

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Судовождение и безопасность судоходства»

МАГНИТНЫЕ КОМПАСЫ

Методические указания
к практическим занятиям
по дисциплине «Технические средства судовождения».
Раздел «Магнитные компасы»

Севастополь
СевГУ
2019

УДК 629.5.05(076)
ББК 39.471-5я73
М44

Р е ц е н з е н т:

Е.В. Гембатов – капитан судоходной компании “Briese Schifffahrts GmbH & Co.”

Ответственный за выпуск:

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

Составители: С.А. Подпорин, А.Ю. Рассохин, Л.В. Аркин, В.Г. Ткаченко

М44 Магнитные компасы: метод. указания к практическим занятиям по дисциплине «Технические средства судовождения». Раздел «Магнитные компасы» для студентов специальности 26.05.05 Судовождение очной и заочной форм обучения / сост. С.А. Подпорин, А.Ю. Рассохин, Л.В. Аркин, В.Г. Ткаченко. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 39 с.: ил.

Целью методических указаний является оказание студентам необходимой методической помощи при подготовке к практическим занятиям по дисциплине «Технические средства судовождения (раздел «Магнитные компасы»).

УДК 629.5.05(076)
ББК 39.471-5я73

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

СОДЕРЖАНИЕ

ПЗ-1	Устройство и принцип работы магнитного компаса	4
ПЗ-2	Настройка магнитного компаса. Проведение девиационных работ	11
ПЗ-3	Определение остаточной девиации магнитного компаса. Построение рабочей таблицы девиации	19
ПЗ-4	Определение и контроль поправки компаса во время рейса. Заполнение журнала поправок компаса	26

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ МАГНИТНОГО КОМПАСА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВО			
Уметь использовать и обслуживать технические средства судовождения, судовых систем связи и оповещения, судовой энергетической установки и вспомогательных механизмов	—	Различать основные элементы МК	Основные элементы и принцип работы магнитного компаса
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
Знать принципы действия магнитных и гироскопических компасов	—	—	Знание устройства и принципа действия магнитного компаса

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по пройденным темам «Магнитное поле Земли. Элементы земного магнетизма» – 10 мин.
2. Основные типы и модели морских магнитных компасов – 10 мин.
3. Изучение устройства котелка и картушки МК – 20 мин.
4. Изучение устройства нактоуза и девиационного прибора – 20 мин.
5. Изучение принципа действия МК – 20 мин.
6. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Морской магнитный компас класса А на высоком нактоузе (рис. 1.1).
2. Морской магнитный компас класса А на низком нактоузе (рис. 1.1).
3. Шлюпочный магнитный компас.
4. Котелок магнитного компаса (рис. 1.2).
5. Картушка магнитного компаса.
6. Набор магнитов девиационного прибора.
7. Пеленгатор.
8. Электронный компас (не морской) для выполнения сличения.
9. Мультимедиа проектор (для показа слайдов по теме занятия).
10. Презентация «Устройство магнитных компасов».

11. Пластиковая или смарт-доска.



Рис. 1.1 – Магнитные компасы КМ-127 (слева) и КМ-100 (справа)



Рис. 1.2 – Котелок магнитного компаса КМ-127

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В соответствии с правилом 19 главы 5 СОЛАС все суда снабжаются магнитными компасами, независимо от наличия на них других навигационных приборов.

В настоящее время на большинстве судов в качестве основного курсоуказателя используется гироскопический компас, а магнитный компас используется в качестве контролирующего и резервного курсоуказателя. Преимущества, из-за которых МК остается обязательным на судах: надежность в работе, простота конструкции, независимость от источников питания.

В зависимости от назначения МК подразделяются на главные (standard compass), путевые (steering compass) и шлюпочные (boat compass). *Главный* магнитный компас является курсоуказателем, по которому определяется курс судна и может определяться место судна с помощью береговых ориентиров. Он устанавливается на верхнем мостике так, чтобы судовые устройства не мешали пеленгованию.

Путевой магнитный компас устанавливается в рулевой рубке. По нему рулевой удерживает заданный курс. Вместо путевого компаса обычно используется репитер гироскопического или главного МК.

В комплект магнитного компаса обязательно входят (рис. 1.3): котелок с картушкой и кардановым кольцом подвеса, пеленгатор, нактоуз с девиационным прибором, магниты и специальное железо, защитный колпак, устройство для оптической передачи курса (смотровая труба, световод), запасной котелок. В современных компасах имеются также: устройство электрической передачи курса (на основе феррозондового датчика), устройство преобразования и трансляции курса, аналоговые и цифровые репитеры.



Рис. 1.3 – Состав комплекта морского магнитного компаса

Морские МК, соответствующие требованиям ИМО к установке на морских судах, на которые распространяется конвенция СОЛАС, называются конвенционными (класс А).

Наиболее популярные модели морских МК класса А имеют размеры нактоуза более 1 метра (класс нактоуза А-1), устанавливаются на верхней открытой палубе или специальном помосте (monkey island), имеют размеры картушки 100-200 мм. Серия отечественных МК носит наименование «КМ-XXX», где XXX – число, соответствующее диаметру картушки в мм. Наиболее популярные модели: КМ-100, КМ-127, КМ-145.

Компас представляет собой котелок, заполненный компасной жидкостью. Внутри котелка помещается картушка компаса на шпильке. Картушка является основной частью компаса, содержащей магнитную систему.

Котелок компаса выполнен в виде герметичного корпуса, заполненного жидкостью (раствор спирта в воде либо иной специальный состав, не замерзающий в широком диапазоне температур), и закрытого сверху и снизу стеклами. Груз в нижней части котелка позволяет сохранить его отвесное положение при качке. Внутри корпуса есть круговой экран, за которым расположен эластичный (воздушный) компенсатор, обеспечивающий компенсацию изменения объема компасной жидкости при изменении температуры. В нижней части корпуса закреплена опора с подпятником, на которую опирается шпилька картушки. Основу картушки составляет магнитная система, которая состоит из шести горизонтальных постоянных магнитов (стрелок). Они закреплены в нижней части картушки, выполненной в виде поплавка, частично компенсирующего вес картушки в компасной жидкости.

Нактоуз сверху закрывается колпаком с вентиляционным грибком и смотровым стеклом. Внутри нактоуза расположены: девиационный прибор для компенсации полукруговой и креновой девиации, а также дополнительные вертикальные креновые магниты. Вдоль всего нактоуза проходит вертикальная труба оптической передачи. В девиационном приборе находятся на специальных каретках или в пеналах находятся магниты-уничтожители: продольные – для компенсации силы В, поперечные – для компенсации силы С и вертикальные — для компенсации вертикальной силы Z, создающей креновую девиацию. Снаружи нактоуза, в его верхней части, закреплены компенсаторы четвертной девиации (стержни или пластины) из мягкого железа.

Принцип действия магнитного компаса основан на свойстве свободно подвешенной магнитной стрелки. Магнитное поле стрелки, взаимодействуя с магнитным полем Земли, устанавливает стрелку в направлении магнитных силовых линий Земли.

В средних магнитных широтах направляющий магнитный момент земного поля достаточно мал, что ставит задачу сведения до минимума трения в подвесе компасной стрелки. При наличии трения компасная стрелка установится к меридиану под некоторым углом – углом застоя Q. Угол застоя зависит и от напряженности поля, т. е. будет величиной переменной в разных магнитных широтах.

В целях уменьшения угла застоя в МК принимают следующие меры: увеличивают магнитный момент стрелки посредством использования магнитных сплавов, обладающих большой намагниченностью и большой коэрцитивной силой; уменьшают момент трения в подвесе катушки путем использования комбинированного подвеса стрелки (опоры в форме тонкого стержня из твердого сплава и применения компасной жидкости, которая уменьшает давление стрелки на опору, а, следовательно, и Q , в 25 раз и более).

Для обеспечения работы МК в интегрированных навигационных системах он должен выдавать данные о магнитном курсе в цифровом виде. С целью преобразования магнитного поля и угла поворота катушки в электрический сигнал применяются феррозондовые датчики, которые устанавливаются непосредственно над или под катушкой (рис. 1.4).

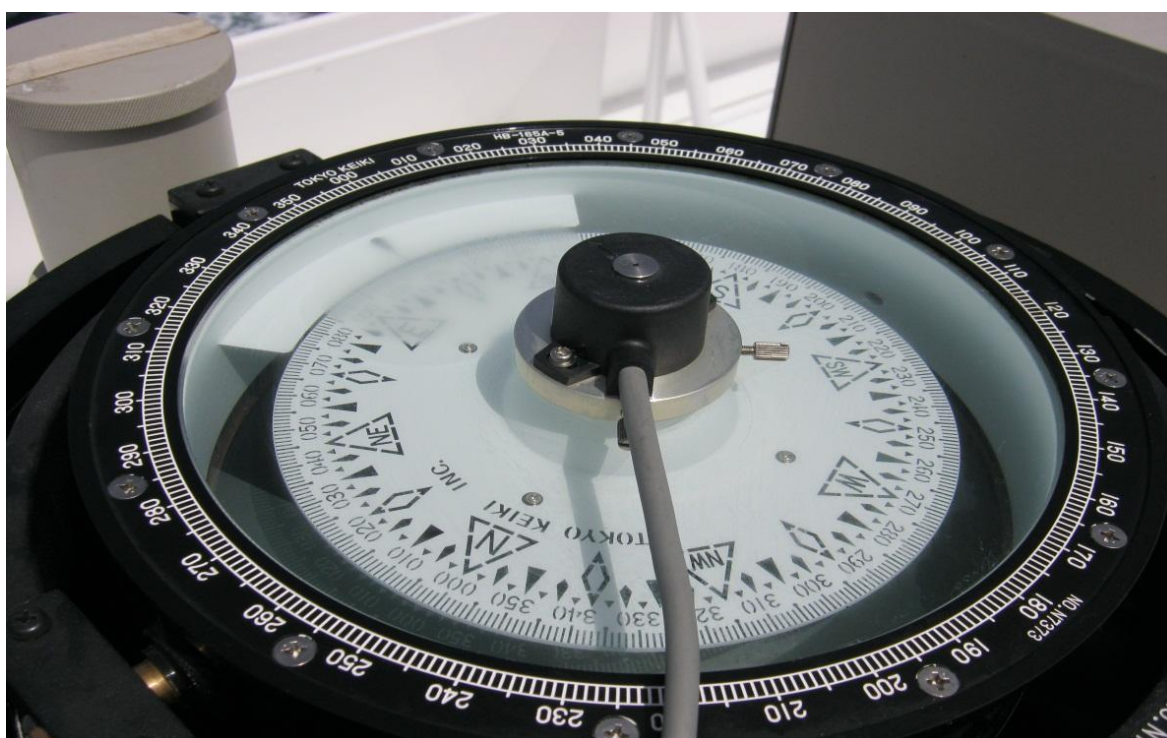


Рис. 1.4 – Феррозондовый датчик на МК SH-165A (Tokyo Keiki)

Основные модели МК включают «КМ-145» и УКПМ-М (Россия, Катав-Ивановский приборостроительный завод), “Reflecta” (Raytheon Marine, Германия), “Jupiter” (Sperry Marine, США), SH-165A (Tokyo Keiki, Япония), Saura 165 (Saura Keiki, Япония), МК-2000 (Lillie & Gilly, Великобритания) и др. (рис. 1.5). Современные модели имеют точность в пределах $0,5^\circ$ (после учета поправки на склонение и девиации) и скорость отработки следящей системы до $6^\circ/\text{с}$.



Рис. 1.5 – Наиболее популярные модели морских магнитных компасов

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Дать определение и продемонстрировать основные элементы МК на русском и английском языках на примере имеющихся в лаборатории компасов разных типов.
2. Снять крышку МК, извлечь котелок, изучить его устройство.
3. Изучить устройство картушки и магнитной системы.
4. Открыть крышку нактоуза, изучить его внутреннее устройство, в том числе девиационный прибор с магнитами.
5. Проверить влияние перемещения магнитов в девиационном приборе на показания МК.
6. Сравнить показания МК с показаниями электронного компаса, сделать сравнение и определить девиацию МК.
7. Подвергнуть магнитный компас внешним воздействиям (качке, резким поворотам), продемонстрировать свойства картушки в компасной жидкости.
8. Продемонстрировать установку и использование визуального пеленгатора.
9. Продемонстрировать влияние металлических (в том числе с ярко выраженными магнитными свойствами) объектов на показания МК.
10. Ознакомиться с мерами по обслуживанию МК во время повседневной эксплуатации, в том числе по удалению воздушных пузырей из котелка.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что обозначает число в названии модели российских МК серии "KM"?
2. Назовите основные типы магнитных компасов?
3. Где устанавливается главный магнитный компас? Почему?
4. Where is the main magnetic compass usually mounted on marine vessels?

5. В чем отличия конвенционных морских МК от обычных МК?
6. Назовите основные элементы МК и их предназначение.
7. Поясните принцип поиска севера в МК.
8. В чем основное преимущество МК над другими типами компасов?
9. Каковы недостатки магнитных компасов на судне?
10. What is the main benefit of the magnetic compass compared to other types of marine heading sensors?
11. What is the main drawback of the magnetic compass compared to other types of marine heading sensors?
12. What is the English equivalent for the Russian "нактоуз"?
13. What is the English equivalent for the Russian "картушка"?
14. Which part of a marine magnetic compass serves as its sensitive element?
15. Which part of the magnetic compass is used for housing the compass card?
16. Как устроен девиационный прибор? Для чего он используется?
17. Что такое «четвертные сферы/пластины»? Для чего они используются?
18. Что такое «флиндерсбар»? Как он выглядит и для чего используется?
19. Какие способы дистанционной передачи курса с МК используются? Что такое «перископ»?
20. Как называется угол, на который картушка МК не доходит до магнитного меридиана вследствие трения в подвесе?
21. Какие меры по уменьшению угла застоя принимаются в МК?
22. Сколько пар магнитных стрелок находится в картушке КМ-127/145?
23. С помощью какого устройства снимается электрический сигнал с магнитного компаса для дальнейшей передачи на репитеры?
24. Для чего используется компасная жидкость в котелке МК?
25. Что может входить в состав компасной жидкости МК?
26. Which sensor is used for electrical transmission of magnetic compass readings?
27. How many magnetic needles are used in КМ-145 magnetic compass card?
28. Из каких материалов выполняют корпуса современных МК? Почему?
29. Какую скорость отслеживания курса обеспечивают современные МК?
30. Назовите основные модели современных МК.

5. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Чапчай П.А. Электронавигационные приборы: учебное пособие / П.А. Чапчай. – 2-е изд. – Одесса: ОНМА, 2012. – 161 с.
2. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.
3. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения: учебник / Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.В. Сизов. – С-Пб.: Элмор, 2015. – 656 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2.

НАСТРОЙКА МАГНИТНОГО КОМПАСА. ПРОВЕДЕНИЕ ДЕВИАЦИОННЫХ РАБОТ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВО			
Уметь использовать и обслуживать технические средства судовождения, судовых систем связи и оповещения, судовой энергетической установки и вспомогательных механизмов	—	Выполнять девиационные работы на судне	Последовательность выполнения девиационных работ при настройке магнитного компаса
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
Знать принципы действия магнитных и гироскопических компасов	—	—	Принципы настройки магнитного компаса и уничтожения девиации

Объем: 2 или 4 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по пройденным темам «Магнитное поле судна», «Судовые магнитные силы», «Устройство магнитного компаса» – 5–10 мин.
2. Объяснение уничтожения девиации способом Эйри – 10–20 мин.
3. Объяснение уничтожения девиации способом Колонга – 10–20 мин.
4. Демонстрация уничтожения девиации способом Эйри – 20–40 мин.
5. Самостоятельная работа обучающихся – уничтожение девиации способом Эйри – 20–40 мин.
6. Демонстрация работы дефлектора Колонга – 10–20 мин.
7. Демонстрация работы судового инклинатора. Измерение вертикальной составляющей магнитного поля – 15–30 мин.
8. Подведение итогов занятия – 5–10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Морской магнитный компас класса А (рис. 2.1).
2. Устойчивая подставка под магнитный компас с возможностью поворота и закрепления на ней магнитов, имитирующих влияние судового железа.
3. Набор магнитов и мягкого железа.

4. Инclinатор.
5. Дефлектор.
6. Пеленгатор.
7. Электронный компас (не морской) для выполнения сличения.
8. Мультимедиа проектор (для показа слайдов по теме занятия).
9. Презентация «Настройка магнитных компасов».
10. Пластиковая или смарт-доска.



Рис. 2.1 – Магнитный компас КМ-100

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Общие принципы настройки компаса

На морских судах (в отличие от пластиковых и деревянных яхт), выполненных из судовой стали, необходимо принимать меры для уменьшения влияния судового железа на магнитный компас, т.е. проводить уничтожение девиации путем применения компенсаторов «вредных» магнитных сил A, B, C, D, E . Данная процедура известна как «настройка компаса» или “compass adjustment”. Обычно она проводится 1 раз в несколько лет (в среднем от 1 до 3), а также по мере необходимости, если значения девиации на любом курсе превышает допустимое значение 5° . Занимаются этим, как правило, приглашенные специалисты – девиаторы. Иногда может понадобиться «подуничтожить» девиацию силами экипажа, в связи с чем штурманский состав должен ориентироваться в основных принципах и процедурах настройки компаса.

Если силы, создающие девиацию, соизмеримы с направляющей силой λH (магнитное поле Земли), девиация имеет большую величину (десятки градусов). Пользоваться компасом при этом практически невозможно.

Из всех сил самой малой является A . Она создает девиацию обычно не превышающую 1° . Ее не компенсируют, а учитывают как общую поправку компаса.

Для того чтобы скомпенсировать магнитную силу, необходимо приложить к картушке компаса противоположно направленное воздействие. Это достигается применением соответствующих компенсаторов. При уничтожении девиации руководствуются следующим правилом: силы, происходящие от твердого судового железа, нужно компенсировать с помощью постоянных магнитов, а силы от индуктивного магнетизма мягкого судового железа – с помощью элементов из мягкого ферромагнитного материала. Правильная установка компенсаторов – это и есть та задача, которая решается при настройке компаса.

Виды девиации, компенсация которых предусмотрена в современных МК торговых судов:

1. Полукруговая девиация. Требуется компенсации сил B и C , возникающих под влиянием всего твердого и вертикального мягкого судового железа. Уничтожается с помощью продольных и поперечных постоянных магнитов-уничтожителей, находящихся в нактоузе МК (для твердого железа). Влияние мягкого железа при изменении магнитной широты также меняется. Для компенсации возникающего широтного дрейфа в современных МК используется вертикальный стержень из мягкого железа – широтный компенсатор – флиндерсбар.

2. Четвертная девиация. Требуется компенсации сил D и E , возникающих под влиянием мягкого горизонтального судового железа. Уничтожается с помощью компенсаторов четвертной девиации (в современных МК – наборы пластин, в старых (или более дешевых) – бруски или шары из мягкого ферромагнитного материала, устанавливаемых снаружи нактоуза, в его верхней части).

3. Креновая девиация. Возникает при крене/дифференте судна, когда на положение компасного меридиана начинает влиять составляющая Z МП Земли. Устраняется с помощью кренового вертикального магнита, размещаемого внутри нактоуза.

Четвертная девиация, как правило, более стабильна, чем полукруговая. Поэтому уничтожение четвертной девиации выполняют, как правило, один раз – сразу после постройки судна. В дальнейшем остаточная четвертная девиация практически не претерпевает заметных изменений, и коэффициенты D и E , доведенные до минимальных значений, сохраняют свои величины, близкие к нулю, в течение многих лет.

Совсем иначе обстоит дело с полукруговой девиацией. Она изменяется под влиянием внешних воздействий: удары корпуса при швартовке, касании грунта, пожарах, ремонтных и сварочных работах и т.п. Контроль коэффициентов B и C (а при необходимости и повторные девиационные работы) требуется проводить регулярно.

Установка всех компенсаторов для уничтожения четвертной, полукруговой, креновой и широтной девиации выполняется в соответствии с требованиями ИМО (Международной морской организации) по вопросам судовождения (Резолюция А. 382(10) от 14 ноября 1977 г.).

2.2 Уничтожение полукруговой девиации

Наибольшее применение получили два основных способа — способ Эйри и способ Колонга. При выполнении обоих способов задача заключается в том, чтобы свести к минимуму влияние судовых сил B и C . Оба способа требуют последовательного направления судна на 4 курса N , S , E , W . Способ Эйри основан на наблюдении девиации как разности между магнитным (заданным) и компасным (наблюдаемым по картушке) курсами судна.

В основу способа Колонга положено измерение магнитных сил, действующих на компас, с помощью специального магнитометра — дефлектора, позволяющего измерять индукцию магнитного поля в центре картушки МК.

2.3 Способ Эйри

Способ Эйри выполняется на четырех главных магнитных курсах N , S , E , W . Задача состоит в том, чтобы в результате наблюдений найти такое положение для магнитов-уничтожителей, при котором продольные магниты будут компенсировать силу $B\lambda H$, а поперечные — $C\lambda H$. При этом другие силы ($A\lambda H$, $D\lambda H$, $E\lambda H$) должны оставаться неизменными, с их первоначальными значениями. Сущность способа Эйри можно пояснить при помощи многоугольника сил. На рис. 2.2 показаны силы, действующие на компас, когда судно идет магнитным курсом N (0°). Силы λH , $D\lambda H$, $B\lambda H$ направлены по магнитному меридиану N_M и девиации не создают. Силы $A\lambda H$, $E\lambda H$, $C\lambda H$, направленные поперек меридиана, образуют девиацию δ_N . Силу $C\lambda H$ надо скомпенсировать поперечными магнитами-уничтожителями, а силы $A\lambda H$ и $E\lambda H$ при этом должны остаться нетронутыми, т.е. необходимо наблюдаемую девиацию δ_N ликвидировать не полностью, а только уменьшить ее на величину δ_N^0 , которая создается силой $C\lambda H$. Но величина δ_N^0 неизвестна, по картушке виден полный угол девиации δ_N . Поэтому поступают следующим образом: поперечными магнитами-уничтожителями создают силу F_N , которая полностью компенсирует сумму сил $(A\lambda H + E\lambda H + C\lambda H)$; при этом наблюдаемая по картушке девиация δ_N доводится до нуля. Компенсирующую силу F_N представляют в виде двух частей: $F_N = f_1 + f_2$, причем

$$|f_1| = C\lambda H, \quad |f_2| = A\lambda H + E\lambda H.$$

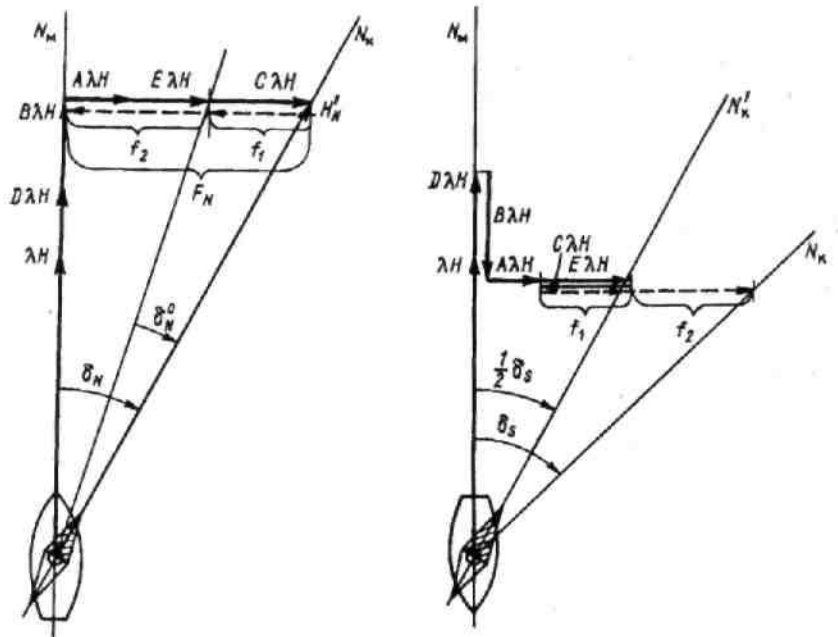


Рис. 2.2 – Уничтожение девиации способом Эйри

Поэтому поступают следующим образом: поперечными магнитами-уничтожителями создают силу F_N , которая полностью компенсирует сумму сил $(A\lambda H + E\lambda H + C\lambda H)$; при этом наблюдаемая по картушке девиация δ_N доводится до нуля. Компенсирующую силу F_N представляют в виде двух частей: $F_N = f_1 + f_2$, причем

Силы $A\lambda H$ и $E\lambda H$ компенсации не подлежат, но оказались скомпенсированными, поэтому их необходимо восстановить. Для этого судно направляют на магнитный курс S (180°) Многоугольник сил для этого курса представлен на рис. 2.2 (справа). Сила $C\lambda H$ остается скомпенсированной частью f_1 , но другая часть $-f_2$ на курсе направлена в ту же сторону, что и силы $A\lambda H$ и $E\lambda H$. Это значит, что наблюдаемая девиация δ_S образуется суммой сил $A\lambda H + E\lambda H + f_2$. Так как

$$|f_2| = A\lambda H + E\lambda H,$$

можно считать, что девиация δ_S создается как бы удвоенной силой $2(A\lambda H + E\lambda H)$. Поэтому уменьшение девиации δ_S в два раза, т.е. доведение наблюдаемой на курсе S девиации δ_S до величины $\frac{1}{2} \cdot \delta_S$ путем перемещения поперечных магнитов-уничтожителей, будет обозначать ликвидацию «лишней» части f_2 . При этом сила $C\lambda H$ будет скомпенсирована за счет действия f_1 , и эта компенсация будет оставаться на любом курсе судна.

Итак, для того чтобы скомпенсировать силу $C\lambda H$, необходимо:

- лечь на магнитный курс N (0°) и при помощи поперечных магнитов-уничтожителей довести наблюдаемую на этом курсе девиацию δ_N до нуля;
- лечь на магнитный курс S(180°) и при помощи тех же поперечных магнитов-уничтожителей довести появившуюся на этом курсе девиацию δ_S до половинного значения ($\frac{1}{2} \cdot \delta_S$).

Для компенсации силы $B\lambda H$ необходимо выполнить аналогичные действия на двух других магнитных курсах:

- лечь на магнитный курс E (90°) и при помощи поперечных магнитов-уничтожителей довести наблюдаемую на этом курсе девиацию δ_E до нуля;
- лечь на магнитный курс W(270°) и при помощи тех же поперечных магнитов-уничтожителей довести появившуюся на этом курсе девиацию δ_W до половинного значения ($\frac{1}{2} \cdot \delta_W$).

Сила $B\lambda H$ будет скомпенсирована. В итоге полукруговая девиация уничтожена.

Достоинство способа Эйри — простота выполнения: не требуется никаких дополнительных приборов. Недостаток — это сложность приведения судна на заданные магнитные курсы N, S, E, W. Непосредственно по картушке магнитного компаса сделать это невозможно. Чтобы лечь на заданный МК, применяют методы:

- 1) приведения судна на заданный магнитный курс по курсовому углу створа (или отдаленного предмета), магнитное направление которого известно;
- 2) задания курса по гирокомпасу с учетом магнитного склонения: $ГК = МК + d$, $\Delta GK \approx МК + d$. При выполнении способа Эйри с применением гирокомпаса необходимо учитывать одно обстоятельство: при маневрировании судна у гирокомпаса возникает инерционная погрешность, которая имеет переменный (периодический), медленно затухающий характер. Величина этой погрешности в высоких широтах может достигать нескольких градусов. Для уменьшения инерционных погрешностей рекомендуется выполнять способ Эйри на малых ходах.

2.3 Способ Колонга

Способ Колонга основан на измерении результирующих магнитных сил H'_N , H'_S , H'_E и H'_W на четырех главных компасных курсах и доведении этих сил продольными и поперечными магнитами до таких величин, которые наблюдались бы при отсутствии сил $B\lambda H$ и $C\lambda H$. Способ Колонга менее точный по сравнению со способом Эйри, поскольку использовании этого способа пренебрегают силами $A\lambda H$ и $E\lambda H$, что допустимо для МК, установленного на верхнем мостике.

Сущность способа Колонга можно понять из рассмотрения многоугольника сил. На рис. 2.3 показаны силы, действующие на компас, когда судно идет компасным курсом N (0°). Силы $A\lambda H$ и $E\lambda H$ не учитываются. Рисунок показывает, что если результирующий вектор H'_N действием продольных магнитов-уничтожителей уменьшить и довести до величины H_N^0 , то при этом сила $B\lambda H$ будет компенсирована. (Предполагаемая компенсационная сила f отмечена штриховой линией). Но выполнить такую компенсацию пока нельзя, так как неизвестна величина силы $B\lambda H$. Поэтому на компасном курсе N выполняют только одно действие — измеряют величину результирующего вектора H'_N при помощи специального магнитометра. Этот измерительный прибор, предложенный в свое время Колонгом, позволяет определить индукцию магнитного поля в центре картушки компаса в условных дефлекторных единицах (д.е.). Итак, на компасном курсе N измеряют силу H'_N , затем, сняв дефлектор с компаса, направляют судно на компасный курс S (180°).

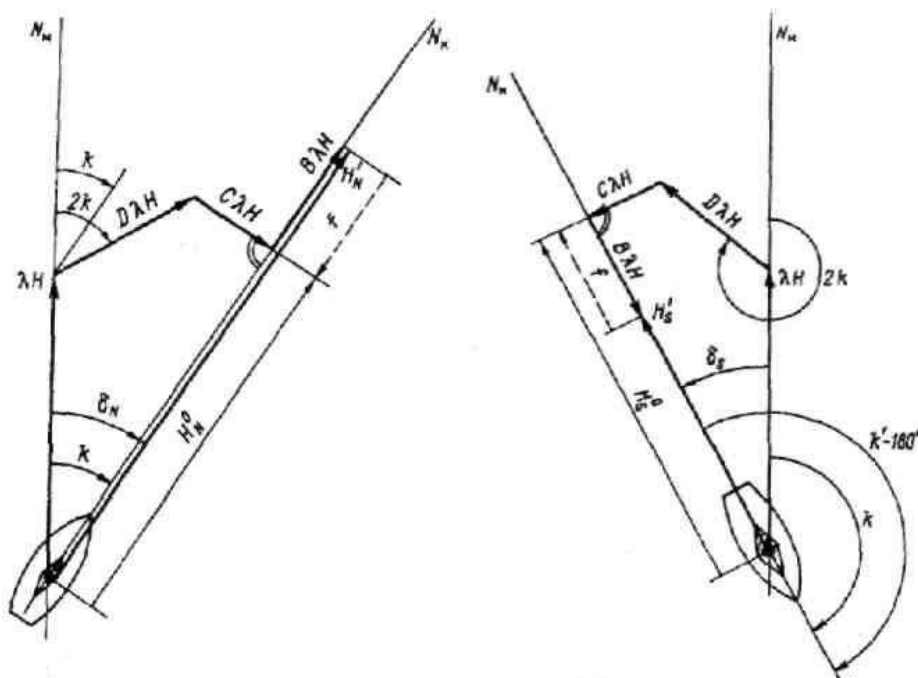


Рис. 2.3 – Уничтожение девиации способом Колонга

На рис. 2.3 (справа) представлен многоугольник сил при $K = 180^\circ$. При отсутствии $A\lambda H$ и $E\lambda H$ девиация δ_S по величине равна δ_N , но обратна по знаку. Фигуры многоугольников зеркально симметричны. Для компенсации силы $B\lambda H$

на курсе S подходит та же компенсационная сила f . (Если бы она существовала, то результирующий вектор H'_S имел бы величину H^0_S).

Анализируя рисунки, находим искомую величину:

$$H^0 = \frac{H'_N + H'_S}{2}.$$

Следовательно, для компенсации силы $B\lambda H$ необходимо:

- 1) направить судно на компасный курс N (непосредственно по картушке компаса) и измерить дефлектором результирующую силу H'_N ;
- 2) направить судно на компасный курс S, измерить силу H'_S и рассчитать сред-

нее значение $H^0_1 = \frac{H'_N + H'_S}{2}$, затем установить продольные магниты-уничтожители в нактоузе так, чтобы измеряемая дефлектором индукция H'_S стала равной величине H^0_1 . При этом судовая сила $B\lambda H$ будет скомпенсирована.

Аналогичным образом можно доказать, что среднее значение

$H^0_2 = \frac{H'_E + H'_W}{2}$ из двух измеренных дефлектором величин H'_E и H'_W не будет зависеть от судовой поперечной силы $C\lambda H$. Следовательно, для компенсации этой силы надо:

- 1) направить судно на компасный курс E (непосредственно по картушке компаса) и измерить дефлектором результирующую силу H'_E ;
- 2) направить судно на компасный курс W, измерить силу H'_W и рассчитать

среднее значение $H^0_2 = \frac{H'_E + H'_W}{2}$, затем установить поперечные магниты-уничтожители в нактоузе так, чтобы измеряемая дефлектором индукция H'_W стала равной величине H^0_2 . При этом судовая сила $C\lambda H$ будет скомпенсирована.

Способ Колонга является автономным, так как при его выполнении не требуются береговые или небесные ориентиры. Он может быть применен также в тех случаях, когда неисправен гирокомпас. В этом, преимущество способа Колонга по сравнению с методом Эйри. К недостаткам способа Колонга можно отнести его меньшую точность, а также необходимость применения дополнительного прибора — дефлектора.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Повторение теоретических основ уничтожения девиации способом Эйри с построением многоугольника сил.
2. Повторение теоретических основ уничтожения девиации способом Колонга с построением многоугольника сил.
3. Демонстрация уничтожения девиации способом Эйри:
 - 3.1 установка компаса на подвижную подставку, имитирующую корпус судна, закрепление к ней постоянных магнитов, вызывающих отклонение картушки от магнитного меридиана;

- 3.2 направление МК на магнитный курс 0 по сличению с электронным компасом, настройка поперечных магнитов;
- 3.3 направление МК на магнитный курс 180° по сличению с электронным компасом, настройка поперечных магнитов;
- 3.4 аналогичные действия с продольными магнитами на курсах 90° и 270° .
- 4. Самостоятельная работа студентов по уничтожению девиации способом Эйри.
- 5. Демонстрация принципа измерения судовых магнитных сил с помощью дефлектора.
- 6. Демонстрация определения вертикальной составляющей магнитного поля с помощью инклинометра. Компенсация креновой девиации.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких единицах измеряется сила магнитного поля?
2. Как компенсируется судовая магнитная сила "А"?
3. Как компенсируется четвертная девиация МК?
4. Какие силы вызывают четвертную девиацию МК?
5. Как компенсируется полукруговая девиация МК?
6. Какие силы вызывают полукруговую девиацию МК?
7. Как компенсируется креновая девиация магнитного компаса?
8. Для уничтожения какой девиации предназначены способы Эйри и Колонга?
9. В чем преимущество способа Эйри над способом Колонга?
10. В чем сложность способа Эйри по сравнению со способом Колонга?
11. В чем основное преимущество способа Колонга над способом Эйри?
12. В чем недостаток способа Колонга по сравнению со способом Эйри?
13. Какой прибор требуется при компенсации девиации магнитного компаса способом Колонга?
14. Для чего предназначен дефлектор?
15. Для чего предназначен судовой инклинометр?
16. Опишите последовательность уничтожения девиации способом Колонга.
17. Опишите последовательность уничтожения девиации способом Эйри.
18. На какой курс по гирокомпасу следует вывести судно, чтобы лечь на заданный магнитный курс?
19. Как называется процесс уничтожения девиации магнитного компаса с помощью специальных компенсаторов?
20. How do you call a qualified person responsible for compensation of a magnetic compass deviation?
21. What is the requirement for residual magnetic deviation values of SOLAS-vessels?
22. What is the D-sphere in magnetic compass used for?
23. What are the B/C-magnets of a marine magnetic compass used for?
24. Where are the B/C-magnets usually located (in marine magnetic compasses)?
25. What is used instead of D-spheres in some models of modern magnetic compasses?

26. Как часто обычно производят уничтожение четвертной девиации?
27. Как часто на сегодняшний день следует обновлять девиационный сертификат для главного магнитного компаса?
28. How often should the deviation card (for the ship's magnetic compass) be updated/renewed?
29. В каких случаях следует проводить внеочередные девиационные работы?
30. Где следует выполнять девиационные работы?

5. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Чапчай П.А. Электронавигационные приборы: учебное пособие / П.А. Чапчай. – 2-е изд. – Одесса: ОНМА, 2012. – 161 с.
2. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.
3. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения: учебник / Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.В. Сизов. – С-Пб.: Элмор, 2015. – 656 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ДЕВИАЦИИ МАГНИТНОГО КОМПАСА. ПОСТРОЕНИЕ РАБОЧЕЙ ТАБЛИЦЫ ДЕВИАЦИИ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВО			
Уметь использовать и обслуживать технические средства судовождения, судовых систем связи и оповещения, судовой энергетической установки и вспомогательных механизмов	—	Определять остаточную девиацию МК на судне. Строить рабочую таблицу и кривую девиации.	Последовательность построения рабочей таблицы и рабочей кривой остаточной девиации.
Способность участвовать в проведении испытаний и определении работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого навигационного оборудования	—	Определять работоспособность магнитного компаса по значению остаточной девиации.	—
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
Уметь определять поправки гиро- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и наземных ориентиров и учитывать эти поправки	—	Определять девиацию магнитного компаса методом сличения.	—

Объем: 2 или 4 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по пройденным темам «Магнитное поле судна», «Настройка магнитного компаса. Выполнение девиационных работ», «Способы определения поправки компаса» – 10 мин.
2. Выполнение сличения магнитного компаса с гирокомпасом на 8 основных курсах – 20–40 мин.
3. Определение коэффициентов девиации – 20–40 мин.
4. Построение таблицы девиации – 20–40 мин.
5. Построение кривой девиации – 15–30 мин.
6. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Морской магнитный компас класса А (рис. 3.1).
2. Набор бланковых форм для расчета коэффициентов девиации.
3. Набор листов с координатной сеткой и табличных форм для построения рабочей таблицы и рабочей кривой девиации.
4. Калькуляторы или персональные компьютеры для проведения расчетов.
5. Мультимедиа проектор (для показа слайдов по теме занятия).
6. Презентация для смарт-доски «Построение рабочей таблицы и рабочей кривой девиации».
7. Смарт-доска.



Рис. 3.1 – Магнитный компас КМ-100

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

После уничтожения девиации, т.е. после того, как путем применения компенсаторов она будет доведена до минимальных значений, определяют остаточную девиацию одним из способов:

- по пеленгу створа, истинное направление которого (ИП) указано на навигационной карте: $\delta = ИП - d - МКП$, где d – магнитное склонение, МКП – пеленг, взятый с магнитного компаса;
- по сличению магнитного компаса с гирокомпасом: $\delta = ГКК + \Delta_{ГК} - МКК - d$;
- по пеленгу естественного створа, не обозначенного на карте (transit bearing): $\delta = ИП - d - МКП$;
- по пеленгу небесного светила (астрономический способ применяется в открытом море): $\delta = Az - d - МКП$, где Az – истинный азимут светила.

При любом способе девиация определяется для конкретного (заданного) компасного курса.

При некоторых обстоятельствах, когда в прибрежном плавании нет возможности применить первые три способа, прибегают к методу, основанному на пеленговании естественного створа, не обозначенного на карте. Для этой цели

можно использовать, например, приметные возвышенности, отдельные сооружения и т.п. Этот метод выполняется в следующей последовательности:

- направляют судно поочередно на компасные курсы N, NE, E, SE, S, SW, W, NW и в момент пересечения линии естественного створа выполняют пеленгование. Таким образом получают восемь значений компасных пеленгов ($KП_N$, $KП_{NE}$, ..., $KП_{NW}$);

- рассчитывают среднее арифметическое, которое равняется приближенному значению магнитного пеленга створа:

$$(KП_N, KП_{NE}, \dots, KП_{NW}) / 8 \cong MP.$$

Как правило, остаточная девиация находится из наблюдений на восьми равноотстоящих компасных курсах. Но таблица, в которой есть только 8 значений девиации, не удобна для практического применения, так как в ней большие интервалы (45°). Для получения более «плотной» таблицы остаточной девиации с интервалами 15° или 10° , необходимо в несколько раз увеличить число наблюдений (24 или 36 вместо восьми). Но определение девиации на 24 или 36 компасных курсах значительно увеличивает время и затраты на выполнение девиационных работ. Поэтому для составления рабочей таблицы девиации применяют метод, в котором на основе восьми наблюдений девиаций сначала рассчитывают пять коэффициентов (A, B, C, D, E) и затем, применяя эти коэффициенты, составляют рабочую таблицу остаточной девиации на любое число промежуточных курсов. Все расчеты выполняются по основной формуле девиации:

$$\delta = A + B \sin k' + C \cos k' + D \sin 2k' + E \cos 2k'.$$

Таким образом, составление рабочей таблицы девиации выполняют в три этапа:

- определение остаточной девиации из наблюдений на восьми равноотстоящих компасных курсах;

- вычисление пяти коэффициентов девиации с использованием восьми ее наблюденных величин;

- расчет таблицы $\delta = f(k')$ с интервалом 15° или 10° компасного курса – на основе вычисленных коэффициентов девиации.

Запишем основную формулу для главных и четвертных компасных курсов:

1) Курс N ($k'=0$):

$$\delta_N = A + B \sin 0^\circ + C \cos 0^\circ + D \sin 2 \cdot 0^\circ + E \cos 2 \cdot 0^\circ.$$

$$\delta_N = A + C + E, \text{ аналогично для других курсов:}$$

2) $\delta_{NE} = A + B \sin 45^\circ + C \cos 45^\circ + D.$

3) $\delta_E = A + B - E.$

4) $\delta_{SE} = A + B \sin 135^\circ + C \cos 135^\circ - D.$

5) $\delta_S = A - C + E.$

6) $\delta_{SW} = A + B \sin 225^\circ + C \cos 22^\circ + D.$

7) $\delta_W = A - B + E.$

8) $\delta_{NW} = A + B \sin 315^\circ + C \cos 315^\circ - D.$

Решая данную систему из 8 уравнений с 5 неизвестными, получаем значения коэффициентов девиации. Наличие избыточных уравнений способствует повышению точности. Система решается методом наименьших квадратов.

Складывая все уравнения системы, получим:

$$\delta_N + \delta_{NE} + \dots + \delta_{NW} = 8A, \text{ откуда } A = (\delta_N + \delta_{NE} + \dots + \delta_{NW})/8$$

После преобразований получим формулы для расчета остальных коэффициентов:

$$B = \frac{1}{4}[(\delta_E - \delta_W) + (\delta_{NE} - \delta_{SW}) \sin 45^\circ + (\delta_{SE} - \delta_{NW}) \sin 45^\circ];$$

$$C = \frac{1}{4}[(\delta_N - \delta_S) + (\delta_{NE} - \delta_{SW}) \sin 45^\circ - (\delta_{SE} - \delta_{NW}) \sin 45^\circ];$$

$$D = \frac{1}{4}[(\delta_{NE} + \delta_{SW}) - (\delta_{SE} + \delta_{NW})];$$

$$E = \frac{1}{4}[(\delta_N + \delta_S) - (\delta_E + \delta_W)].$$

После этого по известным коэффициентам находят значение девиации для любого курса и составляют рабочую таблицу. Для удобства вычислений применяют бланковые формы либо специальные компьютерные программы.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Разбор теоретических основ построения таблицы остаточной девиации МК.
2. Разбор примера выполнения сличения, расчета коэффициентов девиации и построения таблицы и кривой остаточной девиации МК у доски.
3. Самостоятельная работа студентов по индивидуальным вариантам (рекомендуется использовать варианты из соответствующего раздела курсовой работы):
 - 3.1 студентам выдаются данные для выполнения сличения МК с гирокомпасом (рис. 3.2), по которым необходимо рассчитать девиацию МК;
 - 3.2 по бланковой форме (рис. 3.3) выполняется расчет коэффициентов девиации;
 - 3.3 по основной формуле девиации рассчитываются значения девиации для курсов с интервалом от 10° до 30° , заполняется таблица (рис. 3.4);
 - 3.4 по табличным данным строится кривая девиации (рис. 3.5). На том же графике строится кривая девиации по точкам, полученным в ходе выполнения сличения в п. 3.1. В случае приемлемого совпадения делается вывод о правильности расчетов.
4. Подводятся итоги занятия, выставляются оценки за самостоятельную работу.

Magnetic compass deviation calculation

DR position: $\varphi = 44^{\circ}20'N$ $\lambda = 33^{\circ}10'E$ $Var = 6^{\circ}E$ $\Delta_{gc} = 1^{\circ}W$

Comparison with gyro compass (during compass adjustment – ship swinging):

Румб	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
МКК	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
ГКК	5°	57°	101.5°	143°	189°	235°	274.5°	315°

Find the DEVIATION on 8 headings:

Румб	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
МКК	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
δ								

Рис. 3.2 – Данные для выполнения сличения магнитного компаса с гирокомпасом

Magnetic compass deviation calculation

Find the deviation coefficients:

МКК	δ	МКК	δ	$\frac{I+II}{2}$	$\frac{I-II}{2}$	k	k*IV	k	k*IV	Верхняя половина графы III	Нижняя половина графы III	$\frac{VII+VIII}{2}$	$\frac{VII-VIII}{2}$
	I		II	III	IV		V		VI	VII	VIII	IX	X
N		S		q1=		0		1		q1=	q3=		E=
NE		SW		q2=		0,71		0,71		q2=	q4=		D=
E		W		q3=		1		0					
SE		NW		q4=		0,71		-0,71					
						$\Sigma=$		$\Sigma=$			$\Sigma=$		
						B= $\Sigma/2=$		C= $\Sigma/2=$			A= $\Sigma/2=$		

исходные данные
 внутренние коэффициенты
 результаты программного расчета
 итоговые значения коэффициентов девиации

Рис. 3.3 – Бланковая форма для расчета коэффициентов девиации магнитного компаса

Magnetic compass deviation calculation

Deviation formula:

$$\delta = A + B \cdot \sin MKK + C \cdot \cos MKK + D \cdot \sin(2MKK) + E \cdot \cos(2MKK).$$

Deviation table:

MKK	δ	MKK	δ
0		180	
10		190	
20		200	
30		210	
40		220	
50		230	
60		240	
70		250	
80		260	
90		270	
100		280	
110		290	
120		300	
130		310	
140		320	
150		330	
160		340	
170		350	

Рис. 3.4 – Основная формула и рабочая таблица девиации магнитного компаса



Рис. 3.5 – Результат построения рабочей кривой девиации магнитного компаса

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Зачем требуется учитывать остаточную девиацию магнитного компаса?
2. Дайте определение девиации МК. Чем она вызвана?
3. Является ли наличие на борту судна рабочей таблицы девиации МК обязательным?
4. Из каких данных составлена рабочая таблица девиации МК?
5. В чем суть сличения компасов? Как выполнить сличение МК с ГК?
6. Чему равна девиация МК, определяемая по сличению с ГК?
7. Сколько слагаемых входит в основную формулу девиации МК?
8. Поясните физический смысл коэффициентов девиации А, В, С, D, E.
9. Опишите последовательность составления таблицы остаточной девиации МК.
10. Какие значения девиации МК считаются допустимыми?
11. Почему кривая девиации может быть несимметричной?
12. Как можно рассчитать коэффициенты девиации?
13. С какой дискретностью следует заполнять рабочую таблицу девиации?
14. Когда необходимо обновлять рабочую таблицу девиации МК?
15. Какие коэффициенты девиации обычно имеют значительную величину?
16. Describe the procedure of comparison of compasses? What shall it be done for?
17. What is the purpose of the deviation table/ deviation curve /deviation card?
18. Describe the methods of magnetic compass deviation determination.
19. What does the magnetic compass error consist of?
20. What is “deviation”? What is its cause?

5. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Чапчай П.А. Электронавигационные приборы: учебное пособие / П.А. Чапчай. – 2-е изд. – Одесса: ОНМА, 2012. – 161 с.
2. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.
3. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения: учебник / Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.В. Сизов. – С-Пб.: Элмор, 2015. – 656 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ПОПРАВКИ КОМПАСА ВО ВРЕМЯ РЕЙСА. ЗАПОЛНЕНИЕ ЖУРНАЛА ПОПРАВКИ КОМПАСА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: приобретение компетенций согласно таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВО			
Уметь использовать и обслуживать технические средства судовождения, судовых систем связи и оповещения, судовой энергетической установки и вспомогательных механизмов	—	Определять остаточную девиацию МК на судне. Строить рабочую таблицу и кривую девиации.	Последовательность построения рабочей таблицы и рабочей кривой остаточной девиации.
Способность участвовать в проведении испытаний и определении работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого навигационного оборудования	—	Определять работоспособность гироскопических и магнитных компасов путем контроля их поправок.	—
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
Уметь определять поправки гиро- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и наземных ориентиров и учитывать эти поправки	—	– определять поправки гиро- и магнитных компасов любым способом; – определять истинный курс по показаниям магнитного и гироскопического компаса, зная их поправки; – заполнять журнал поправок компаса.	Способы определения поправки компаса.

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по пройденным темам «Способы определения поправки компаса» – 10 мин.
2. Повторение вызвавших затруднение во время текущего контроля способов определения поправки с примерами – 15 мин.
3. Определение поправки в открытом море по азимуту небесного светила с использованием зарубежных пособий и компьютерного ПО – 45 мин.

4. Заполнение журнала поправок компаса на английском языке – 15 мин.
5. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Морской магнитный компас (рис. 4.1).
2. Пелорус с репитером для пеленгования (рис. 4.2).
3. Пеленгатор оптический типа ПГК-2 (рис. 4.3).
4. Пеленгатор визуальный (рис. 4.4).
5. Электронный компас (не морской).
6. Плакат астрономический с изображением светил.
7. Журнал поправок компаса на английском языке (рис. 4.5) с достаточным для каждого студента количеством копий одного разворота журнала.
8. Астрономические альманахи (зарубежные издания, по количеству студентов).
9. Навигационные таблицы (Norie's Nautical Tables или Sight Reduction Tables, по количеству студентов).
10. Калькуляторы или персональные компьютеры для проведения расчетов.
11. Компьютерное ПО и ПО для смартфонов для определения азимутов небесных светил (Stellarium, SkyMate, StarWalk, SkyView и аналогичное).
12. Мультимедиа проектор (для показа слайдов по теме занятия).
13. Презентация для смарт-доски «Определение поправки компаса».
14. Смарт-доска.



Рис. 4.1 – Магнитный компас КМ-127



Рис. 4.2 – Пелорус для пеленгования

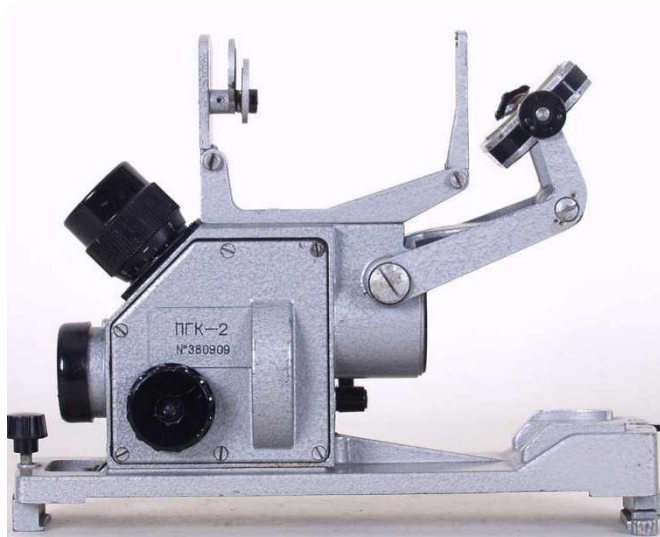


Рис. 4.3 – Пеленгатор оптический ПГК-2



Рис. 4.4 – Пеленгатор визуальный

Журнал поправок компаса

Compass error log book (compass observation book)

- Ведется в соответствии с СУБ компании;
- Подлежит регулярному аудиту;
- Поправка по возможности должна определяться минимум 1 раз за вахту

1	2	3.1	3.2	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3
Date	GMT UTC	Position		Ship's Head			Bearing		
		Lat.	Long.	Gyro	Standard	Steering	True	Gyro	Standard
05.05.2012	09h 43' 00"	11°00.3' N	088°02.4' E	106°	104°	106°	282.1°	282°	-

6	7.1	7.2	7.3	8	9.1	9.2	10	11	12
Object	Error			Variation	Deviation		Heel	Remarks	Observer
	Gyro	Standard	Steering		Standard	Steering			
Sum	+0.1°	+2.1°	+0.1°	-1.7°	+3.8°	-	+ - 1°	Port RPTR	2/O Gusev V.

Рис. 4.5 – Журнал поправок компаса

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

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

Универсальным способом определения поправки в независимости от района плавания является сличение с другим компасом, поправка которого известна: $\Delta_{KK2} = KK1 + \Delta_{KK1} - KK2$. Вместе с тем, судовые компасы могут накапливать ошибки, а потому сличение нельзя считать надежным способом.

В прибрежном плавании основным способом определения поправки компаса является способ пеленгования удаленного объекта, истинный пеленг которого может быть снят с карты. Такими объектами могут быть навигационные створы в момент пересечения створной линии, естественные створы, удаленный ориентир, нанесенный на карту. Поправка в этом случае будет определяться как разница между истинным пеленгом, снятым с карты, и взятым компасным пеленгом: $\Delta = ИП - КП$.

Во время стоянки в порту возможна грубая оценка поправки по линии причала как разница между истинным пеленгом причальной линии, снятым с карты, и компасным курсом судна при условии, что судно стоит параллельно к причалу: $\Delta = ИП - КК$.

В открытом море основным способом определения поправки остается астрономический – по азимуту небесного светила, которое предварительно надо опознать. В этом случае $\Delta = Az - КП$.

Подробно способы определения поправки в прибрежном плавании описаны в курсе навигации, а в открытом море – в курсе мореходной астрономии. Вместе с тем, астрономический способ у многих судоводителей вызывает затруднения из-за разных подходов к его реализации, в частности использования разных справочных пособий, навигационных таблиц, компьютерного ПО. Далее описан способ определения поправки компаса с использованием зарубежной версии астрономического альманаха (Brown's NA) и популярной версии навигационных таблиц Norie's Nautical Tables. Проверка осуществляется по компьютерной программе-эмулятору звездного неба (SkyMate, Stellarium, StarWalk или аналогичных). Данный подход в рамках классического курса мореходной астрономии подробно рассмотрен не был, вместе с тем именно с такой задачей сталкиваются судоводители в заграничном плавании. На занятии рассматривается пример решения такой задачи с иллюстрациями и пояснениями.

3. ПРИМЕР НАХОЖДЕНИЯ ПОПРАВКИ КОМПАСА ПО АЗИМУТУ НЕБЕСНОГО СВЕТИЛА

Исходные данные для астрономического наблюдения представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. – Данные для астрономического наблюдения

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

Для определения поправки воспользуемся астрономическим альманахом Brown's Nautical Almanac на актуальный год (2011), навигационными таблицами Norie's Nautical Tables, а также значениями из таблицы исходных данных.

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

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

На рисунке 4.6 представлена часть страницы альманаха, соответствующая 28 сентября 2011, на которой выделены гринвичский часовой угол (GHA) и склонение (Dec) искомого светила (планета Марс).

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

Рис. 4.6 – Определение GHA, склонения и поправки d-cor

Определим инкремент на 24 минуты из таблицы инкрементов и поправок (рис. 4.7). Поправку (*d-cor*) для склонения в виду ее малости при определении по планете не учитываем (актуальна для Луны).

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

Рисунок 4.7 – Определение минутного инкремента и поправки к склонению

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

$$GHA = GHA^* + Incr$$

$$Dec = Dec^* + dcor$$

$$LHA = GHA + \lambda$$

Выполним расчеты координат светила в столбик по установленной форме.

$$GHA_{\sigma}^{19h} \quad 163^{\circ}40.2' \quad Dec_{\sigma}^{19h} \quad 19^{\circ}51.3' N$$

$$Increment^{24m0s} \quad + \quad \underline{6^{\circ}00'}$$

$$GHA_{\sigma} \quad 169^{\circ}40.2'$$

$$\lambda \text{ (East)} \quad + \quad \underline{75^{\circ}06.0'}$$

$$LHA_{\sigma} \quad = \quad 244^{\circ}46.2' \text{ (Rising)}$$

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

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

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

Данные на выходе: четвертной азимут светила.

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

Фрагмент таблицы А представлен на рисунке 4.8. Зайдем со значениями $LHA = 244^{\circ}46.2'$ и $\varphi = 75^{\circ}06'$.

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

A - Named opposite to Latitude, except when Hour Angle is between 90° and 270°

Рис. 4.8– Нахождение коэффициента А

Применив интерполяцию, получим значение коэффициента А

$$A = 1.78N$$

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

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

Фрагмент таблицы В представлен на рисунке 4.9. Зайдем со значениями $LHA = 244^{\circ}46.2'$ и $Dec = 19^{\circ}52'N$.

TABLE B HOUR ANGLE																	
Dec °	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	Dec °
	300°	299°	298°	297°	296°	295°	294°	293°	292°	291°	290°	289°	288°	287°	286°	285°	
0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0
1	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	1
2	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	2
3	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	05	3
4	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	07	07	07	07	07	07	4
5	10	10	10	10	10	10	10	10	09	09	09	09	09	09	09	09	5
6	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	6
7	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	7
8	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	8
9	18	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	9
10	20	20	20	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	18	18	18	10
11	22	22	22	22	22	21	21	21	21	21	21	21	20	20	20	20	11
12	25	24	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23	22	22	22	22	12
13	27	26	26	26	26	25	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	13
14	29	29	28	28	28	28	27	27	27	27	27	26	26	26	26	26	14
15	31	31	30	30	30	30	29	29	29	29	29	28	28	28	28	28	15
16	33	33	32	32	32	32	31	31	31	31	31	30	30	30	30	30	16
17	35	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33	32	32	32	32	32	17
18	38	37	37	36	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	18
19	40	39	39	38	38	38	37	37	37	37	37	36	36	36	36	36	19
20	42	42	41	41	41	40	40	40	39	39	39	39	38	38	38	38	20
21	44	44	43	43	43	42	42	42	41	41	41	41	40	40	40	40	21
22	47	46	46	45	45	45	44	44	44	43	43	43	43	42	42	42	22
23	49	49	48	48	48	47	47	46	46	46	45	45	45	44	44	44	23
24	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	47	47	47	47	46	46	24
25	54	53	53	52	52	52	51	51	50	50	49	49	49	49	49	48	25
26	56	56	55	55	54	54	53	53	53	52	52	52	51	51	51	50	26
27	59	58	58	57	57	56	56	55	55	55	54	54	54	53	53	53	27
28	61	61	60	60	59	59	58	58	57	57	57	56	56	56	55	55	28
29	64	63	63	62	62	61	61	60	60	59	59	59	58	58	58	57	29
30	67	66	65	65	64	64	63	63	62	62	62	61	61	60	60	60	30
31	69	69	68	67	67	66	66	65	65	64	64	64	63	63	63	62	31
32	72	71	71	70	70	69	68	68	67	67	67	66	66	65	65	65	32
33	75	74	74	73	72	72	71	71	70	70	69	69	68	68	68	67	33
34	78	77	76	76	75	75	74	73	73	72	72	71	71	71	70	70	34
35	81	80	79	79	78	77	77	76	76	75	74	74	74	73	73	72	35
36	84	83	82	82	81	80	80	79	78	78	77	77	76	76	76	75	36
37	87	86	85	85	84	83	83	82	81	81	80	80	79	79	78	78	37
38	90	89	88	88	87	86	86	85	84	84	83	83	82	82	81	81	38
39	94	93	92	91	90	89	89	88	87	87	86	86	85	85	84	84	39
40	97	96	95	94	93	93	92	91	91	90	89	89	88	88	87	87	40
41	1 00	99	98	98	97	96	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	41
42	1 04	1 03	1 02	1 01	1 00	99	99	98	97	96	96	95	95	94	94	93	42
43	1 08	1 07	1 06	1 05	1 04	1 03	1 02	1 01	1 01	1 00	99	99	98	98	97	97	43
44	1 11	1 10	1 09	1 08	1 07	1 07	1 06	1 05	1 04	1 03	1 03	1 02	1 02	1 01	1 00	1 00	44
45	1 15	1 14	1 13	1 12	1 11	1 10	1 10	1 09	1 08	1 07	1 06	1 06	1 05	1 05	1 04	1 04	45
46	1 20	1 18	1 17	1 16	1 15	1 14	1 13	1 12	1 12	1 11	1 10	1 10	1 09	1 08	1 07	1 07	46
47	1 24	1 23	1 22	1 20	1 19	1 18	1 17	1 16	1 16	1 15	1 14	1 13	1 13	1 12	1 12	1 11	47
48	1 28	1 27	1 26	1 25	1 24	1 22	1 22	1 21	1 20	1 19	1 18	1 17	1 17	1 16	1 16	1 15	48
49	1 33	1 32	1 30	1 29	1 28	1 27	1 25	1 25	1 24	1 23	1 22	1 22	1 20	1 20	1 20	1 19	49
50	1 38	1 36	1 35	1 34	1 33	1 31	1 31	1 29	1 29	1 28	1 27	1 26	1 25	1 25	1 24	1 23	50
51	1 43	1 41	1 40	1 39	1 37	1 36	1 35	1 34	1 33	1 32	1 31	1 31	1 30	1 29	1 28	1 28	51
52	1 48	1 46	1 45	1 44	1 42	1 41	1 40	1 39	1 38	1 37	1 36	1 35	1 35	1 34	1 33	1 33	52
53	1 53	1 52	1 50	1 49	1 48	1 46	1 45	1 44	1 43	1 42	1 41	1 40	1 40	1 39	1 38	1 37	53
54	1 59	1 57	1 56	1 55	1 53	1 52	1 51	1 50	1 48	1 47	1 46	1 46	1 45	1 44	1 43	1 42	54
55	1 65	1 63	1 62	1 60	1 59	1 58	1 56	1 55	1 54	1 53	1 52	1 51	1 50	1 49	1 49	1 48	55
56	1 71	1 70	1 68	1 66	1 65	1 64	1 62	1 61	1 60	1 59	1 58	1 57	1 56	1 55	1 54	1 54	56
57	1 78	1 76	1 74	1 73	1 71	1 70	1 69	1 67	1 66	1 65	1 64	1 63	1 62	1 61	1 60	1 60	57
58	1 85	1 83	1 81	1 80	1 78	1 77	1 75	1 74	1 73	1 71	1 71	1 69	1 68	1 67	1 66	1 66	58
59	1 92	1 90	1 89	1 87	1 85	1 84	1 82	1 81	1 79	1 78	1 77	1 76	1 75	1 74	1 73	1 72	59
60	2 00	1 98	1 96	1 94	1 93	1 91	1 89	1 88	1 87	1 86	1 84	1 83	1 82	1 81	1 80	1 79	60
Dec	120°	119°	118°	117°	116°	115°	114°	113°	112°	111°	110°	109°	108°	107°	106°	105°	Dec
	240°	241°	242°	243°	244°	245°	246°	247°	248°	249°	250°	251°	252°	253°	254°	255°	

Рис. 4.9 – Нахождение коэффициента В

Применив интерполяцию, получим:

$$B=0,4N.$$

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

Найдем коэффициент C как алгебраическую сумму коэффициентов A и B :

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

Из таблицы C по значению коэффициента C и широте φ определим четвертной азимут. Фрагмент таблицы представлен на рисунке 4.10.

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

Рис. 4.10 – Нахождение азимута по коэффициенту C

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

Определим четверть, в которой находится значение Az (см. рисунок 4.11): отсчет ведем от точки “N” (C имеет знак «+») по направлению к “E”, т.к. светило восходящее.

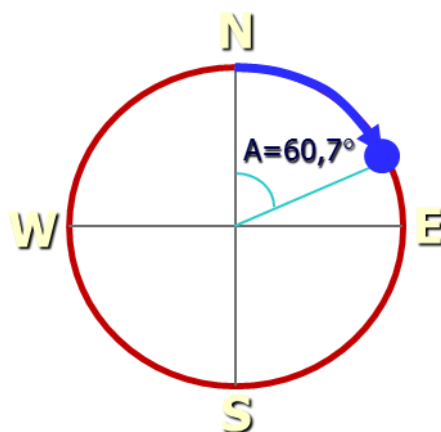


Рис. 4.11 – Перевод четвертного азимута в круговой

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

Азимут в круговом счете будет равен

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

Найдем поправку ГКК как разницу истинного азимута и взятого пеленга:

$$\Delta_{ГК} = Az - BRN$$

$$\Delta_{ГК_1} = 60,7^\circ - 60^\circ = 0,7^\circ.$$

Для проверки вычислений воспользуемся компьютерной программой Skymate Pro. Скриншот программы представлен на рис. 4.12.

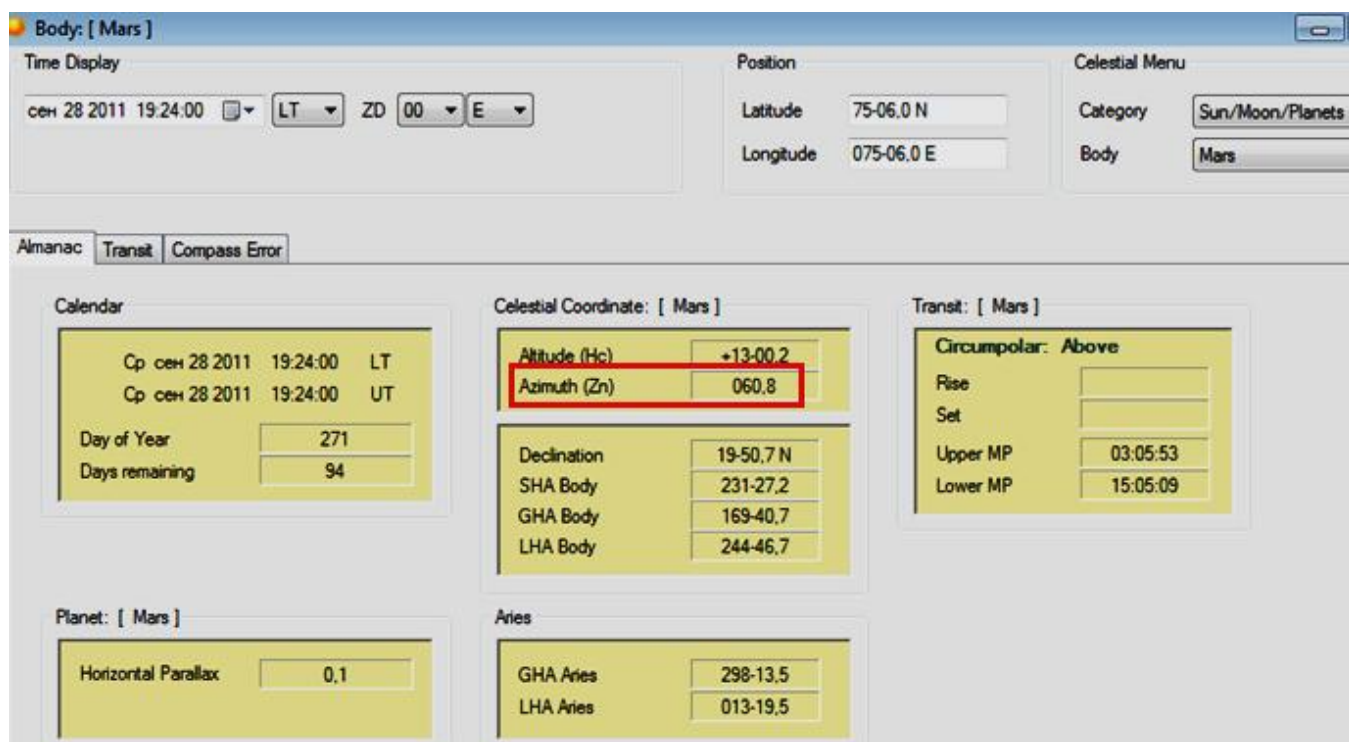


Рис. 4.12 – Нахождение азимута небесного светила по программе SkyMate Pro

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

Величина поправки составляет **0,7°**. Значение находится в допустимых пределах (для гирокомпаса допустимо $\pm 0,75^\circ \times \text{секанс широты}$). Для магнитного компаса можно далее определить девиацию по значению магнитного склонения (variation - Var), взятого с навигационной карты: $\delta = \Delta - \text{Var}$.

4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЗАПОЛНЕНИЯ ЖУРНАЛА ПОПРАВКИ КОМПАСА

1. Произвольно выбрать гирокомпасный курс судна. Заполнить соответствующие графы журнала по результатам выполненного астрономического наблюдения.

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

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

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

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

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

$$КУ = ИП - ИК.$$

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

6. Заполнить остальные графы. Путевым компасом (Steering compass) во всех случаях считать гирокомпас (т.е. соответствующие записи в колонках "Ship's Head" и "Error" для графы "Steering" будут дублировать графу "Gyro"). В графе "Observer" вписать свою фамилию и предполагаемую должность на судне.

Таблица 4.3 – Пример заполнения журнала поправок компаса

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

5. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Повторение способов определения поправки в прибрежном плавании и в открытом море.
2. Разбор примера определения поправки по азимуту небесного светила у доски с пояснениями. Используются англоязычные пособия.
3. Демонстрация использования современных компьютерных программ для расчета азимутов светил (SkyMate, Stellarium, SkyWalk и др.).
4. Объяснение правил заполнения журнала поправок компаса у доски.
5. Самостоятельная работа студентов по определению поправки компаса по индивидуальным вариантам (рекомендуется использовать варианты из соответствующего раздела курсовой работы).
6. Заполнение студентами бланков журнала поправок.
7. Подведение итогов занятия, оценивание самостоятельной работы студентов.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как часто следует определять поправки курсоуказателей согласно требованиям конвенции ПДНВ и рекомендациям по несению штурманской службы?
2. С какой целью необходимо регулярно контролировать поправку курсоуказателя?
3. Назовите способы определения поправки компаса в прибрежном плавании.
4. Назовите способы определения поправки компаса в открытом море.
5. Пеленгованием каких объектов практически определять поправку компаса?
6. Что такое “transit bearing”? Как определить по нему поправку компаса?
7. По каким светилам практически определять поправку компаса?
8. На какой высоте желательно расположение светил в ночном небе для определения поправки компаса по ним?
9. How often should the gyrocompass error be determined according to Bridge Procedures guide?
10. How often should the gyrocompass error be determined according to STCW convention?
11. How can you control the gyrocompass error in the open sea?
12. Which method of compass error determination is NOT practicable onboard ships?
13. Which objects are used for determining compass error by taking bearings?
14. Which objects are NOT used for determining compass error by taking bearings?
15. Каким способом нельзя определить поправку гирокомпаса?
16. Чему равна поправка компаса при ее определении по наблюдению небесного светила?
17. Какой из способов определения поправки методом пеленгования наиболее простой?
18. Чему равна поправка компаса при ее определении по линии причала?
19. Чему равна поправка гирокомпаса при ее определении по сличению с магнитным компасом?
20. При определении поправки компаса по наблюдению небесного светила, какие данные необходимо взять из астрономического альманаха?
21. При определении поправки компаса по наблюдению небесного светила, с какими данными необходимо войти в навигационные таблицы (например, Norie's) и с чем выйти?
22. Как определить круговой азимут светила, зная четвертной?
23. Какие светила следует брать для определения поправки гирокомпаса в темное время суток?
24. Как определить поправку компаса по створам?
25. Какие данные следует записывать в журнале поправок компаса?
26. Что обозначает колонка “ship's head STANDARD” в журнале поправок компаса?
27. Что обозначает колонка “ship's head STEERING” в журнале поправок?
28. Зачем в журнале поправок компаса указывать крен судна?

29. Определите поправку МК, если рейс осуществляется в 2015 г., магнитное склонение (по карте 2010 г. выпуска) – 1°W . Годовое изменение склонения – $10'\text{E}$. Девиация МК – 3°E .
30. Чему равна поправка МК, если рейс осуществляется в 2015 г., магнитное склонение (по карте 2010 г. выпуска) – 12°E . Годовое изменение склонения – $05'\text{E}$. Девиация МК – $0^{\circ}35'\text{E}$.

7. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Чапчай П.А. Электронавигационные приборы: учебное пособие / П.А. Чапчай. – 2-е изд. – Одесса: ОНМА, 2012. – 161 с.
2. Каретников В.В. Технические средства судовождения: учебник / В.В. Каретников. – СПб.: СПбГПУ, 2013. – 316 с.
3. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения: учебник / Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.В. Сизов. – С-Пб.: Элмор, 2015. – 656 с.
4. Национальный геофизический центр данных. Режим доступа <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web>.
5. Cunliff T. Celestial navigation / T. Cunliff. – М.: WILEY NAUTICAL, 2010. – 65 p.
6. Астрономические ежегодники Navsoft. Режим доступа <http://navsoft.com/downloads.html>.

МАГНИТНЫЕ КОМПАСЫ

*Методические указания
к практическим занятиям*

Составители: **Подпорин** Сергей Анатольевич, **Рассохин** Андрей Юрьевич,
Аркин Леонид Владимирович, **Ткаченко** Владимир Григорьевич

Издается в авторской редакции

Изд. № 110/19. Объем 2,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»