

УДК 656.61.052 + 629.5.051

Хвостов Роман Сергеевич¹, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой судовождения и безопасности судоходства

e-mail: kaf_sbs@vsuwt.ru, nnover6@mail.ru

Романова Екатерина Анатольевна¹, аспирант кафедры судовождения и безопасности судоходства

e-mail: katerina_r@inbox.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ КУРСУКАЗАНИЯ МОРСКИХ И ШЕЛЬФОВЫХ СУДОВ

Аннотация. В статье произведен анализ национальных и международных требований, предъявляемых к указателям курса судна. Сделан вывод, что несмотря на многочисленность приборов курсоуказания гирокомпас остается до сих пор основным из них. Рассмотрены современная классификация судовых курсоуказателей и особенности новых типов навигационных компасов. Дана оценка возможностям и перспективам их дальнейшего использования при функционировании как отдельным прибором, так и в составе бортовых навигационных комплексов.

Ключевые слова: СОЛАС, Регистр, курсоуказатель, магнитный компас, гироскопический компас, лазерный компас, флюксгейткомпас, спутниковый компас.

Введение. Несмотря на бурное развитие искусственного интеллекта и внедрение в практику как мореплавания, так и судовождения концепции а- и е-навигации судовые компасы стоят на первом месте среди остальных, не менее важных навигационных приборов на борту судна.

Их установка регламентируется различными международными и национальными требованиями.

В Российской Федерации требования к оборудованию изложены в Правилах [5]. В соответствии с требованиями Регистра суда оборудуются курсоуказателями в зависимости от их валовой вместимости и назначения. Так, согласно Правил, все суда вместимостью от 150 до 50000 оборудуются главным магнитным компасом (МК), а пассажирские в дополнение запасным МК. Все суда вместимостью 500 и более в дополнение оборудуются гироскопическим компасом (ГК), который должен обеспечивать передачу информации о курсе на радиолокационную станцию (РЛС) и автоматическую информационную систему (АИС). В новом издании Правил (2023г.) появилось дополнение, что гироскопический компас может быть заменен другим прибором при условии, что другой курсоуказатель имеет те же или лучшие эксплуатационные характеристики.

Международные требования к курсоуказателям и их установке на судах содержатся в Правиле №19 «Требования к оснащению судов навигационными системами и оборудованием» Конвенции СОЛАС [7]. Данное правило предписывает, что все суда, независимо от размера, должны быть оборудованы магнитным компасом, у которого уничтожена девиация и определены ее остаточные значения, чтобы определять курс и представлять его показания на главный пост управления рулем. Дополнительно для всех

судов валовой вместимостью 500 и более должен быть установлен гирокомпас или другое средство для определения и отображения курса судовыми немагнитными средствами.

На оффшорные суда обеспечения, оборудованные системами динамического позиционирования, кроме требований конвенции СОЛАС, распространяются требования Классификационных обществ. Согласно им, в режимах DP основным измерителем курса является гироскопический компас. В зависимости от DP-класса судна, гирокомпасы подлежат резервированию. Например, для DP1 резервирование не требуется, для DP2 тройная система резервирования HRS (Heading Reference System), для DP3 также требуется наличие тройной системы в соответствии с MSC/Circ.645 [8, 9].

Отдельные требования к точности гирокомпасов для оффшорных судов отсутствуют. На все суда распространяется резолюция ИМО А.424(XI).

За последнее время, каких-то 10-15 лет, на рынок навигационной аппаратуры вышли и успешно зарекомендовали себя при эксплуатации те самые другие приборы, различные по принципу действия и стоимости, отображающие курс судовыми немагнитными средствами.

Среди них можно выделить следующие:

1. *Электронные магнитные компасы (флюксгейткомпасы)*, компасы, в которых определение курса основано на измерении составляющих вектора напряженности магнитного поля Земли.

2. *Лазерные и фиброоптические (волоконно-оптические) компасы*. Здесь нахождение курса сводится к нахождению горизонтальной проекции вектора угловой скорости вращения Земли.

3. *Спутниковые компасы*, работающие с сигналами глобальных навигационных спутниковых систем.

Классические гирокомпасы также претерпели качественные изменения: стали значительно компактнее, легче, точнее и надежнее. Появился новый класс гирокомпасов с косвенным управлением на основе динамически настраиваемого гироскопа (ДНГ) - так называемых «сухих» гирокомпасов (т.е. функционирующих без поддерживающей жидкости) [2, 6].

В статье представлен анализ существующих типов морских курсоуказателей, призванный критически оценить их возможности, преимущества и недостатки и дать оценку целесообразности и своевременности их установки на судах разных типов. Материалы статьи призваны в дальнейшем дать научную базу для разработки судовых систем управления движением нового поколения.

Основная часть. На современном судне информация о положении диаметральной плоскости судна относительно истинного меридиана (Ship's Heading), полученная от курсоуказателя, помимо непосредственного использования штурманом для управления судном, необходима еще и для корректной работы многочисленных бортовых навигационных приборов и систем (АИС, САРП, СРДР, ЭКНИС и др.) [1, 4].

Для обеспечения надежности и непрерывности курсоуказания, используемые ПКУ должны быть построены на современной электронной элементной базе, иметь универсальный цифровой выход сигнала, обеспечивать высокую точность курсоуказания в широком диапазоне широт, быть независимыми от внешних возмущающих факторов.

В статье проведен сравнительный анализ основных представленных на сегодняшний день на рынке типов ПКУ, результаты которого для наглядности и простоты сравнения сведены в таблицу 1 [3].

Сравнение осуществлялось по ряду критериев, актуальных при установке и использовании на судах, таких как точность, надежность, среднерыночная стоимость, время готовности, автономность, массогабаритные показатели и др.



Сравнительная характеристика современных курсоуказателей

Основные параметры	Типы курсоуказателей						
	Гирокомпасы		Магнитные компасы		Спутниковые компасы	Системы инерциальной навигации	
	Маятниковые	С косвенным управлением на ДНГ	Стрелочные (с картушкой)	Бесстрелочные (флюкстейт)		Лазерные	Волоконно-оптические
Основные модели	Standard-22; Navigat X; TG-8000; CMZ-900 и др.	Гюйс; Круиз; МерудуаН; Alp haMiniCourse и др.	МК-145; "Reflecta"; "Jupiter"; МК-2000 и др.	Simrad FC-40; Furuno PG-500 и др.	Furuno SC-110; Navistar; Standard-21; Simrad HS-50	SperryMarine МК-39	Navigat 2100; SGB-2000; LKF-95 и др.
Чувствительный элемент	Гиросфера со смещ. центром тяжести в поддерживающей жидкости	Динамически настраиваемый гироскоп	Картушка с магнитными стрелками или кольцевым магнитом	Феррозондовый датчик	Двух- или трехантенная система	Триада лазерных или волоконно-оптических гироскопов и акселерометров	
Требования ИМО к установке на судах	Обязательны на судах 500GT и более		Обязательны на всех судах	Не обязательны (на 2010 г.)			
Точность КУ ($\phi < 60^\circ$)	высокая (0,1-0,5°)	высокая (0,2-0,5°)	низкая (1-2°)	низкая (1-2°)	средняя (0,5-1°)	очень высокая (<0,001°)	средняя (0,5-1°)
Точность КУ ($\phi > 60^\circ$)	средняя, низкая (>0,5°)	средняя (0,5-2°)	очень низкая (2-10°)	низкая (1-5°)			
Точность следящей системы	до 200°/с	до 200°/с	до 10°/с	до 10°/с	до 50°/с	более 1000°/с	до 80°/с
Время готовности	до 6 часов	до 2 часов	всегда	до 5 минут	до 5 минут	0,01-30 минут	1-45 минут
Необходимость учета девиаций и расчета поправок	ДА (на скоростную и инерционную девиации)	ДА (на скоростную и широтную девиации)	ДА (из-за намагниченности судового железа)	Рекомендуется контролировать поправку	Не требуется		
Автономность	Требуются: источник питания (ИП); показания лага/ГНСС для автоматической коррекции девиаций		Полная	Требуется источник питания	Зависит от работоспособности ГНСС; требуется ИП	Требуются: ИП; показания других приборов (лага, ГНСС, компаса) для начальной инициализации	
Энергопотребление	50-100 Вт	30-50 Вт	10-50 Вт (для освещения)	1-5 Вт	10-20 Вт	20-100 Вт	5-50 Вт
Масса основного прибора	15-30 кг	10-20 кг	20-100 кг (нактоуз)	0,2-1 кг	5-15 кг	20-40 кг	10-20 кг
Размещение на судне	В любом удобном месте		В ДП на открытой палубе	Рекомендуется на открытой палубе	Антенна в ДП на открытой палубе	В любом удобном месте	
Возможность определения других навигационных параметров	Угловая скорость поворота		Нет	Нет	Координаты, скорость, крен, дифферент, ПУ, время	Крен, дифферент, параметры качки, угловая скорость поворота, линейная скорость, координаты	
Фактическое использование	Основной ПКУ на всех конвенционных крупно- и среднетоннажных судах		Резервный КУ на всех конвенционных судах	Основной или резервный КУ на малых судах, яхтах, катерах	Резервный КУ на конвенционных судах; основной КУ на малых судах, яхтах, катерах	Основной или резервный КУ на военных кораблях и подводных лодках	Резервный КУ на конвенционных крупно- и среднетоннажных судах

Анализируя данные приведенные в табл.1. можно сделать следующие выводы о плюсах и минусах существующих компасов, а также возможности установки на те или иные суда.



Так, основным курсоуказателем на торговых судах остается гирокопический компас (ГК), даже несмотря на наличие присущих этому типу ПКУ достаточно существенных недостатков: большое время начальной выставки - до 6 часов; низкая точность курсоуказания в высоких широтах; высокая стоимость; необходимость регулярного сервисного обслуживания.

Современные маятниковые гирокомпасы, устанавливаемые на судах, такие как «AnschuetzStandard», «SperryMarine» и др. в течение многих десятилетий завоевали репутацию точных и стабильных приборов, а потому большинство судовладельцев в настоящее время отдает им предпочтение именно из-за сложившейся репутации.

Современные гирокомпасы на ДНГ («Гюйс», «Меридиан», «PGM-C» и др.) не уступают классическим брендовым ГК по точности и надежности курсоуказания, однако их высокая стоимость и отсутствие развитой сети представительств и сервисных центров в основных мировых регионах, существенно снижают удельный вес таких ГК на мировом рынке навигационной аппаратуры. Так, основной разработчик высокотехнологичных «сухих» гирокомпасов – Пермская научно-производственная приборостроительная компания (ПНППК, Россия) пока не в состоянии оперативно обслуживать свои ГК глобально, а потому рынок таких гирокомпасов, в основном, ограничен Россией, Северной и Восточной Европой. Последние модели, разработанные ПНППК, выпускаются по лицензии под зарубежными брендами «S.G. BrownMeridian»(идентичный ГК «Меридиан») и «Alpha Mini Course»(идентичный «PGM-C-009») соответственно компанией «Teledyne TSS» (Великобритания) и концерном «Alphatron» (Нидерланды), глобальная сеть представительств которых гораздо шире. Это позволяет в будущем прогнозировать значительное увеличение доли таких ГК на мировом рынке.

Конкуренцию гирокопическим компасам в ближайшей перспективе могут составить спутниковые компасы (СК), в первую очередь, из-за более конкурентноспособных цен и отсутствия возникающих в процессе работы девиаций.

В настоящее время СК широко распространены на небольших судах, яхтах, катерах, для которых установка гирокомпаса не требуется. На торговых средне- и крупнотоннажных судах СК устанавливаются в качестве резервных ПКУ для повышения надежности курсоуказания, особенно в составе интегрированных систем ходового мостика и мультисенсорных двухкомпонентных измерителей скорости (например, серии «Navi Knot-600SD» компании Sperry Marine).

Для судов торгового флота, где не требуется сверхвысокая точность курсоуказания, выгодно использовать волоконно-оптические гирогоризонткомпасы (типа «Navigat 2100» производства Sperry Marine). На военных кораблях и подводных лодках, где точность определения позиции и ориентации корабля крайне важна, целесообразна установка лазерных систем курсоуказания (типа «МК-39»). Основным преимуществом оптических ГК является возможность дополнительно определять параметры ориентации судна, его движения и положения.

На протяжении многих веков на морских судах устанавливаются стрелочные магнитные компасы (МК). Наличие у Земли достаточно стабильного магнитного поля позволяет и далее использовать МК в морской навигации, но, в основном, в качестве резервных курсоуказателей в силу их невысокой точности. Главное преимущество МК - полная автономность, в том числе и от источников электропитания. Современные модели позволяют в широком диапазоне компенсировать возникающие девиации разного происхождения. Используемые в МК феррозондовые датчики дают возможность получать электрический сигнал, пропорциональный курсу судна, который после усиления может быть использован в судовых навигационных системах и электрических репитерах. На небольших судах, яхтах и катерах выгодно вместо классических стрелочных МК использовать так называемые индукционные (флюксгейт) компасы. Они достаточно



доступны по цене и позволяют автоматически вычислять и учитывать поправку путем выполнения одной полной циркуляции судна.

Выводы. На современном этапе развития судовой навигационной техники морские компасы по-прежнему остаются обязательным в составе бортовой аппаратуры морского судна. В настоящее время на рынке представлено довольно много разных типов курсоуказателей, отличающихся по стоимости и функциональным возможностям. Приведенный в настоящей статье систематизированный обзор позволяет разобраться в многообразии навигационных компасов, критически оценить их возможности и перспективы использования на морских судах.

Список литературы:

1. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика: учеб. пособие / Л.Л. Вагущенко. - Одесса: Латстар, 2003. - 170 с.
2. Морская навигационная техника. Справочник / Под ред. Е.Л. Смирнова. - СПб.: Элмор, 2002. - 224 с.
3. Подпорин С. А. Сравнительный анализ современных систем курсоуказания морских судов/ С. А. Подпорин. - Сб. научных трудов/ Академия военно-морских сил им. П.С. Нахимова. - Вып. 1 (5). - Севастополь, 2011. - С. 200-205.
4. Подпорин С.А. Глобальные навигационные системы III поколения. Современное состояние и перспективы развития. Место Украины в мировом навигационном пространстве/ С.А. Подпорин // Материалы Всеукраинской научно-практической конференции «Эффективная и безопасная эксплуатация морских судов и сооружений». - Севастополь: СевНТУ, 2009. - С. 7 - 12.
5. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть V «Навигационное оборудование». – СПб.: «Российский морской регистр судоходства», 2023. – 433 с.
6. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения. Т. 2. Конструкция и эксплуатация: учеб. для вузов / Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.К. Перфильев и др. - СПб.: Элмор, 2000. - 656 с.
7. Торский В.Г. Конвенция СОЛАС-74. Основные положения и комментарии / В.Г. Торский. - Одесса: Астропринт, 2002. - 288 с.
8. Bray D. DP Operator's Handbook/ Capt. D. Bray. - London: The Nautical Institute, 2008. - 122 p.
9. Ritchie G. Offshore Support Vessels. A Practical Guide/ Gary Ritchie. - London: The Nautical Institute, 2008. - 163 p.

ANALYSIS OF HEADING REFERENCE SYSTEMS FOR MARINE AND OFFSHORE VESSELS

Roman S. Khvostov, Ekaterina A. Romanova

Abstract. The article shows the analysis of national and international requirements to ship's heading indicators. It is concluded that in spite of the numerous course guidance devices the gyrocompass is still the main one. Modern classification of ship's heading indicators and features of new types of navigation compasses are considered. Possibilities and prospects of their further use in functioning as a separate device and as a part of onboard navigation complexes are evaluated.

Keywords: SOLAS, Register, direction finder, magnetic compass, gyroscopic compass, laser compass, fluxgate compass, satellite compass, fiber-optic compass.

