.}$$

Примечание. В ходе вычислений Δc_{ts} , Δc_H и c результаты не округляются. Округлению до первого знака после запятой подлежит величина ΔH .

5. Рассчитаем исправленную глубину под излучателем эхолота (H) по формуле (4.2).

$$H = H_{\text{Э}} + \Delta H = 8,5 - 0,2 = 8,3 \text{ м.}$$

6. Проведём анализ полученных результатов и сделаем выводы.

Поправка к измеренной глубине превышает по абсолютной величине допустимую инструментальную погрешность. Следовательно, её необходимо учитывать при плавании на глубинах менее 10 м при данной температуре забортной воды и её солёности.

При данной температуре забортной воды и её солёности фактическая глубина под излучателем эхолота на 0,2 м меньше, чем глубина, измеренная цифровым указателем.

4.4. Правила оформления этого раздела

В пояснительной записке к курсовому проекту раздел “Расчёт поправок к измеренным эхолотом глубинам” оформляется в виде таблицы с результатами промежуточных и окончательных расчётов и выводом. Рекомендуется следующая форма таблицы, куда внесены результаты расчётов рассмотренного выше примера.

Расчёт поправки к глубине за отклонение скорости звука в воде

$H_{\text{Э}}, \text{ м}$	$\Delta c_{ts}, \text{ м/с}$	$\Delta c_H, \text{ м/с}$	$c, \text{ м/с}$	$\Delta H, \text{ м}$	$H, \text{ м}$
8,5	- 24,55	0,17	1468,52	- 0,2	8,3

Выводы: Поправка к измеренной глубине превышает по абсолютной величине допустимую инструментальную погрешность. Следовательно, её необходимо учитывать при плавании на глубинах менее 10 м при данной температуре забортной воды и её солёности. При данной температуре забортной воды и её солёности фактическая глубина под излучателем эхолота на 0,2 м меньше, чем глубина, измеренная цифровым указателем.

Исходные данные для выполнения расчётов по этому разделу курсового проекта для каждого варианта помещены в Приложении 4.

5. МАГНИТНЫЕ КОМПАСЫ

5.1. Общие замечания

Для выполнения данного раздела курсовой работы необходимо внимательно ознакомиться со всем материалом, приведенным в нём. Следует обращать внимание на то, что необходимо выполнить и привести в курсовой работе.

Магнитный компас (МК) является автономным, надежным курсоуказателем. В соответствии с требованиями Российского Морского Регистра Судоходства магнитным компасом соответствующего назначения (главный, путевой, запасной, шлюпочный) должны быть снабжены все суда, в зависимости от водоизмещения и района плавания [27]. Относительно величины девиаций в этом нормативном документе сказано:

1.4.6 Магнитный компас должен иметь устройство для компенсации полукруговой, четвертной, креновой и широтной девиации. Каждое устройство должно обеспечивать компенсацию соответствующей девиации с точностью до $\pm 0,2^\circ$.

1.4.7 Конструкция устройств, предусмотренных пунктом 1.3.6, должна обеспечивать такую компенсацию девиации, чтобы значения остаточной девиации не превышали $\pm 3^\circ$ для основного магнитного компаса и $\pm 5^\circ$ для запасного.

1.4.10 Основной компас должен быть снабжен пеленгатором, который должен обеспечивать пеленгование видимых с судна предметов и небесных светил с точностью снятия отсчета $\pm 0,25^\circ$. Пеленгаторы новой конструкции должны обеспечивать снятие прямого отсчета пеленга.

В Главе V «Безопасность мореплавания» Международной Конвенции СОЛАС-74 с Поправками [28], в Правиле 19 изложены требования к оснащению судов навигационным оборудованием и системами:

2 Судовое оборудование и системы

2.1. Все суда, независимо от размера, должны иметь:

2.1.1. магнитный компас, у которого уничтожена девиация и определены её остаточные значения, или другое средство, независимое от любого источника электроэнергии, чтобы определять курс и представлять его показания на главный пост управления рулем;

2.1.2. пелорус или пеленгаторное устройство компаса, или другое средство, независимое от любого источника электроэнергии, чтобы измерять пеленги по дуге горизонта в 360° ;

2.1.3. средства коррекции для получения истинных пеленгов и

курса в любое время;

2.2. Все суда валовой вместимостью 150 рег. т и более и пассажирские суда независимо от размера, дополнительно к требованиям пункта 2.1, должны иметь:

2.2.1. запасной магнитный компас, взаимозаменяемый с магнитным компасом, упомянутым в пункте 2.1.1., или другое средство, обеспечивающее выполнение предусмотренной пунктом 2.1.1 функции путем замены или дублирования оборудования.

Поправка магнитного компаса ($\Delta МК$) равна сумме магнитного склонения (d) и девиации (δ):

$$\Delta МК = d + \delta. \quad (5.1)$$

Величина склонения (d) для данного района плавания снимается с навигационной карты и по величине годового изменения приводится к году плавания, а девиация выбирается из таблицы в соответствии с величиной курса плавания, как правило, с использованием правил интерполяции.

При определении поправки магнитного компаса навигационными или астрономическими способами необходимо предварительно выверить призму пеленгатора.

Девиация магнитного компаса уничтожается по мере необходимости. Сроки действия таблицы девиации не устанавливаются какими-либо нормативами, хотя во всех документах (и в международных, и в национальных) содержатся высокие требования к точности магнитного компаса.

Однако следует учитывать, что в ежегодное освидетельствование судна входит процедура освидетельствование магнитного компаса. Эта процедура предусматривает проверки всего магнитного компаса: котелка, пеленгатора, нактоуза, девиационного прибора. Ежегодное уничтожение девиации специалистами-девиаторами и является проверкой девиационного прибора магнитного компаса. Результатом проверки должна быть таблица девиации. Максимальная величина девиации при этом не должна превышать значений приведенных выше.

Капитан вправе определить девиацию и составить временную таблицу девиации [1], если значения девиаций при контрольных определениях отличаются от табличных не более чем на 2^0 . Капитан может продлить срок действия штатной таблицы девиации до 3 месяцев, если значение девиации в результате сличения компасов не отличается от табличных более чем на 2^0 [1].

Если при выполнении девиационных работ используются показания гирокомпаса, то маневрирование судна производится на малом

ходу, так как инерционные девиации гирокомпаса в этом случае практически равны нулю и их в расчет не принимают.

Существуют определенные причины эксплуатационного характера, которые вызывают изменение девиации магнитного компаса. Учитывая значимость курсоуказателя для обеспечения надежности мореплавания, эти причины заслуживают особого внимания.

В последнее время наблюдается быстрый рост тоннажа судов, перевозящих значительные количества грузов, в том числе и таких, которые обладают способностью намагничиваться. К таким судам относятся контейнеровозы, автомобилевозы, суда, перевозящие листовой прокат, металлолом и другие ферромагнитные грузы.

В ходе погрузки судна происходит изменение его магнитного поля, так как к существующему полю прибавляется влияние твердого и мягкого (в магнитном отношении) ферромагнитного груза. В результате этого происходит изменение девиации магнитного компаса. Таблица девиации изменяется и оказывается недействительной на период предстоящего рейса с данным грузом. После выгрузки по окончании рейса девиация может вернуться к прежним значениям. Соответственно, получается, что объективных оснований для установления срока действия таблицы девиации нет.

Иного характера ситуация возникает в случае, когда погрузка металла (груза) осуществляется электромагнитными кранами. При этом происходит перемагничивание судового железа и, как следствие, изменение девиации магнитного компаса не только за счет свойств принятого груза, но и вследствие изменения намагниченности самого судна. По этим причинам перед выходом судна в рейс капитан обязан принимать надлежащие меры для устранения девиации магнитного компаса. По окончании рейса, после выгрузки, необходимо снова осуществить контроль девиации до начала следующего рейса.

Изменение девиации может произойти при работе судна во льдах, также при явлении слеминга, а также при сильных сотрясениях корпуса судна.

Следует упомянуть еще один фактор, который способен вызывать изменение девиации магнитного компаса. Это проведение сварочных работ на судне, которые связаны с креплением груза или каким-либо ремонтом. Сварочные работы в существенном объеме, особенно проводимые неподалеку от магнитного компаса, могут повлиять на магнитное состояние судового железа. Следовательно, необходимо контролировать остаточную девиацию магнитного компаса перед выходом в рейс после проведения упомянутых нестандартных грузовых и/или ремонтных операций.

Также следует отметить особенность использования магнитного компаса на современных крупных парусных судах. При следовании судна различными галсами реи перемещаются из одного положения в другое, что вызывает изменение девиации магнитного компаса. В подобной ситуации можно рекомендовать составление таблицы девиации для различных вариантов расположения реев.

Крен на парусных судах может достигать нескольких десятков градусов, поэтому на таких судах обязательно следует уничтожать креновую девиацию.

При значительном изменении широты района плавания судна, на котором установлен МК (УКПМ-М, КМ-100, КМ-115, КМО-Т и его модификации и др., кроме КМ-145 и его модификации) без широтного компенсатора (флиндерсбара), происходит изменение коэффициентов полукруговой девиации B и C , а также креновой девиации.

В общем случае, рабочая таблица девиации должна содержать все основные сведения, при которых производилось уничтожение девиации. Ниже приводится образец такой таблицы.

При исправной работе курсоуказателей расхождение истинных курсов, рассчитанных по гироскопическому и главному магнитному компасам, как правило, не превышает 2° . При временном переходе на управление судном по магнитному компасу его поправка вычисляется с учетом девиации, определённой по сличению курсов.

Застой картушки магнитного компаса при горизонтальной составляющей индукции магнитного поля H , мкТл, в месте установки магнитного компаса и температуре окружающего воздуха 20°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) не должна превышать $(3/H)^{\circ}$ при отклонении картушки от магнитного меридиана на $\pm 2^{\circ}$. Угол застоя не должен превышать $0,2^{\circ}$ для средних магнитных широт (т.е. для $H = 15$ мкТл = $11,9$ А/м = $0,15$ Э), что соответствует широте Балтийского моря и Северной Атлантики [29]. Для Владивостока ($H = 27$ мкТл = $0,27$ Э = $21,6$ А/м) застой картушки не должен превышать $0,1^{\circ}$.

На судне должна быть рабочая таблица девиации (рис. 7) и график девиации (рис. 8), составленные в порту при очередном ежегодном освидетельствовании магнитного компаса.

ТАБЛИЦА ДЕВИАЦИИ

Судно Профессор Ющенко _____

С. У. _____ С. У. _____

Компас КМО-Т _____ Компас _____

КК	δ	КК	δ	КК	δ	КК	δ
N 0°	- 0,8	S 180°	+ 0,6	N 0°		S 180°	
15°	- 0,3	195°	+ 0,8	15°		195°	
30°	+ 0,3	210°	+ 1,0	30°		210°	
45°	+ 0,8	225°	+ 1,0	45°		225°	
60°	+ 1,1	240°	+ 0,9	60°		240°	
75°	+ 1,2	255°	+ 0,6	75°		255°	
E 90°	+ 1,2	W 270°	+ 0,2	E 90°		W 270°	
105°	+ 1,0	285°	- 0,3	105°		285°	
120°	+ 0,8	300°	- 0,8	120°		300°	
135°	+ 0,5	315°	- 1,1	135°		315°	
150°	+ 0,4	330°	- 1,3	150°		330°	
165°	+ 0,5	345°	- 1,2	165°		345°	

Коэффициенты

$$A = +0,3^0 \quad B = +0,5^0 \quad C = -0,7^0 \quad D = +0,6^0 \quad E = -0,4^0 \quad \left| \begin{array}{l} A = \\ B = \end{array} \right. \quad C = \quad D = \quad E =$$

Замечания: Судно в груз, стрелы по походу

« 19 » июля 1996 г.

Девиатор

Иванов И. И.

ТАБЛИЦА ДЕВИАЦИИ

Судно _____

С. У. _____ С. У. _____

Компас _____ Компас _____

КК	δ	КК	δ	КК	δ	КК	δ
N 0°		S 180°		N 0°		S 180°	
15°		195°		15°		195°	
30°		210°		30°		210°	
45°		225°		45°		225°	
60°		240°		60°		240°	
75°		255°		75°		255°	
E 90°		W 270°		E 90°		W 270°	
105°		285°		105°		285°	
120°		300°		120°		300°	
135°		315°		135°		315°	
150°		330°		150°		330°	
165°		345°		165°		345°	

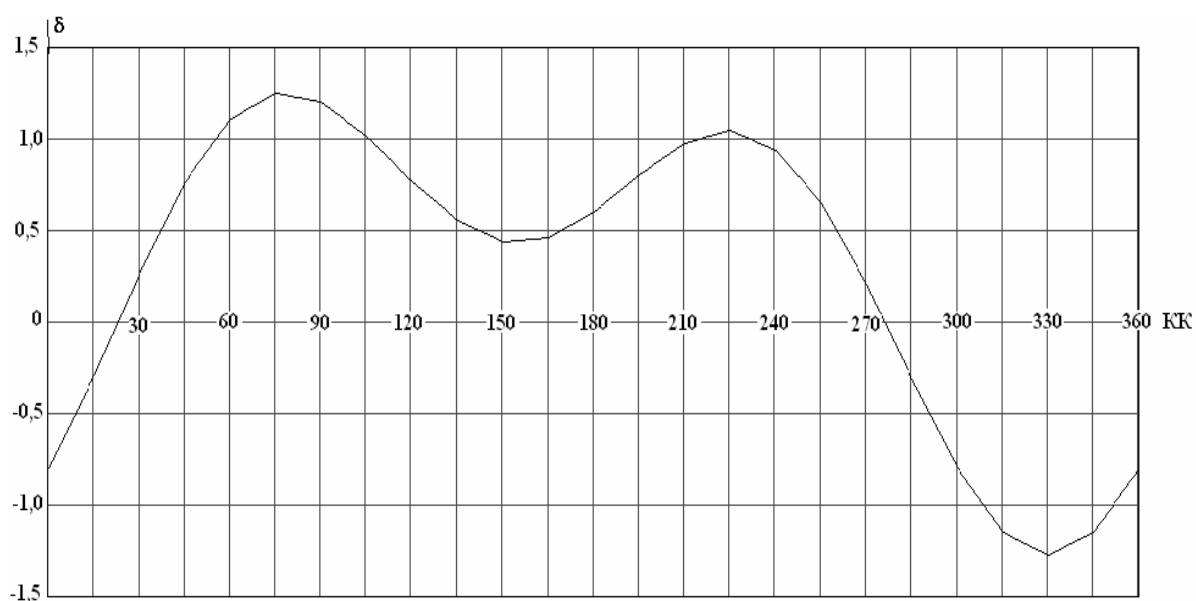
Коэффициенты

A= _____ | A= _____
 B= _____ C= _____ D= _____ E= _____ | B= _____ C= _____ D= _____ E= _____

Замечания: _____

« _____ » _____ 200_ г.
 Девиатор _____

Рис. 7. Бланки таблицы девиации магнитного компаса



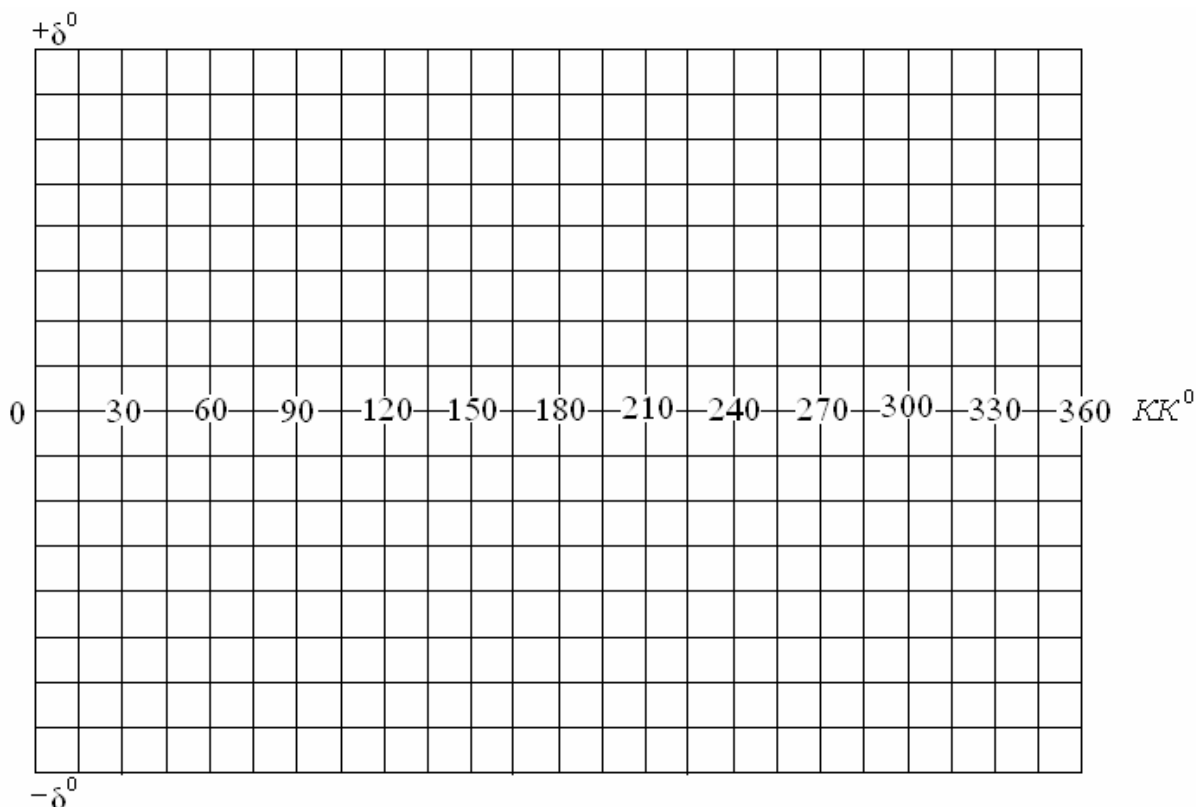


Рис. 8. Бланки графиков девиации магнитного компаса

5.2. Вычисление временной таблицы девиации

При несоответствии действительных значений девиации табличным значениям более допустимых величин ($\delta > 2^0$), необходимо предварительно уничтожить девиацию (как правило, полукруговую). При этом предполагается, что технически курсоуказатели исправны.

Сделать и привести в курсовой работе краткое обоснование причин изменения полукруговой девиации (возможно из вашей практики) и описать способы её уничтожения.

Наиболее просто уничтожить девиацию можно сделать способом Эри, используя гирокомпас для приведения судна на магнитные курсы N, S, E, W, а также для удержания судна на этих курсах во время выполнения процедуры уничтожения девиации. Расчет гирокомпасных курсов, соответствующих заданным магнитным курсам, производится по известной схеме.

$$\text{ИК} = \text{ГКК} + \Delta\text{ГК}, \quad \text{ИК} = \text{МК} + d, \quad \text{ГКК} = \text{МК} + (d - \Delta\text{ГК}), \quad (5.2)$$

Рассмотрим пример. Пусть необходимо привести судно по гирокомпасу на $\text{МК} = 90^0$, при этом $d = 9,8 \text{ W}$, $\Delta\text{ГК} = +0,5^0$. Следовательно, $\text{ГКК} = 79,7^0$. Таким образом, для выхода на заданный магнит-

ный курс рулевому дается команда: «Лечь на гирокомпасный курс $79,7^0$ ».

После уничтожения производится определение остаточной девиации на восьми главных и четвертных курсах. Судно поочередно направляют на компасные курсы N, NE, E, SE, S, SW, W, NW. В этом случае рулевому подаётся команда: «Лечь на компасный курс ... по магнитному компасу». К процедуре определения девиации приступают не ранее, чем через 3 минуты после выхода судна на курс, необходимых для перемагничивания «мягкого» судового железа. На каждом компасном курсе в момент нахождения соответствующего румба картушки магнитного компаса напротив курсовой черты считывают или ОКП створа, если работают на девиационном полигоне, или показания с репитера гирокомпаса. Затем производят расчет девиации по формуле (5.3) при работе на полигоне, или по сличению с гирокомпасом [29].

$$\delta = \text{ОМП} - \text{ОКП} . \quad (5.3)$$

Чтобы повысить точность девиационных работ и, как следствие, точность определения девиации магнитного компаса при работе на полигоне или по сличению с гирокомпасом, необходимо измерять несколько величин ОКП или отсчетов по гирокомпасу в моменты нахождения судна на заданных КК_{ГЛ}. Затем полученные значения усредняют, а промахи отбрасывают. При девиационных работах рекомендуется маневрировать на малых ходах и избегать поворотов на большое число градусов, так как точность определения девиации зависит от стабильности поправки гирокомпаса. Практика работы с гирокомпасом показывает, что его поправка не является постоянной, а изменяется при маневрировании судна в зависимости от скорости и величины угла поворота. При определённом сочетании этих элементов маневрирования возможны весьма значительные изменения поправки гирокомпаса. Если позволяет навигационная обстановка, то на момент сличения необходимо определить $\Delta ГК$.

При выполнении курсовой работы для определения девиации исходные данные следует выбирать из Приложения 6 по своему варианту.

Результаты наблюдений и расчетов записывают в стандартные бланки девиационных работ (табл. 4, 5, 6), по схемам которых производят расчеты девиаций, приближенных коэффициентов девиации и таблицы девиации.

Следует иметь в виде следующее:

- отсчеты компасных курсов при наблюдениях и вычислениях всех величин (табл. 4) производятся с точностью до $0,1^0$;
- промежуточные расчеты (табл. 5) делаются с точностью до $0,01^0$ (следует выполнять операции «Контроль», чтобы избежать промахов);
- приближенные коэффициенты девиации округляются до $0,1^0$;
- расчеты в табл. 6 делаются с точностью до $0,1^0$.

Таблица 4

Вычисление наблюдений девиации на 8 компасных курсах (до $0,1^0$)
при выполнении курсовой работы $d = 9,8^0$ W

ПО ПЕЛЕНГАМ				ПО СЛИЧЕНИЮ					ПО ПЕЛЕНГАМ				ПО СЛИЧЕНИЮ				
<i>КК</i> в мо- мент пелен- гова- ния	<i>МП</i> или <i>ОМ</i> <i>П</i>	<i>КП</i> или <i>ОК</i> <i>П</i>	δ	<i>КК</i> _{зл} или <i>ГКК</i>	δ _{зл} или $\Delta\Gamma$ <i>К</i>	<i>МК</i>	<i>КК</i>	δ	<i>КК</i> в мо- мент пелен- гова- ния	<i>МП</i> или <i>ОМ</i> <i>П</i>	<i>КП</i> или <i>ОК</i> <i>П</i>	δ	<i>КК</i> _л или <i>ГК</i> <i>К</i>	δ _{зл} или $\Delta\Gamma$ <i>К</i>	<i>МК</i>	<i>КК</i>	δ
N				347,4	+0,5			-2,3	S				168,9	+0,5			-0,8
NE				34,6	+0,5			-0,1	SW				217,1	+0,5			2,4
E				80,3	+0,5			0,6	W				262,0	+0,5			2,3
SE				123,4	+0,5			-1,3	NW				307,7	+0,5			3,0

Таблица 5

Вычисление коэффициентов по девиациям, наблюдаемым на 8 компасных курсах (до 0,01⁰)

КК	I	КК	II	III	IV	Мк.	V	Мк.	VI	VII	VIII	IX	X	
	δ		δ	$\frac{1}{2}(I+II)$	$\frac{1}{2}(I-III)$		Мк.×IV		Мк.×IV					
N		S				0	-	1						= E
NE		SW				0,71		0,71						= D
E		W				1		0	-		Σ			= A
SE		NW				0,71		-0,71			$\frac{1}{2}\Sigma$			
Контроль III+IV=I						+		+		Контроль X+IX=VII				
						-		-						
						Σ		Σ						
B = $\frac{1}{2}\Sigma$								$\frac{1}{2}\Sigma$		= C				

Таблица 6

Вычисление таблицы девиации на компасные курсы через 15⁰ (до 0,1⁰)

$$\delta^0 = \left[(D^0 \cdot \sin 2KK + E^0 \cdot \cos 2KK) + A^0 \right] \pm (B^0 \cdot \sin KK + C^0 \cdot \cos KK)$$

D = Мк.	I	E = Мк.	II	III	IV	B = Мк.	V	C = Мк.	VI	VII IV+VII	КК	δ	КК	δ
	Д-Мк.		Е-Мк.		И-II		III+A		В-Мк.					
0	-	1				0	-	1			N 0°		S 180°	
S ₃₀		S ₆₀				S ₁₅		S ₇₅			15°		195°	
S ₆₀		S ₃₀				S ₃₀		S ₆₀			30°		210°	
1		0	-			S ₄₅		S ₄₅			45°		225°	
S ₆₀		-S ₃₀				S ₆₀		S ₃₀			60°		240°	
S ₃₀		-S ₆₀				S ₇₅		S ₁₅			75°		255°	
0	-	-1				1		0	-		E 90°		W 270°	
-S ₃₀		-S ₆₀				S ₇₅		-S ₁₅			105°		285°	
-S ₆₀		-S ₃₀				S ₆₀		-S ₃₀			120°		300°	
-1		0	-			S ₄₅		-S ₄₅			135°		315°	
-S ₆₀		S ₃₀				S ₃₀		-S ₆₀			150°		330°	
-S ₃₀		S ₆₀				S ₁₅		-S ₇₅			165°		345°	

По результатам определения остаточной девиации необходимо выполнить и привести в курсовой работе (пример выполнения задания приведён в Приложении 7):

- результаты расчетов на стандартных бланках девиационных работ;

- контроль таблицы девиации на главных и четвертных компасных румбах, т.е. $|\delta_{\text{выч}} - \delta_{\text{набл}}| \leq 0,2^{\circ} \div 0,3^{\circ}$ ($\delta_{\text{набл}}$ – табл. 4, $\delta_{\text{выч}}$ – табл. 6), что доказывает качественное определение наблюденной девиации, так как при вычислении девиации происходит сглаживание некоторых аномальных отклонений наблюденной девиации (промахов);

- сделать заключение о качестве уничтожения, т.е. о величине коэффициентов девиации;

- дать рекомендации по устранению выявленных недостатков при уничтожении девиации;

- сделать заключение о качестве определения девиации, исходя из нормативов;

- оформить стандартный бланк таблицы девиации (рис. 7).

- начертить график остаточной девиации (рис. 8).

Формы бланков для расчетов можно взять из электронного варианта данного пособия.

5.3. Предвычисление изменения полукруговой девиации

При переходе судна из одного района в другой, в связи с изменением горизонтальной H и вертикальной Z составляющих полного вектора магнитной индукции магнитного поля Земли, в рабочей таблице девиации появляется несоответствие действительной девиации. Наибольшему изменению подвержен коэффициент полукруговой девиации B .

Для того чтобы избежать вышеуказанных недостатков предлагается рассмотреть следующий способ предвычисления девиации в какой-нибудь магнитной широте.

Методика расчёта девиации сводится к следующему. Наблюдения показывают, что при переходе судна из одного района в другой, с изменением составляющих магнитного поля Земли, изменяется полукруговая девиация. Вывод формул для определения изменения коэффициентов полукруговой девиации B' и C' рассмотрен в учебниках по девиации МК, в частности [29].

Для начала рассмотрим определение коэффициента B_2' . Пусть в начальной точке сила $B_1' \lambda H$ после уничтожения девиации имеет вид:

$$B'_1 \lambda H_1 = cZ_1 + P + F_x, \quad (5.4)$$

где $\lambda = 1 + (a + e)/2 \cong 0,5 \div 0,95$ – коэффициент, показывающий условия работы магнитного компаса на судне; H_1, Z_1 – элементы магнитного поля Земли; c – безразмерный параметр уравнений Пуассона; P – продольная судовая сила от «твердого» в магнитном отношении железа; F_x – продольная сила магнитов-уничтожителей; B_1 – остаточный коэффициент полукруговой девиации, выраженный в радианах.

При переходе судна в другой район плавания (H_2, Z_2) получим:

$$B'_2 \lambda H_2 = cZ_2 + P + F_x. \quad (5.5)$$

Путём почленного вычитания выражения (5.5) из выражения (5.4) и соответствующих преобразований получим:

$$B'_2 = \frac{c \times (Z_2 - Z_1) + C'_1 \lambda H_1}{\lambda H_2}. \quad (5.6)$$

Аналогичными вычислениями для коэффициента C'_2 будем иметь:

$$C'_2 = \frac{f \times (Z_2 - Z_1) + C'_1 \lambda H_1}{\lambda H_2}. \quad (5.7)$$

Выражения (5.6) и (5.7) будут являться основными формулами для вычисления новых коэффициентов полукруговой девиации B'_2 и C'_2 при изменении судном магнитной широты.

После расчета новых коэффициентов полукруговой девиации и считая, что остальные коэффициенты при переходе судна в другую магнитную широту не изменились, по формуле (5.8)

$$\delta^\circ = A_1^\circ + B_2^\circ \sin KK + C_2^\circ \cos KK + D_1^\circ \sin 2KK + E_1^\circ \cos 2KK \quad (5.8)$$

легко вычислить значения девиации для нового района плавания, то есть получить временную таблицу девиации. Это выражение для расчета таблицы девиации, исходя из свойств полукруговых и четвертных девиаций, а также из свойств функций синусов и косинусов углов, преобразуется в вид, показанный в табл. 6.

Для проведения расчетов необходимо знать:

- судовые параметры c и λ ;
- начальные коэффициенты полукруговой девиации B_1 и C_1 ;
- элементы магнитного поля Земли в районах плавания H_1, Z_1 и H_2, Z_2 , которые на судне снимаются с карты № 90102 Н-З;
- остальные коэффициенты (A, D, E) взять из полученной таблицы девиации, определённой по заданию п. 5.2.

Исходные данные для выполнения задания приведены в Приложении 5.

Используя их для вашего варианта, требуется рассчитать и привести в курсовой работе:

- новое значение коэффициентов полукруговой девиации (B_2 , C_2) для нового заданного района плавания;
- временную таблицу девиации;
- произвести анализ временной таблицы девиации;
- построить график девиации;
- сделать заключение о соответствии величин девиации нормативам.

Величины B_2 и C_2 , выраженные в градусах, а также новая временная таблица девиации позволяют наглядно судить о возможных погрешностях в показаниях магнитного компаса не имеющего компенсатора широтной девиации при переходе судна в другой район плавания.

Для перевода единиц элементов магнитного поля Земли из системы СГСМ в систему МКСА (СИ) используются следующие соотношения:

$$1 \text{ А/м} = (1 \text{ Э} \times 10^2) / 1,26; 1 \text{ Тл} = 10^4 \text{ Э.}$$

Пример расчёта:

$$B'_2 = \frac{c \times (Z_2 - Z_1) + B'_1 \lambda H_1}{\lambda H_2} = \frac{0,020 \times (0,46 - (-0,31)) + \frac{0,9 \times 3,14}{180^\circ} \times 0,84 \times (-0,14)}{0,84 \times 0,222} =$$
$$= 0,0726 \text{ радиан}, \quad B_2 = 0,0726 \times \frac{180^\circ}{3,14} = 4,2^\circ.$$

Таким образом, коэффициент B_2 изменился на $3,1^0$.

Далее рассчитывается коэффициент C_2 . Затем по имеющимся данным (A_1 , B_2 , C_2 , D_1 , E_1) рассчитывается временная таблица девиации, производится её анализ и строится график девиации.

При проведении девиационных работ используют бланк для записи предварительных и береговых наблюдений и расчетов, необходимых, например, при уничтожении девиации способом И. П. Колонга, уничтожении креновой девиации, определении коэффициента λ , уничтожении четвертной девиации. Вид его показан на рис. 9.

(название судна)

БЕРЕГОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ « ____ » _____ 200_ г.

Дефлектор № _____ Инclinator № _____

Компас _____, № _____ Н = _____ Z = _____ tg I = Z/H = _____
(тип)

УНИЧТОЖЕНИЕ ДЕВИАЦИИ « ____ » _____ 200_ г.

(место уничтожения и определения девиации)

(название судна)

Состояние моря _____ Ветер _____ Видимость _____

$\Delta GK =$ _____ $d =$ _____ $\Delta' GK = \Delta GK - d =$ _____

$$\begin{aligned}
 H'_N &= & H'_E &= & & \\
 H'_S &= & H'_W &= & \frac{1}{2}(H'_E + H'_W) \operatorname{tg} I = & \\
 \frac{1}{2}(H'_N + H'_S) &= & \frac{1}{2}(H'_E + H'_W) &= & & \\
 \lambda &= & \lambda(1 - D') = \frac{1}{2}(H'_E + H'_W) / H = & & Z' = & \\
 \lambda Z &= & & & X' = & \\
 MK &= & & & Y' = & \\
 X' = \lambda H \cdot \cos MK &= & & & KK = & \\
 Y' = -\lambda H \cdot \sin MK &= & & & ОКП = &
 \end{aligned}$$

Положение магнитов и потенциометров КУС

Наименование магнита	Число	Размер	Направление северного конца	Отсчет по шкале				
Продольный								
Поперечный								
Вертикальный								
1 группа		2 группа		3 группа		4 группа		
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z

Напряжение на входных клеммах регулировочного щита

--	--	--	--

Рис. 9. – Бланк записей береговых наблюдений при уничтожении девиации

6. КОНТРОЛЬ ПОПРАВКИ ЛАГА

6.1. Краткие теоретические сведения

Во время плавания судна необходимо контролировать поправку лага. Поправка лага Δl в процентах выражается следующей формулой:

$$\Delta l\% = \frac{S - (ол_2 - ол_1)}{ол_2 - ол_1} 100 = \frac{S - рол}{рол}, \quad (6.1)$$

где S – расстояние, пройденное судном относительно воды за некоторое время t ; $рол = ол_2 - ол_1$ – разность отсчетов лага за то же время.

Из формулы следует, что по показаниям лага с учетом его поправки можно рассчитать расстояние S , проходимое судном относительно воды:

$$S = рол \left(1 + \frac{\Delta l\%}{100}\right) = рол \square к_l. \quad (6.2)$$

Выражение в скобках называется коэффициентом лага $к_l$. Поправка лага может иметь знак плюс или минус. Если лаг отсчитывает расстояние меньше действительно проходимого судном, то поправка имеет знак плюс, и наоборот, когда лаг показывает расстояние больше проходимого судном в действительности, поправка имеет знак минус.

Поправки лага определяются и устраняются на мерной линии. Остаточные поправки сводятся в таблицу, которая используется при ведении счисления.

Из вышесказанного следует, что для контроля поправки лага необходимо решить обратную задачу: имея S и $рол$ по формуле (6.1) рассчитать фактическую поправку на данном плавании и сравнить ее с табличной.

Однако S это пройденное расстояние относительно воды, которое на судне не известно. Но по наблюдениям всегда можно найти истинное расстояние S_u , то есть расстояние, пройденное судном относительно Земли. В общем случае эти расстояния не совпадают, так как на судно оказывают влияние ветровой дрейф и течение. Поскольку относительно пути судна дрейф и течение носят случайный характер, то можно считать, что при длительном плавании снос от их влияния, хотя бы частично, взаимно компенсируется. Тогда можно предположить, что $S \approx S_u$. Значение S_u можно измерить непосредственно на карте, однако, при его значительных величинах (более 25 миль) этот способ является неточным.

В таких случаях прибегают к другим способам – способам расчета значения расстояния S_u между двумя наблюдениями. Лучше всего

использовать последовательность расчета, пригодную для любых расстояний (рис. 10).

Пусть в некоторое судовое время T_{c1} при отсчете лага $ол_1$ была получена первая обсервация с координатами φ_1, λ_1 . Спустя достаточно продолжительное время на момент T_{c2} , отсчет лага $ол_2$, получена обсервация с координатами φ_2, λ_2 . Далее расчёт S_u сводится к поиску гипотенузы в треугольнике OAB .

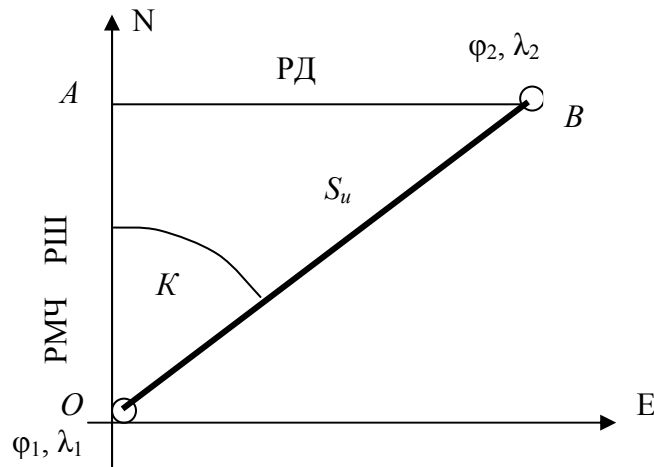


Рис. 10. Расчёт плавания

6.2. Порядок расчёта поправки лага

Из треугольника OAB следует, что $AB = S_u$. Следовательно, для получения плавания S_u в милях, необходимо использовать разность широт РШ в минутах широты:

$$S_u = (\text{РШ}) / (\cos K). \quad (6.4)$$

При этом

$$\text{РШ} = \varphi_2 - \varphi_1. \quad (6.5)$$

Неизвестным остается угол K – путевой угол, которым следовало судно между обсервациями:

$$\text{tg } K = (\text{РД}) / (\text{РМЧ}), \quad (6.6)$$

где РД – разность долгот между двумя обсервованными точками;

$$\text{РД} = \lambda_2 - \lambda_1. \quad (6.7)$$

РМЧ – разность меридиональных частей между двумя обсервованными точками. Разность меридиональных частей рассчитывается по таблице 28 а) МТ – 2000.

Рассчитываем $рол$ и, используя вместо S значение S_u по формуле (6.1) находим поправку лага и сравниваем ее с табличным значением.

Необходимо помнить, что данный способ является приближенным и позволяет только контролировать поправку лага. Для точного ее определения и регулировки лага используется мерная линия.

При выполнении этого раздела курсовой работы данные для расчётов следует выбирать из Приложения 8 по своему варианту. В этом приложении даны координаты обсерваций, $рол$ и табличное значение поправки лага $\Delta л\%$.

Рассмотрим пример расчёта. Пусть координатами первой обсервации будут $\varphi_1 = 44^\circ 41,5' N$, $\lambda_1 = 158^\circ 18,4' E$; координаты второй обсервации $\varphi_2 = 45^\circ 18,5' N$, $\lambda_2 = 158^\circ 54,6' E$; разность отсчетов лага $рол = 45,8$; табличное значение $\Delta л = -2,9\%$.

Порядок решения. Сначала вычисляются разность широт РШ и разность долгот РД. РШ = $37,0'$; РД = $36,2'$.

По Таблице 2.28 а) МТ-2000 (стр. 314) или по Таблице 26 МТ-75 (стр. 280) с помощью интерполяции рассчитывается разность меридиональных частей. Для нашего примера РМЧ = $52,2$.

Затем вычисляется значение путевого угла:

$$\operatorname{tg} K = \text{РД} / \text{РМЧ}; K = \operatorname{arc} \operatorname{tg} (\text{РД} / \text{РМЧ}) = 34,7^\circ.$$

По формуле (6.4) рассчитывается $S_u = (37,0) / (\cos 34,7^\circ) = 45,0$ миль.

По формуле (6.1) получим $\Delta л = -1,8\%$.

Вывод: значение поправки лага достаточно близко к табличному значению, принятому для ведения счисления пути судна. Следовательно, лаг находится в удовлетворительном состоянии, его показаниям можно далее доверять.

Приложение 1

Данные для определения скоростной и инерционной девиаций

V_1 – скорость судна до маневра; V_2 – скорость судна после маневра;
 $ГКК_1$ – гирокомпасный курс до маневра; $ГКК_2$ – гирокомпасный курс
 после маневра.

Вариант	Широта (градусы)	V_1 (узлы)	V_2 (узлы)	$ГКК_1$ (градусы)	$ГКК_2$ (градусы)
1	30N	10	2	120	60
2	25N	12	12	75	90
3	56N	15	15	0	180
4	60N	18	6	180	90
5	75N	5	12	90	270
6	70N	8	2	35	260
7	3N	16	8	78	150
8	10N	2	15	0	90
9	16N	4	9	90	140
10	6N	12	7	165	20
11	72N	10	3	260	50
12	80N	6	10	20	270
13	77N	7	12	270	50
14	74N	3	10	40	60
15	12N	4	16	80	140
16	24N	18	4	90	180
17	38N	15	15	25	180
18	40N	12	10	265	265
19	55N	11	2	45	145
20	40N	16	6	125	300
21	50N	10	3	220	180
22	21S	3	16	300	90
23	60S	5	5	270	90
24	65S	12	4	170	60
25	30S	18	8	325	45
26	25S	9	18	20	170
27	20S	17	10	50	120
28	70S	12	6	160	160
29	68S	14	7	40	130
30	0S	10	2	320	100

31	5N	5	10	90	120
32	68N	12	8	180	270
33	70N	20	6	320	160
34	20N	6	15	120	300
35	25N	25	10	265	20
36	30N	25	6	100	90
37	65N	3	12	230	160
38	60N	4	15	90	270
39	21S	2	8	90	320
40	50S	16	5	60	260
41	40S	6	18	30	140
42	55S	10	3	220	60
43	38S	10	10	125	30
44	24S	12	4	310	260
45	12S	15	3	20	20
46	74S	4	20	110	290
47	77S	17	12	10	270
48	80S	12	3	90	15
49	72S	8	16	170	310
50	6S	20	14	35	40
51	16S	14	2	300	160
52	10S	6	16	115	90
53	3S	12	13	260	0
54	70S	11	4	180	90
55	75S	3	6	100	300
56	60S	2	8	85	125
57	56S	15	2	5	320
58	25S	18	3	160	0
59	30S	12	12	290	160
60	3N	2	8	15	270
61	20N	7	14	300	90
62	60N	6	10	220	165
63	75N	13	22	145	30
64	15N	20	8	200	5
65	35N	4	20	45	315
66	48N	8	14	230	120
67	65N	5	12	0	160
68	70N	16	7	180	305
69	25N	4	7	330	90
70	60N	25	12	120	270

71	80N	3	10	90	90
72	25N	5	12	90	180
73	60N	22	10	340	270
74	75N	16	8	120	320
75	15N	2	8	15	200
76	30N	4	16	45	165
77	80N	25	10	260	120
78	45S	10	5	270	180
79	50S	12	8	270	90
80	60S	18	6	90	65
81	75S	4	18	305	170
82	35N	14	7	35	320
83	40N	3	18	80	130
84	65N	9	20	250	90
85	70N	16	2	160	0
86	80S	2	15	0	180
87	30S	10	10	255	20
88	25S	17	10	65	270
89	70N	10	3	85	130
90	35S	5	12	110	350
91	10S	22	3	220	40
92	5S	7	14	310	15
93	10N	2	14	190	65
94	65S	4	8	0	90
95	20N	12	18	90	0
96	35S	20	2	170	30
97	15S	16	3	180	90
98	12N	4	25	310	270
99	8N	3	20	250	10
100	16S	5	16	165	320

Угол α – угол отклонения главной оси гирокомпаса от истинного меридиана в градусах. Время t_1 – время манёвра судна в секундах.

Вариант	α	t_1	Вариант	α	t_1
1 – 10	2	50	51 – 60	12	40
11 – 20	4	60	61 – 70	14	45
21 – 30	6	70	71 – 80	16	55
31 – 40	8	80	81 – 90	18	65
41 - 50	10	90	91 - 100	20	75

Приложение 2

Данные для расчёта поправки гирокомпаса

P-Э означает референц-эллипсоид; W – WGS-84, K – Красовского.

Вариант	P-Э	ГКП ₁	ГКП ₂	ГКП ₃	ГКП ₄	Φ _{op} λ _{op}	Φ _{pl} λ _{pl}
1	K	223,4°	223,9°	222,9°	223,5°	15°38,728'S 13°56,339'W	15°37,493'S 13°55,201'W
2	W	90,1°	89,8°	90,3°	89,9°	48°35,971'N 160°04,045'W	48°36,025'N 160°05,881'W
3	K	359,9°	0,8°	359,8°	0,3°	43°06,899'N 131°52,973'E	43°06,057'N 131°52,973'E
4	W	350,0°	349,9°	349,5°	349,4°	69°17,501'S 98°34,041'W	69°18,323'S 98°33,621'W
5	K	230,1°	230,9°	230,3°	230,6°	0°32,775'N 21°04,883'W	0°34,223'N 21°03,003'W
6	W	173,9°	173,8°	173,7°	173,8°	0°02,022'S 24°56,989'E	0°02,022'N 24°58,123'E
7	K	343,2°	343,1°	343,3°	343,1°	73°43,734'N 15°16,099'E	73°42,286'N 15°17,665'E
8	W	175,5°	175,4°	175,6°	175,3°	69°55,826'S 126°12,567'E	69°54,338'S 126°11,765'E
9	K	346,1°	345,8°	345,7°	346,2°	75°43,734'N 25°16,099'E	75°42,286'N 25°17,665'E
10	W	195,3°	195,3°	195,5°	195,4°	46°16,025'S 126°25,744'W	46°14,321'S 126°24,578'W
11	K	150°	149,9°	149,9°	149,7°	52°16,327'N 173°07,991'W	52°17,229'N 173°08,881'W
12	W	15,7°	15,8°	15,7°	15,7°	12°17,435'S 168°59,732'W	12°18,445'S 169°00,031'W
13	K	287,1°	287,2°	287,1°	287,2°	0°00,241'N 179°59,333'E	0°00,241'S 179°59,333'W
14	W	196,3°	196,4°	196,3°	196,4°	72°25,438'S 173°42,526'W	72°24,831'S 173°41,903'W
15	K	223,4°	223,5°	223,4°	223,3°	69°36,116'N 0°00,885'W	69°36,563'N 0°01,039'E
16	W	270,3°	270,4°	270,3°	270,5°	51°11,371'N 179°59,501'E	51°11,371'N 179°59,501'W

Вариант	P-Э	ГКП ₁	ГКП ₂	ГКП ₃	ГКП ₄	φ_{op} λ_{op}	φ_{pl} λ_{pl}
17	K	23,6°	23,7°	23,6°	23,7°	60°01,033'N 131°53,273'E	59°59,863'N 131°52,339'E
18	W	147,9°	147,8°	147,9°	147,8°	62°39,127'S 153°30,259'E	62°38,442'S 153°29,286'E
19	K	54,1°	54,2°	54,0°	54,1°	65°30,276'N 179°58,112'W	65°29,876'N 179°59,432'W
20	W	27,4°	27,4°	27,5°	27,4°	55°42,307'N 0°02,326'E	55°41,225'N 0°01,727'E
21	K	149,3°	149,3°	149,4°	149,4°	65°28,663'N 179°58,112'W	65°29,876'N 179°59,432'W
22	W	359,9°	0,6°	359,9°	0,4°	28°35,554'S 145°17,421'E	28°36,189'S 145°17,421'E
23	K	331,3°	331,4°	331,3°	331,3°	60°01,033'N 131°51,060'E	59°59,863'N 131°52,339'E
24	W	218,3°	218,3°	218,4°	218,3°	62°39,127'S 153°28,107'E	62°38,442'S 153°29,286'E
25	K	311,3°	311,6°	311,4°	311,5°	65°30,276'N 179°59,432'E	65°29,876'N 179°59,432'W
26	W	318,9°	318,7°	318,8°	318,9°	55°42,307'N 0°00,023'W	55°41,225'N 0°01,727'E
27	K	359,9°	0,4°	0,3°	359,9°	49°15,994'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
28	W	56,8°	56,9°	56,7°	56,9°	28°35,554'S 145°18,218'E	28°36,189'S 145°17,321'E
29	K	319,1°	319,2°	319,0°	319,2°	65°28,663'N 179°58,112'E	65°29,876'N 179°59,432'W
30	W	84,4°	84,5°	84,4°	84,3°	29°40,441'S 145°17,421'E	29°40,441'S 145°17,321'E
31	K	33,6°	33,6°	33,8°	33,8°	49°16,636'N 179°58,903'W	49°15,717'N 179°59,825'W
32	W	47,0°	47,5°	47,6°	47,3°	0°00,636'N 0°01,124'E	0°01,328'N 0°00,724'W

Приложение 2

Вариант	P-Θ	ГКП ₁	ГКП ₂	ГКП ₃	ГКП ₄	Φ _{op} λ _{op}	Φ _{pl} λ _{pl}
33	K	88,9°	88,8°	88,9°	88,8°	49°15,717'N 179°57,996'W	49°15,717'N 179°59,825'W
34	W	308,9°	309,0°	308,8°	308,9°	28°35,554'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E
35	K	165,8°	165,9°	165,9°	165,9°	72°41,164'S 161°09,663'W	72°42,538'S 161°08,442'W
36	W	314,0°	313,4°	313,4°	313,6°	0°00,636'N 0°01,124'W	0°01,328'S 0°00,724'E
37	K	230,1°	230,9°	230,3°	230,6°	0°32,775'N 21°04,883'W	0°34,223'N 21°03,003'W
38	W	127,3°	127,5°	127,2°	127,1°	28°36,709'S 145°18,218'E	28°36,189'S 145°17,321'E
39	K	179,9°	179,8°	179,9°	179,9°	49°14,504'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
40	W	90,1°	89,8°	90,3°	89,9°	48°35,971'N 160°04,045'W	48°36,025'N 160°05,881'W
41	K	196,9°	196,8°	196,9°	196,7°	49°14,634'N 179°59,734'E	49°15,717'N 179°59,825'W
42	W	359,9°	359,9°	0,6°	0,4°	28°35,554'S 145°17,421'E	28°36,189'S 145°17,421'E
43	K	150°	149,9°	149,9°	149,7°	52°16,327'N 173°07,991'W	52°17,229'N 173°08,881'W
44	W	325,1°	325,2°	325,1°	325,2°	70°01,986'N 0°03,424'W	69°59,848'N 0°01,006'E
45	K	137,4°	137,3°	137,3°	137,4°	49°15,006'N 179°58,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
46	W	276,8°	276,7°	276,8°	276,6°	28°36,709'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E
47	K	359,9°	0,4°	0,3°	359,9°	49°15,994'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
48	W	161,2°	161,4°	161,2°	161,4°	19°30,6'S 61°24,624'W	19°31,336'S 61°24,504'W
49	K	346,1°	345,8°	345,7°	346,2°	75°43,734'N 25°16,099'E	75°42,286'N 25°17,665'E

Приложение 2

Вариант	P-Θ	ГКП ₁	ГКП ₂	ГКП ₃	ГКП ₄	Φ _{op} λ _{op}	Φ _{pl} λ _{pl}
50	W	268,9°	268,9°	269,3°	269,3°	28°36,189'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E
51	K	33,6°	33,6°	33,8°	33,8°	49°16,636'N 179°58,903'W	49°15,717'N 179°59,825'W
52	W	195,3°	195,3°	195,5°	195,4°	46°16,025'S 126°25,744'W	46°14,321'S 126°24,578'W
53	K	0,2°	359,8°	0,6°	359,9°	49°15,994'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
54	W	326,4°	326,3°	326,4°	326,5°	0°01,636'N 0°01,124'W	0°01,328'S 0°00,724'E
55	K	190,1°	189,8°	189,9°	189,9°	49°14,504'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
56	W	47,0°	47,5°	47,6°	47,3°	0°00,636'N 0°01,124'E	0°01,328'N 0°00,724'W
57	K	359,9°	0,4°	0,3°	359,9°	49°15,994'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
58	W	127,3°	127,5°	127,2°	127,1°	28°36,709'S 145°18,218'E	28°36,189'S 145°17,321'E
59	K	194,5°	194,6°	194,5°	194,5°	49°14,634'N 179°59,734'E	49°15,717'N 179°59,825'W
60	W	15,7°	15,8°	15,7°	15,7°	12°17,435'S 168°59,732'W	12°18,445'S 169°00,031'W
61	K	179,9°	179,8°	179,9°	179,9°	49°14,504'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
62	W	308,9°	309,0°	308,8°	308,9°	28°35,554'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E
63	K	196,9°	196,8°	196,9°	196,7°	49°14,634'N 179°59,734'E	49°15,717'N 179°59,825'W
64	W	90,1°	89,8°	90,3°	89,9°	48°35,971'N 160°04,045'W	48°36,025'N 160°05,881'W
65	K	88,9°	88,8°	88,9°	88,8°	49°15,717'N 179°57,996'W	49°15,717'N 179°59,825'W
66	W	256,1°	256,8°	256,5°	256,4°	28°36,709'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E

Приложение 2

Вариант	P-Θ	ГКП ₁	ГКП ₂	ГКП ₃	ГКП ₄	Φ _{op} λ _{op}	Φ _{pl} λ _{pl}
67	K	35,1°	35,3°	35,2°	35,1°	49°16,636'N 179°58,903'W	49°15,717'N 179°59,825'W
68	W	314,0°	313,4°	313,4°	313,6°	0°00,636'N 0°01,124'W	0°01,328'S 0°00,724'E
69	K	137,4°	137,3°	137,3°	137,4°	49°15,006'N 179°58,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
70	W	268,9°	268,9°	269,3°	269,3°	28°36,189'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E
71	K	190,1°	189,8°	189,9°	189,9°	49°14,504'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
72	W	256,1°	256,8°	256,5°	256,4°	28°36,709'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E
73	K	179,9°	179,8°	179,9°	179,9°	49°14,504'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
74	W	308,9°	309,0°	308,8°	308,9°	28°35,554'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E
75	K	33,6°	33,6°	33,8°	33,8°	49°16,636'N 179°58,903'W	49°15,717'N 179°59,825'W
76	W	47,0°	47,5°	47,6°	47,3°	0°00,636'N 0°01,124'E	0°01,328'N 0°00,724'W
77	K	0,2°	359,8°	0,6°	359,9°	49°15,994'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
78	W	127,3°	127,5°	127,2°	127,1°	28°36,709'S 145°18,218'E	28°36,189'S 145°17,321'E
79	K	223,4°	223,9°	222,9°	223,5°	15°38,728'S 13°56,339'W	15°37,493'S 13°55,201'W
80	W	84,4°	84,5°	84,4°	84,3°	29°40,441'S 145°17,421'E	29°40,441'S 145°17,321'E
81	K	35,1°	35,3°	35,2°	35,1°	49°16,636'N 179°58,903'W	49°15,717'N 179°59,825'W
82	W	268,9°	268,9°	269,3°	269,3°	28°36,189'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E
83	K	137,4°	137,3°	137,3°	137,4°	49°15,006'N 179°58,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W

Приложение 2

Вариант	P-Θ	ГКП ₁	ГКП ₂	ГКП ₃	ГКП ₄	Φ _{op} λ _{op}	Φ _{pl} λ _{pl}
84	W	195,3°	195,3°	195,5°	195,4°	46°16,025'S 126°25,744'W	46°14,321'S 126°24,578'W
85	K	88,9°	88,8°	88,9°	88,8°	49°15,717'N 179°57,996'W	49°15,717'N 179°59,825'W
86	W	56,8°	56,9°	56,7°	56,9°	28°35,554'S 145°18,218'E	28°36,189'S 145°17,321'E
87	K	359,9°	0,4°	0,3°	359,9°	49°15,994'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
88	W	90,1°	89,8°	90,3°	89,9°	48°35,971'N 160°04,045'W	48°36,025'N 160°05,881'W
89	K	35,1°	35,3°	35,2°	35,1°	49°16,636'N 179°58,903'W	49°15,717'N 179°59,825'W
90	W	308,9°	309,0°	308,8°	308,9°	28°35,554'S 145°16,421'E	28°36,189'S 145°17,321'E
91	K	137,4°	137,3°	137,3°	137,4°	49°15,006'N 179°58,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
92	W	196,3°	196,4°	196,3°	196,4°	72°25,438'S 173°42,526'W	72°24,831'S 173°41,903'W
93	K	0,2°	359,8°	0,6°	359,9°	49°15,994'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
94	W	173,9°	173,8°	173,7°	173,8°	0°02,022'S 24°56,989'E	0°02,022'N 24°58,123'E
95	K	91,1°	90°	89,4°	89,1°	49°15,717'N 179°57,996'W	49°15,717'N 179°59,825'W
96	W	56,8°	56,9°	56,7°	56,9°	28°35,554'S 145°18,218'E	28°36,189'S 145°17,321'E
97	K	359,9°	0,4°	0,3°	359,9°	49°15,994'N 179°59,825'W	49°15,717'N 179°59,825'W
98	W	127,3°	127,5°	127,2°	127,1°	28°36,709'S 145°18,218'E	28°36,189'S 145°17,321'E
99	K	33,6°	33,6°	33,8°	33,8°	49°16,636'N 179°58,903'W	49°15,717'N 179°59,825'W
100	W	0,4°	359,9°	0,6°	359,9°	28°35,554'S 145°17,421'E	28°36,189'S 145°17,421'E

Данные для расчётов по сличению компасов

Таблица девиации магнитного компаса

КК°	δ°	КК°	δ°
0	+5,6	180	+3
15	+3,9	195	+0,6
30	+1,6	210	-2,2
45	-0,7	225	-4,7
60	-2,3	240	-6,2
75	-2,9	255	-6,4
90	-2,2	270	-5,2
105	-0,6	285	-2,8
120	+1,5	300	+0,2
135	+3,4	315	+3,2
150	+4,5	330	+5,3
165	+4,4	345	+6,1

КК – компасный курс; $N_{\text{ПЛ}}$ – год плавания судна; $N_{\text{К}}$ – год, к которому отнесено склонение на карте; Δd – годовое изменение магнитного склонения; $d_{\text{К}}$ – магнитное склонение карты; ГКК – курс по гирокомпасу; $\Delta\text{ГК}$ – поправка гирокомпаса.

Вариант	КК°	$N_{\text{ПЛ}}$	$N_{\text{К}}$	Δd°	$d_{\text{К}}^\circ$	ГКК°	$\Delta\text{ГК}^\circ$
1	36,5	2005	1995	0,04 к W	0,1E	34,8	+ 0,8
2	273,8	2008	1993	0,02 к E	9,5W	270	- 3
3	111,4	2007	1980	0,03 к W	1,2E	115	+ 1
4	228,7	2003	1980	0,01 к E	8,7E	233,5	- 1,5
5	153,4	2005	1985	0,02 к W	3,1E	157,8	- 0,7
6	58,5	2008	1997	0,03 к E	0,9W	60,1	+ 0,4
7	94,2	2009	1981	0,02 к W	2,7E	93,1	+ 0,5
8	127,1	2010	1995	0,03 к E	0,8W	128,6	- 2,3
9	358,6	2008	1988	0,01 к W	9,4W	359,4	- 1,3
10	42,3	2006	1998	0,01 к E	15,7E	57,4	+ 0,3
11	97,4	2007	2000	0,04 к W	18,6W	76,4	- 0,5
12	203,7	2005	2001	0,01 к E	5,1W	201,5	+ 0,7
13	359,2	2008	1983	0,02 к W	2,8E	359,8	+ 3,2
14	141,5	2005	1993	0,01 к E	10,7E	148,4	- 3,9
15	278,8	2010	1999	0,02 к W	12,8W	263,7	+ 0,9
16	314,9	2012	2000	0,01 к E	3,7E	321,6	+ 2

Вариант	КК°	$N_{ПЛ}$	N_K	Δd°	d_K°	ГКК°	ΔGK°
17	8,1	2008	1998	0,03 к W	9,6W	359,5	-1,2
18	56,4	2004	1995	0,01 к E	10W	44	+0,4
19	98,3	2008	1999	0,03 к W	0,2E	101,3	-2,5
20	164	2007	2000	0,01 к W	4,5W	165,5	+0,6
21	183,5	2012	1996	0,02 к E	3,8W	180,8	-0,3
22	217,2	2011	1987	0,01 к E	7,2E	226,7	-5
23	333	2008	1995	0,05 к W	16,2W	322	+1,1
24	127,1	2010	1995	0,03 к E	0,8W	128,6	-2,3
25	358,6	2008	1988	0,01 к W	9,4W	357,2	-1,5
26	203,7	2005	2001	0,01 к E	5,1W	201,5	+0,7
27	42,3	2006	1998	0,01 к E	15,7E	57,4	+0,3
28	314,9	2012	2000	0,01 к E	3,7E	321,6	+2
29	358,6	2008	1988	0,01 к W	9,4W	359,4	-1,3
30	111,4	2007	1980	0,03 к W	1,2E	113	+1
31	58,5	2008	1997	0,03 к E	0,9W	60,1	-4
32	164	2007	2000	0,01 к W	4,5W	165,5	+0,6
33	97,4	2007	2000	0,04 к W	18,6W	76,4	-0,5
34	183,5	2012	1996	0,02 к E	3,8W	180,8	-0,3
35	153,4	2005	1985	0,02 к W	3,1E	158,7	-0,8
36	8,1	2008	1998	0,03 кW	9,6W	359,5	-1,2
37	359,2	2008	1983	0,02 к W	2,8E	359,8	+3,2
38	94,2	2009	1981	0,02 к W	2,7E	95,6	-0,9
39	98,3	2008	1999	0,03 к W	0,2E	101,3	-2,5
40	228,7	2003	1980	0,01 к E	8,7E	236,5	-1,5
41	42,3	2006	1998	0,01 к E	15,7E	56,8	+1,3
42	141,5	2005	1993	0,01 E	10,7E	148,4	-3,9
43	217,2	2011	1987	0,01 к E	7,2E	226,7	-5
44	358,6	2008	1988	0,01 к W	9,4W	359,4	-1,3
45	56,4	2004	1995	0,01 к E	10W	44	+0,4
46	42,3	2006	1998	0,01 к E	15,7E	57,4	+0,3
47	164	2007	2000	0,01 к W	4,5W	165,5	+0,6
48	127,1	2010	1995	0,03 к E	0,8W	128,6	-2,3
49	333	2008	1995	0,05 к W	16,2W	322	+1,1
50	8,1	2008	1998	0,03 кW	9,6W	359,5	-1,2
51	203,7	2005	2001	0,01 к E	5,1W	201,5	+0,7
52	97,4	2007	2000	0,04 к W	18,6W	76,4	-0,5
53	153,4	2005	1985	0,02 к W	3,1E	158,7	-0,8
54	183,5	2012	1996	0,02 к E	3,8W	180,8	-0,3
55	141,5	2005	1993	0,01 E	10,7E	148,4	+6

Вариант	КК°	$N_{ПЛ}$	N_K	Δd°	d_K°	ГКК°	ΔGK°
56	314,9	2012	2000	0,01 к E	3,7E	321,6	+ 2
57	359,2	2008	1983	0,02 к W	2,8E	359,8	+ 3,2
58	98,3	2008	1999	0,03 к W	0,2E	101,3	- 2,5
59	111,4	2007	1980	0,03 к W	1,2E	115	+ 1
60	228,7	2003	1980	0,01 к E	8,7E	233,5	- 1,5
61	36,5	2005	1995	0,04 к W	0,1E	34,8	+ 0,8
62	153,4	2005	1985	0,02 к W	3,1E	157,8	- 0,7
63	58,5	2008	1997	0,03 к E	0,9W	60,1	+ 0,4
64	141,5	2005	1993	0,01 E	10,7E	148,4	- 3,9
65	273,8	2008	1993	0,02 к E	9,5W	270	- 3
66	58,5	2008	1997	0,03 к E	0,9W	60,1	- 4
67	278,8	2010	1999	0,02 к W	12,8W	263,7	+ 0,9
68	358,6	2008	1988	0,01 к W	9,4W	357,2	- 1,5
69	141,5	2005	1993	0,01 E	10,7E	148,4	+ 6
70	358,6	2008	1988	0,01 к W	9,4W	359,4	- 1,3
71	42,3	2006	1998	0,01 к E	15,7E	56,8	+ 1,3
72	359,2	2008	1983	0,02 к W	2,8E	358,7	+ 5,1
73	42,3	2006	1998	0,01 к E	15,7E	57,4	+ 0,3
74	203,7	2005	2001	0,01 к E	5,1W	201,5	+ 0,7
75	111,4	2007	1980	0,03 к W	1,2E	113	+ 1
76	228,7	2003	1980	0,01 к E	8,7E	236,5	- 1,5
77	56,4	2004	1995	0,01 к E	10W	44	+ 0,4
78	94,2	2009	1981	0,02 к W	2,7E	95,6	- 0,9
79	98,3	2008	1999	0,03 к W	0,2E	101,3	- 2,5
80	278,8	2010	1999	0,02 к W	12,8W	263,7	+ 0,9
81	127,1	2010	1995	0,03 к E	0,8W	128,6	- 2,3
82	141,5	2005	1993	0,01 E	10,7E	148,4	- 3,9
83	358,6	2008	1988	0,01 к W	9,4W	357,2	- 1,5
84	314,9	2012	2000	0,01 к E	3,7E	321,6	+ 2
85	153,4	2005	1985	0,02 к W	3,1E	158,7	- 0,8
86	359,2	2008	1983	0,02 к W	2,8E	359,8	+ 3,2
87	8,1	2008	1998	0,03 кW	9,6W	359,5	- 1,2
88	58,5	2008	1997	0,03 к E	0,9W	60,1	- 4
89	97,4	2007	2000	0,04 к W	18,6W	76,4	- 0,5
90	358,6	2008	1988	0,01 к W	9,4W	359,4	- 1,3
91	36,5	2005	1995	0,04 к W	0,1E	34,8	+ 0,8
92	273,8	2008	1993	0,02 к E	9,5W	270	- 3
93	111,4	2007	1980	0,03 к W	1,2E	115	+ 1
94	228,7	2003	1980	0,01 к E	8,7E	233,5	- 1,5

Вариант	КК°	$N_{ПЛ}$	N_K	Δd°	d_K°	ГКК°	ΔGK°
95	153,4	2005	1985	0,02 к W	3,1E	157,8	- 0,7
96	58,5	2008	1997	0,03 к E	0,9W	60,1	+ 0,4
97	127,1	2010	1995	0,03 к E	0,8W	128,6	- 2,3
98	42,3	2006	1998	0,01 к E	15,7E	57,4	+ 0,3
99	203,7	2005	2001	0,01 к E	5,1W	201,5	+ 0,7
100	94,2	2009	1981	0,02 к W	2,7E	95,6	- 0,9

Приложение 4

Данные для расчёта поправки к глубине, измеренной эхолотом

$H_Э$ – глубина, измеренная цифровым указателем эхолота НЭЛ-МЗБ, м;
 t – температура воды, °C; S – солёность воды, ‰ .

Вариант	$H_Э$	t	S	Вариант	$H_Э$	t	S
1	4,5	-2	19	33	2,7	+24	35
2	9,3	+6	37	34	1,8	+27	15
3	4,2	+16	7	35	6,7	-1	9
4	3,3	+25	39	36	3	+15	30
5	6,1	0	35	37	2,5	0	9
6	2,9	-1	27	38	1,2	+18	5
7	3,9	+4	31	39	4	-2	5
8	2	+3	7	40	0,5	+10	11
9	1,5	+30	39	41	5	+20	34
10	1,5	+30,5	8	42	5,1	+2	11
11	4,1	+4	18	43	4,1	+4	18
12	3,5	+14	26	44	3,5	+14	26
13	5,1	+2	11	45	3,8	+18	7
14	6,7	-1	9	46	1	+3	3
15	3,8	+18	7	47	2,1	-1	9
16	1	+3	3	48	8,4	+32	39
17	2,7	+24	35	49	4,6	+7	13
18	8	+35	39	50	1,5	+30	39
19	0,8	-2	7	51	1,5	+30,5	8
20	7,3	+28	37	52	2,7	+24	35
21	1,2	+18	5	53	6	+15	40
22	2,1	-1	9	54	1,9	+3	11
23	6,7	+5	39	55	6,7	+5	39
24	0,5	+10	11	56	3,1	-2	5
25	4,6	+7	13	57	0,5	+10	11
26	3,1	-2	5	58	4,9	+2	17
27	1,9	+3	11	59	6,7	-1	9
28	8,4	+32	39	60	1	+3	3
29	5,3	+18	7	61	1,2	+18	5
30	4,9	+2	17	62	2,1	-1	9
31	3,9	+35	38	63	8	+35	39
32	2,3	+20	40	64	7,3	+28	37

Приложение 4

Вариант	H_3	t	S	Вариант	H_3	t	S
65	4,6	+ 7	13	83	4,5	-2	19
66	2,7	+ 24	35	84	9,3	+ 6	37
67	5,1	+ 2	11	85	4,2	+ 16	7
68	3,5	+ 14	26	86	1	+ 3	3
69	4,1	+ 4	18	87	1,2	+ 18	5
70	3,9	+ 4	31	88	0,8	- 2	7
71	2	+ 3	7	89	2,7	+ 24	35
72	1,5	+ 30	39	90	3,8	+ 18	7
73	1,5	+ 30,5	8	91	5,1	+ 2	11
74	0,8	- 2	7	92	3,5	+ 14	26
75	4,6	+ 7	13	93	4,1	+ 4	18
76	3,8	+ 18	7	94	1,5	+ 30,5	8
77	6,7	+ 5	39	95	1,5	+ 30	39
78	8	+ 35	39	96	2	+ 3	7
79	7,3	+ 28	37	97	3,9	+ 4	31
80	3,1	- 2	5	98	2,9	- 1	27
81	6,7	+ 5	39	99	6,1	0	35
82	6,7	- 1	9	100	3,3	+ 25	39

Приложение 6

Данные для определения девиации по сравнению с гирокомпасом

№ варианта	Курс судна по магнитному компасу (КК _{ГЛ}), градусы									
	0 N	45 NE	90 E	SE 135	180 S	225 SW	270 W	315 NW	ΔГК	<i>d</i>
Наблюдаемый синхронно отчет курса по репитеру гирокомпаса (ГКК)										
При- м-ер	347,4	34,6	80,3	123,4	168,9	217,1	262,0	307,7	0,5	-9,8
1	9,6	56,1	101,2	146,5	191,6	234,7	277,2	322,3	-0,5	9,2
2	348,3	34,4	79,7	123,8	169,5	216,6	261,7	304,4	0,4	-9,6
3	349,9	37,3	82,7	126,3	171,7	217,5	261,1	304,1	0,6	-8,4
4	350,8	38,0	83,5	127,1	172,0	218,2	262,5	305,8	0,3	-8,2
5	350,9	37,5	83,3	127,8	172,5	217,5	261,7	305,6	0,7	-8,1
6	354,2	36,3	80,7	126,9	172,4	216,6	262,3	309,3	-0,4	7,6
7	354,1	35,8	79,2	125,5	171,1	215,4	261,6	309,3	-0,6	-8,6
8	354,8	35,5	78,7	125,7	171,4	215,1	261,5	310,1	-0,8	-8,5
9	355,8	35,6	78,5	126,0	171,8	215,2	261,9	311,2	-1,0	-8,0
10	356,0	38,6	83,1	128,8	171,0	212,2	259,1	309,6	-1,3	-7,5
11	3,8	53,9	93,8	133,6	183,4	233,1	273,0	313,4	0,2	3,5
12	3,9	49,5	93,9	138,8	184,3	226,9	272,7	317,6	-0,4	3,7
13	5,4	51,3	95,4	140,4	186,4	230,7	272,6	318,4	-0,7	4,1
14	6,3	52,5	96,2	141,3	187,9	232,0	274,0	318,7	-1,0	4,4
15	4,0	50,9	97,1	141,9	186,2	230,5	274,3	318,3	0,3	4,7
16	2,1	50,1	96,6	140,7	184,9	229,7	273,2	316,3	0,7	5,0
17	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3
18	3,8	51,2	96,0	138,3	183,4	231,2	276,4	318,9	-0,1	5,5
19	5,9	50,0	94,5	139,7	184,9	230,0	275,5	321,1	-0,4	5,8
20	7,8	50,7	95,0	145,0	186,2	230,7	276,0	323,2	-0,7	6,0
21	9,8	51,6	95,7	142,3	187,4	231,4	277,9	325,5	-1,0	7,4
22	8,0	52,6	98,4	144,0	188,6	233,4	279,0	324,0	0,2	8,6
23	7,9	52,4	99,0	144,9	189,1	234,0	280,0	324,7	-0,4	8,3
24	358,3	43,6	89,8	135,0	179,9	225,8	271,2	314,8	-0,5	-1,1
25	354,1	38,9	86,1	131,9	176,1	221,7	268,1	311,9	0,5	-3,9
26	357,6	43,0	85,6	129,6	175,6	220,2	263,6	309,6	0,3	-4,9
27	355,6	41,6	82,7	125,7	172,4	217,4	260,1	306,1	-0,3	-7,9
28	354,0	37,2	81,3	127,1	172,4	216,8	262,3	308,9	-0,6	-8,6
29	350,3	36,4	81,0	124,1	169,3	216,8	262,6	305,9	-0,8	-9,5
30	350,1	35,3	80,0	124,3	169,5	215,5	260,8	305,3	-0,2	-9,3
31	2,1	50,1	96,6	140,7	184,9	229,7	273,2	316,3	0,7	5,0
32	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3
33	4,0	50,9	97,1	141,9	186,2	230,5	274,3	318,3	0,3	4,7
34	2,1	50,1	96,6	140,7	184,9	229,7	273,2	316,3	0,7	5,0
35	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3
36	3,8	51,2	96,0	138,3	183,4	231,2	276,4	318,9	-0,1	5,5
37	5,9	50,0	94,5	139,7	184,9	230,0	275,5	321,1	-0,4	5,8
38	7,8	50,7	95,0	145,0	186,2	230,7	276,0	323,2	-0,7	6,0
39	355,8	35,6	78,5	126,0	171,8	215,2	261,9	311,2	-1,0	-8,0

40	356,0	38,6	83,1	128,8	171,0	212,2	259,1	309,6	-1,3	-7,5
41	3,8	53,9	93,8	133,6	183,4	233,1	273,0	313,4	0,2	3,5
42	3,9	49,5	93,9	138,8	184,3	226,9	272,7	317,6	-0,4	3,7
43	355,8	35,6	78,5	126,0	171,8	215,2	261,9	311,2	-1,0	-8,0
44	356,0	38,6	83,1	128,8	171,0	212,2	259,1	309,6	-1,3	-7,5
45	3,8	53,9	93,8	133,6	183,4	233,1	273,0	313,4	0,2	3,5
46	3,9	49,5	93,9	138,8	184,3	226,9	272,7	317,6	-0,4	3,7
47	5,4	51,3	95,4	140,4	186,4	230,7	272,6	318,4	-0,7	4,1
48	6,3	52,5	96,2	141,3	187,9	232,0	274,0	318,7	-1,0	4,4
49	4,0	50,9	97,1	141,9	186,2	230,5	274,3	318,3	0,3	4,7
50	2,1	50,1	96,6	140,7	184,9	229,7	273,2	316,3	0,7	5,0
51	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3
52	3,8	51,2	96,0	138,3	183,4	231,2	276,4	318,9	-0,1	5,5
53	4,0	50,9	97,1	141,9	186,2	230,5	274,3	318,3	0,3	4,7
54	2,1	50,1	96,6	140,7	184,9	229,7	273,2	316,3	0,7	5,0
55	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3
56	3,8	51,2	96,0	138,3	183,4	231,2	276,4	318,9	-0,1	5,5
57	9,8	51,6	95,7	142,3	187,4	231,4	277,9	325,5	-1,0	7,4
58	8,0	52,6	98,4	144,0	188,6	233,4	279,0	324,0	0,2	8,6
59	7,9	52,4	99,0	144,9	189,1	234,0	280,0	324,7	-0,4	8,3
60	358,3	43,6	89,8	135,0	179,9	225,8	271,2	314,8	-0,5	-1,1
61	354,1	38,9	86,1	131,9	176,1	221,7	268,1	311,9	0,5	-3,9
62	357,6	43,0	85,6	129,6	175,6	220,2	263,6	309,6	0,3	-4,9
63	355,6	41,6	82,7	125,7	172,4	217,4	260,1	306,1	-0,3	-7,9
64	354,0	37,2	81,3	127,1	172,4	216,8	262,3	308,9	-0,6	-8,6
65	350,3	36,4	81,0	124,1	169,3	216,8	262,6	305,9	-0,8	-9,5
66	350,1	35,3	80,0	124,3	169,5	215,5	260,8	305,3	-0,2	-9,3
67	2,1	50,1	96,6	140,7	184,9	229,7	273,2	316,3	0,7	5,0
68	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3
69	355,8	35,6	78,5	126,0	171,8	215,2	261,9	311,2	-1,0	-8,0
70	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3
71	3,8	51,2	96,0	138,3	183,4	231,2	276,4	318,9	-0,1	5,5
72	3,9	49,5	93,9	138,8	184,3	226,9	272,7	317,6	-0,4	3,7
73	5,4	51,3	95,4	140,4	186,4	230,7	272,6	318,4	-0,7	4,1
74	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3
75	3,8	51,2	96,0	138,3	183,4	231,2	276,4	318,9	-0,1	5,5
76	5,9	50,0	94,5	139,7	184,9	230,0	275,5	321,1	-0,4	5,8
77	7,8	50,7	95,0	145,0	186,2	230,7	276,0	323,2	-0,7	6,0
78	355,8	35,6	78,5	126,0	171,8	215,2	261,9	311,2	-1,0	-8,0
79	356,0	38,6	83,1	128,8	171,0	212,2	259,1	309,6	-1,3	-7,5
80	3,8	53,9	93,8	133,6	183,4	233,1	273,0	313,4	0,2	3,5
81	3,9	49,5	93,9	138,8	184,3	226,9	272,7	317,6	-0,4	3,7
82	355,8	35,6	78,5	126,0	171,8	215,2	261,9	311,2	-1,0	-8,0
83	356,0	38,6	83,1	128,8	171,0	212,2	259,1	309,6	-1,3	-7,5
84	3,8	53,9	93,8	133,6	183,4	233,1	273,0	313,4	0,2	3,5
85	3,9	49,5	93,9	138,8	184,3	226,9	272,7	317,6	-0,4	3,7
86	5,4	51,3	95,4	140,4	186,4	230,7	272,6	318,4	-0,7	4,1
87	6,3	52,5	96,2	141,3	187,9	232,0	274,0	318,7	-1,0	4,4
88	4,0	50,9	97,1	141,9	186,2	230,5	274,3	318,3	0,3	4,7
89	2,1	50,1	96,6	140,7	184,9	229,7	273,2	316,3	0,7	5,0
90	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3

91	3,8	51,2	96,0	138,3	183,4	231,2	276,4	318,9	-0,1	5,5
92	4,0	50,9	97,1	141,9	186,2	230,5	274,3	318,3	0,3	4,7
93	2,1	50,1	96,6	140,7	184,9	229,7	273,2	316,3	0,7	5,0
94	1,2	50,1	96,9	140,5	184,6	229,7	272,9	315,3	1,0	5,3
95	3,8	51,2	96,0	138,3	183,4	231,2	276,4	318,9	-0,1	5,5
96	8,0	52,6	98,4	144,0	188,6	233,4	279,0	324,0	0,2	8,6
97	7,9	52,4	99,0	144,9	189,1	234,0	280,0	324,7	-0,4	8,3
98	358,3	43,6	89,8	135,0	179,9	225,8	271,2	314,8	-0,5	-1,1
99	354,1	38,9	86,1	131,9	176,1	221,7	268,1	311,9	0,5	-3,9
100	5,4	51,3	95,4	140,4	186,4	230,7	272,6	318,4	-0,7	4,1

Данные для оценки поправки лага

№ варианта	Начальные координаты		Конечные координаты		рол мили	Δл %
	φ ₁	λ ₁	φ ₂	λ ₂		
1	25°21,1' N	169°36,5' E	25°42,3' N	169°54,6' E	26,1	-3,1
2	00°12,4' N	31°27,8' W	00°28,3' S	31°54,7' W	49,6	-1,0
3	36°38,7' N	144°16,2' E	36°10,6' N	144°41,8' E	36,0	+1,1
4	58°43,3' N	171°14,1' E	58°24,2' N	170°31,9' E	25,5	+3,9
5	45°42,4' S	179°38,7' E	45°21,4' S	179°40,6' W	48,7	+0,7
6	23°30,0' N	58°42,8' W	23°30,0' N	59°34,2' W	47,2	+2,0
7	60°22,5' S	123°37,6' W	59°34,8' S	123°55,4' W	49,5	-2,0
8	49°54,2' N	158°40,4' E	50°49,0' N	158°40,4' E	55,2	+1,8
9	21°12,6' N	00°25,3' W	21°51,1' N	00°16,2' E	54,6	0,0
10	08°21,4' S	59°43,8' W	09°10,6' S	58°43,8' W	48,7	+2,6
11	68°42,5' N	176°29,4' W	68°24,5' N	175°30,8' W	28,7	-1,9
12	65°24,7' N	12°34,2' W	64°52,2' N	12°35,0' W	33,0	-1,0
13	59°14,2' N	179°48,3' W	58°24,4' N	179°36,5' E	52,2	+3,0
14	17°03,8' S	78°31,6' E	17°48,7' S	78°53,0' E	55,9	+1,2
15	25°34,0' N	132°08,0' W	25°30,0' N	132°56,1' W	44,7	-2,8
16	71°18,2' N	00°22,5' E	70°44,6' N	00°32,2' W	38,6	+1,6
17	3°33,2' S	179°50,2' W	3°54,5' S	179°43,5' E	33,6	-1,5
18	19°11,7' S	97°32,1' W	18°31,4' S	97°53,2' W	45,0	+1,0
19	38°36,0' N	57°34,2' W	39°10,6' N	58°12,8' W	38,4	-2,8
20	12°10,6' S	158°46,8' E	12°10,5' S	158°01,5' E	44,3	-0,5
21	50°22,5' S	23°37,0' W	49°34,8' S	23°55,4' W	48,4	+1,4
22	1°17,2' N	100°22,5' E	0°43,5' N	100°32,2' E	35,5	-1,0
23	09°10,4' S	158°43,8' W	08°21,5' S	159°24,0' W	63,2	0,0
24	17°49,0' S	178°53,0' E	17°04,8' S	178°31,6' E	50,5	-2,0
25	00°18,4' S	131°27,8' W	00°22,4' N	131°54,7' W	49,0	-1,5
26	25°42,3' N	169°36,5' E	25°21,1' N	169°54,6' E	26,1	-3,1
27	00°28,3' S	31°27,8' W	00°12,4' N	31°54,7' W	49,6	-1,0
28	36°10,6' N	144°16,2' E	36°38,7' N	144°41,8' E	36,0	+1,1
29	58°24,2' N	171°14,1' E	58°43,3' N	170°31,9' E	25,5	+3,9
30	45°21,4' S	179°38,7' E	45°42,4' S	179°40,6' W	48,7	+0,7
31	23°30,0' N	58°42,8' W	23°30,0' N	59°34,2' W	47,2	+2,0
32	59°34,8' S	123°37,6' W	60°22,5' S	123°55,4' W	49,5	-2,0
33	50°49,0' N	158°40,4' E	49°54,2' N	158°40,4' E	55,2	+1,8
34	21°51,1' N	00°25,3' W	21°12,6' N	00°16,2' E	54,6	0,0
35	09°10,6' S	59°43,8' W	08°21,4' S	58°43,8' W	48,7	+2,6
36	68°24,5' N	176°29,4' W	68°42,5' N	175°30,8' W	28,7	-1,9
37	64°52,2' N	12°34,2' W	65°24,7' N	12°35,0' W	33,0	-1,0
38	58°24,4' N	179°48,3' W	59°14,2' N	179°36,5' E	52,2	+3,0

39	17°48,7' S	78°31,6' E	17°03,8' S	78°53,0' E	55,9	+1,2
40	25°30,0' N	132°08,0' W	25°34,0' N	132°56,1' W	44,7	-2,8
41	70°44,6' N	00°22,5' E	71°18,2' N	00°32,2' W	38,6	+1,6
42	3°54,5' S	179°50,2' W	3°33,2' S	179°43,5' E	33,6	-1,5
43	18°31,4' S	97°32,1' W	19°11,7' S	97°53,2' W	45,0	+1,0
44	39°10,6' N	57°34,2' W	38°36,0' N	58°12,8' W	38,4	-2,8
45	12°10,5' S	158°46,8' E	12°10,6' S	158°01,5' E	44,3	-0,5
46	49°34,8' S	23°37,0' W	50°22,5' S	23°55,4' W	48,4	+1,4
47	0°43,5' N	100°22,5' E	1°17,2' N	100°32,2' E	35,5	-1,0
48	08°21,5' S	158°43,8' W	09°10,4' S	159°24,0' W	63,2	0,0
49	17°04,8' S	178°53,0' E	17°49,0' S	178°31,6' E	50,5	-2,0
50	00°22,4' N	131°27,8' W	00°18,4' S	131°54,7' W	49,0	-1,5
51	25°21,1' N	169°54,6' E	25°42,3' N	169°36,5' E	26,1	-3,1
52	00°12,4' N	31°54,7' W	00°28,3' S	31°27,8' W	49,6	-1,0
53	36°38,7' N	144°41,8' E	36°10,6' N	144°16,2' E	36,0	+1,1
54	58°43,3' N	170°31,9' E	58°24,2' N	171°14,1' E	25,5	+3,9
55	45°42,4' S	179°40,6' W	45°21,4' S	179°38,7' E	48,7	+0,7
56	23°30,0' N	59°34,2' W	23°30,0' N	58°42,8' W	47,2	+2,0
57	60°22,5' S	123°55,4' W	59°34,8' S	123°37,6' W	49,5	-2,0
58	49°54,2' N	158°40,4' E	50°49,0' N	158°40,4' E	55,2	+1,8
59	21°12,6' N	00°16,2' E	21°51,1' N	00°25,3' W	54,6	0,0
60	08°21,4' S	58°43,8' W	09°10,6' S	59°43,8' W	48,7	+2,6
61	68°42,5' N	175°30,8' W	68°24,5' N	176°29,4' W	28,7	-1,9
62	65°24,7' N	12°35,0' W	64°52,2' N	12°34,2' W	33,0	-1,0
63	59°14,2' N	179°36,5' E	58°24,4' N	179°48,3' W	52,2	+3,0
64	17°03,8' S	78°53,0' E	17°48,7' S	78°31,6' E	55,9	+1,2
65	25°34,0' N	132°56,1' W	25°30,0' N	132°08,0' W	44,7	-2,8
66	71°18,2' N	00°32,2' W	70°44,6' N	00°22,5' E	38,6	+1,6
67	3°33,2' S	179°43,5' E	3°54,5' S	179°50,2' W	33,6	-1,5
68	19°11,7' S	97°53,2' W	18°31,4' S	97°32,1' W	45,0	+1,0
69	38°36,0' N	58°12,8' W	39°10,6' N	57°34,2' W	38,4	-2,8
70	12°10,6' S	158°01,5' E	12°10,5' S	158°46,8' E	44,3	-0,5
71	50°22,5' S	23°55,4' W	49°34,8' S	23°37,0' W	48,4	+1,4
72	1°17,2' N	100°32,2' E	0°43,5' N	100°22,5' E	35,5	-1,0
73	09°10,4' S	159°24,0' W	08°21,5' S	158°43,8' W	63,2	0,0
74	17°49,0' S	178°31,6' E	17°04,8' S	178°53,0' E	50,5	-2,0
75	00°18,4' S	131°54,7' W	00°22,4' N	131°27,8' W	49,0	-1,5
76	25°42,3' N	169°36,5' E	25°21,1' N	169°54,6' E	26,1	-3,1
77	00°28,3' S	31°27,8' W	00°12,4' N	31°54,7' W	49,6	-1,0
78	36°10,6' N	144°16,2' E	36°38,7' N	144°41,8' E	36,0	+1,1
79	58°24,2' N	171°14,1' E	58°43,3' N	170°31,9' E	25,5	+3,9
80	45°21,4' S	179°38,7' E	45°42,4' S	179°40,6' W	48,7	+0,7
81	23°30,0' N	58°42,8' W	23°30,0' N	59°34,2' W	47,2	+2,0
82	59°34,8' S	123°37,6' W	60°22,5' S	123°55,4' W	49,5	-2,0
83	50°49,0' N	158°40,4' E	49°54,2' N	158°40,4' E	55,2	+1,8
84	21°51,1' N	00°25,3' W	21°12,6' N	00°16,2' E	54,6	0,0

85	09°10,6' S	59°43,8' W	08°21,4' S	58°43,8' W	48,7	+2,6
86	68°24,5' N	176°29,4' W	68°42,5' N	175°30,8' W	28,7	-1,9
87	64°52,2' N	12°34,2' W	65°24,7' N	12°35,0' W	33,0	-1,0
88	58°24,4' N	179°48,3' W	59°14,2' N	179°36,5' E	52,2	+3,0
89	17°48,7' S	78°31,6' E	17°03,8' S	78°53,0' E	55,9	+1,2
90	25°30,0' N	132°08,0' W	25°34,0' N	132°56,1' W	44,7	-2,8
91	70°44,6' N	00°22,5' E	71°18,2' N	00°32,2' W	38,6	+1,6
92	3°54,5' S	179°50,2' W	3°33,2' S	179°43,5' E	33,6	-1,5
93	18°31,4' S	97°32,1' W	19°11,7' S	97°53,2' W	45,0	+1,0
94	39°10,6' N	57°34,2' W	38°36,0' N	58°12,8' W	38,4	-2,8
95	12°10,5' S	158°46,8' E	12°10,6' S	158°01,5' E	44,3	-0,5
96	49°34,8' S	23°37,0' W	50°22,5' S	23°55,4' W	48,4	+1,4
97	0°43,5' N	100°22,5' E	1°17,2' N	100°32,2' E	35,5	-1,0
98	08°21,5' S	158°43,8' W	09°10,4' S	159°24,0' W	63,2	0,0
99	17°04,8' S	178°53,0' E	17°49,0' S	178°31,6' E	57,5	-2,0
100	00°22,4' N	131°27,8' W	00°18,4' S	131°54,7' W	49,0	-1,5

Требования к оформлению пояснительной записки

Текстовая часть пояснительной записки оформляется на бумажном носителе формата А4 (210 x 297 мм), выполненном на принтере однотонным чёрным цветом. Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями стандарта предприятия “Общие требования к оформлению текстовых и графических работ курсантов и студентов” (СТП 03-2004).

Пояснительная записка должна иметь стандартный титульный лист (см. следующую страницу), содержание, описание основных разделов и список использованной литературы.

Пояснительная записка должна включать шесть разделов, озаглавленных так, как это сделано в данном учебном пособии. Каждый раздел начинается с короткой вводной части. В ней курсант кратко описывает необходимость решения задачи данного раздела, требования нормативных документов и правила хорошей морской практики, подробно описывает порядок решения задачи по своему варианту с представлением промежуточных и окончательных результатов. Заканчивается каждый раздел обоснованными выводами. Здесь необходимо помнить, что главная цель выполнения курсовой работы заключается в формировании правильного инженерного мышления при анализе полученных в результате расчётов результатов. Объём курсовой работы должен быть в пределах 25 – 30 страниц. Поощряется использование других нормативных документов отечественных и зарубежных судовладельческих компаний, регламентирующих порядок штурманской эксплуатации технических средств судовождения.

Позиция №
в плане издания
учебно-
методической
литературы МГУ
на 2008г.

Рецензенты

Завьялов Виктор Валентинович, Комаровский Юрий Александрович, Полковников Владимир Филиппович, Саранчин Александр Иванович.

Кафедра «Технические средства судовождения»

Оценка эксплуатационных характеристик и точности навигационных параметров технических средств судовождения.
Учебное пособие по выполнению курсовой работы

Печатается в авторской редакции

Уч.-изд.л.
х 84/16
Тираж
№

экз.

Формат 60

Заказ

Отпечатано в типографии ИПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского
Владивосток ,59, ул. Верхнепортовая ,50 а