

УДК 629.5.072

С.А. Подпорин, доцент, канд. техн. наук,**Э.Б. Веліев, магистрант***Севастопольский национальный технический университет,**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053**E-mail: mail@sbs-on-web.com***СИСТЕМЫ КУРСУКАЗАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ШЕЛЬФОВЫХ СУДОВ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Приводятся основные особенности датчиков курса для шельфовых судов обеспечения, оборудованных системами динамического позиционирования. Анализируются актуальные требования ведущих классификационных обществ к конфигурации систем курсоуказания. Приводятся данные статистического анализа датчиков курса 200 современных оффшорных судов от ведущих мировых судоходных компаний.

Ключевые слова: курсоуказатель, оффшорное судно обеспечения, гироскопический компас, система динамического позиционирования, DP-класс судна.

Введение.

Характерной особенностью последних двух десятилетий является интенсивная разработка ресурсов морского шельфа. К таким ресурсам относятся, прежде всего, запасы углеводородного топлива (нефти и газа) и ветроэнергетика. Очевидно, что для обеспечения работ на шельфе требуется наличие флота специализированных судов с соответствующим оборудованием (навигационным, буровым, водолазным, крановым и др.), а также персонала необходимой квалификации. Гигантские инвестиции в этот сектор промышленности (называемый сейчас «индустрия оффшора» – “offshore industry”), постоянно возрастающий спрос на новые суда и их экипажи, внедрение новых, передовых технологий свидетельствуют о том, что эта индустрия находится на стойком подъеме, а исследования в этой области актуальны и востребованы.

Шельф Черного моря обладает значительными ресурсным потенциалом (в первую очередь, запасы газа и нефти), а потому наша страна не должна находиться в стороне от этого процесса, но, напротив, – стремиться активно перенимать передовой опыт, развивать свой флот и оффшорную инфраструктуру в регионе, готовить свои экипажи, поддерживать научные разработки. Лидирующим отраслевым предприятием региона продолжает оставаться «Черноморнефтегаз», который в 2012 – 2013 гг. пополнился новыми высокотехнологичными буровыми установками, расширил вспомогательный флот за счет новых судов снабжения, заводки якорей и доставки экипажей, освоил новые методы укладки газопроводов с помощью трубоукладочной баржи. На следующем этапе, очевидно, следует рассмотреть потенциал отечественных конструкторских бюро и судостроительных заводов на предмет возможности самостоятельной проектировки и строительства оффшорных судов, а также уделить серьезное внимание подготовке кадров для работы на шельфе.

Особенностью флота оффшорного сектора является его высокая технологичность, выраженная в наличии на судах сложных автоматизированных систем (как навигационных, так и специального назначения), призванных повысить эффективность и безопасность выполнения поставленных задач [1]. Лидерами в области производства таких систем являются Норвегия, США, Германия, Великобритания, Франция, Япония. Остальным странам, желающим участвовать в разработке шельфовых ресурсов, приходится идти в ногу со временем и, как минимум, следить за появляющимися инновациями, внедрением новых технологий, совершенствованием нормативно-правовой базы. У Российской Федерации уже есть серьезный положительный опыт разработки месторождений на Каспии, Сахалине, Арктическом шельфе. Однако велика остается доля участия (в первую очередь, технологического) в этих проектах зарубежных стран. Ресурсы Черноморского шельфа, очевидно, могут помочь нашей стране закрепиться в роли, если не одного из лидеров, то, по крайней мере, весомого игрока в сфере оффшора. Но для достижения этой цели предстоит проделать большую работу по систематизации и качественному анализу передового зарубежного опыта, подготовке своих кадров, реанимации судостроительной отрасли и проектных предприятий крымского региона, созданию научной и нормативно-правовой базы.

В рамках своих исследований авторы планируют затронуть пласт вопросов, посвященных новым техническим средствам навигации и управления специализированными судами шельфа, осветить основные тенденции и направления в развитии оффшорной индустрии, провести анализ нормативных требований ведущих классификационных обществ мира к шельфовым судам и сооружениям.

Цель статьи.

В настоящей статье рассматриваемая тема сужена и ограничена навигационными системами определения курса (Heading Reference System – HRS), применяемыми на современных шельфовых судах обеспечения. Целью статьи является предметное рассмотрение особенностей современных датчиков HRS и вариантов их резервирования, систематизация информации о наиболее востребованных типах и моделях курсоуказателей, устанавливаемых на суда ведущих мировых оффшорных компаний, выявление тенденций дальнейшего развития этого направления. Полученная информация призвана в перспективе стать научно-практическим фундаментом для построения эффективных и надежных навигационных комплексов для вновь создаваемых отечественных судов шельфа.

Изложение основного материала исследований.

Проведение многих операций на морском шельфе требует от специализированного судна возможности в течение определенного времени удерживать свою позицию либо точно следовать по заданной траектории (часто на очень малых скоростях). В таких режимах традиционные средства управления (рули) теряют свою эффективность. По этой причине большинство оффшорных судов оборудуется дополнительными движителями (подруливающими устройствами туннельного типа – трастерами; поворотными винто-рулевыми колонками – так называемыми азимутальными движителями и т.п.), которые совместно с их системами управления образуют систему динамического позиционирования судна (Dynamic Positioning – DP).

Для надежной работы судна в режимах динамического позиционирования требуется безотказное функционирование четырех групп основных датчиков [1, 2]: 1) система точного определения позиции (Position Reference System – PRS); 2) датчики вертикальной ориентации судна (Vertical Reference Sensor/Unit – VRS/VRU); 3) датчики направления и скорости ветра (Wind Sensors – WS); 4) датчики положения диаметральной плоскости судна, входящие в систему измерения курса судна (Heading Reference System – HRS).

В настоящей статье рассматривается система HRS оффшорного судна. Как отмечается в работе [3], на современных морских судах применение находят 5 типов датчиков курса: 1) гироскопические компасы (ГК) и гироазимуты на основе механического гироскопа либо динамически настраиваемого гироскопа (ДНГ); 2) магнитные компасы (чувствительный элемент – картушка, содержащая магнитную систему); 3) безстрелочные (индукционные) компасы, основанные на использовании феррозондовых датчиков (так называемые флюксгейт-компасы – fluxgate compass); 4) спутниковые компасы, определяющие положение диаметральной плоскости судна по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем (ГЛОНАСС, GPS и аналогичных); 5) аналитические системы, основанные на принципах инерциальной навигации (strap-down systems). Чувствительные элементы таких систем – высокоточные измерители угловых скоростей на основе оптических гироскопов – также позволяют применить к ним термин «гироскомпас» (“Fiber-Optic Gyrocompass” – FOG, “Laser Gyrocompass” – LG), несмотря на то, что вращающихся механических частей в них нет, а принцип действия существенно отличается от принципа классического гироскомпаса.

Конвенционными, т.е. такими, наличие которых требуется в соответствии с Конвенцией об Охране человеческой жизни на море (SOLAS, глава V, правило 19), являются только два из перечисленных типов курсоуказателей: 1) магнитные компасы – обязательны на всех судах без исключения; 2) гироскопические компасы – обязательны на судах валовой вместимостью 500 и более.

Конфигурации установленных на судне систем курсоуказания могут быть различны, но должны быть одобрены и соответствовать требованиям Классификационного общества, проводившего освидетельствование судна. На большинстве конвенционных судов в настоящее время основным курсоуказателем является гироскомпас, сигнал с которого передается в навигационную аппаратуру (радар, авторулевой, VDR, AIS и др.). В качестве резервного датчика курса на случай отказа основного обычно применяется передающий магнитный компас (Transmitting Magnetic Compass – TMC) либо второй гироскомпас. Другие типы датчиков курса используются значительно реже.

Для оффшорных судов, оборудованных системой динамического позиционирования (данный факт отражается в классе судна при освидетельствовании), требования к датчикам курса (равно как и к другим ключевым датчикам) значительно строже [4, 5]. Это объясняется особыми требованиями, предъявляемыми к надежности выполнения судном поставленных задач. Необходимая степень надежности определяется так называемым классом последствий операции (operation consequence class) – от 0 до 3 [4, 5]. Так, например, для судов выполняющих наиболее ответственные операции на шельфе (бурение, работа с активными скважинами, некоторые типы водолазных вмешательств и др.), необходимо иметь высший класс системы динамического позиционирования (DP class 3), что позволяет обеспечить максимальную надежность удержания на позиции.

Суда, выполняющие операции, не связанные с существенным риском для жизни персонала и окружающей среды при потере позиции (доставка снабжения, сейсморазведка, дноуглубление,

управление системами ROV, укладка кабелей и т.д.), как правило, имеют более низкий класс систем DP (DP class 1 или class 2).

Отличие в оборудовании DP разных классов заключается, прежде всего, в степени резервирования судовых приборов и систем (redundancy principle), что позволяет минимизировать риски при отказах, поломках и авариях в пределах самого судна. Подробнее конфигурации оборудования разных классов описаны в [2].

Требования к оборудованию судов DP-класса, в том числе и к системам определения курса, изложены в циркуляре IMO MSC/Circ.645 (1994 г.) [6]. В соответствии с ними, датчиком курса для систем DP является гирокомпас, при этом упоминаний и/или рекомендаций об использовании альтернативных курсоуказателей в тексте циркуляра нет. Здесь логично было бы предположить, что по соображениям надежности целесообразно представлялось бы иметь набор датчиков, основанных на разных принципах действия (как, например, в системах контроля позиции). Однако известно, что принцип измерения курса в ГК основан на суточном вращении Земли, т.е., проводя сравнение с принципом действия иных измерителей курса, может считаться надежным на 100 %. При этом наличие резервного источника питания делает ГК полностью автономным прибором, не зависящим от работоспособности иных систем (например, спутниковых) и внешних магнитных полей.

В соответствии с MSC/Circ.645 судам класса DP1 достаточно иметь один гирокомпас, обеспечивающий работу системы DP. Он же может служить датчиком курса и для остальной навигационной аппаратуры. При этом отказ гирокомпаса напрямую может привести к потере позиции судна. Для судов класса DP2 и DP3 необходимо иметь три гирокомпаса, работающих параллельно и независимо друг от друга, реализуя принцип резервирования с голосованием (voting logic redundancy). Отличие в данном случае класса DP2 от DP3 состоит в том, что для последнего требуется размещение одной из дублирующих систем в отдельном помещении с категорией пожарозащиты A60.

Ряд ведущих морских классификационных обществ (МКО) предпочли в своих правилах классификации несколько переработать требования IMO MSC/Circ.645, в том числе и касательно систем HRS. Подробнее требования ведущих МКО касательно конфигурации датчиков курса на судах, оборудованных СДП, проанализированы и изложены авторами в работе [7] и в настоящей статье не рассматриваются.

Вариант конфигурации HRS с тройным резервированием (Triple Redundant HRS) на основе гирокомпаса “NavigatX mk1” производства компании Sperry Marine (США) представлен на рисунке 1.

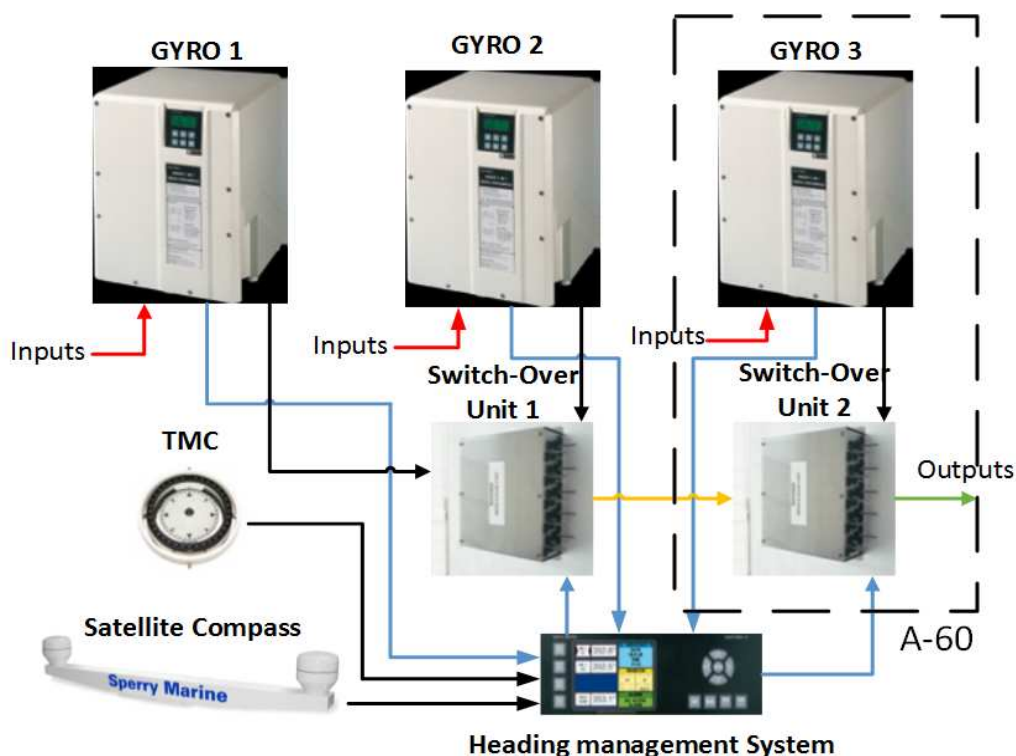


Рисунок 1 – Система определения курса на основе гирокомпаса “NavigatX mk1” с тройным резервированием

Представленная архитектура предусматривает подключение трех автономных (т.е. имеющих резервное питание) курсоуказателей (gyro1, gyro2, gyro3), взаимодействующих по умолчанию через управляющий компасный монитор (Heading Management System – HMS). Последний определяет, какой гирокомпас в данный момент выполняет функции основного, а какие находятся в резерве и в какой очередности. В представленной конфигурации имеются два независимых устройства коммутации и трансляции курса (Switch-Over Unit – SOU), информация на которые поступает от HMS. В случае отказа последней, сигналы от гирокомпасов поступают непосредственно в SOU и далее потребителям (outputs). Входные данные для гирокомпасов (inputs) представляют собой информацию о скорости и широте судна, которая позволяет рассчитывать скоростную и широтную поправки (процесс, известный как automatic speed/latitude correction). HMS также позволяет подключить еще один (четвертый) курсоуказатель, как правило, иного принципа действия, например, ТМС или спутниковый компас. Таким образом можно реализовать четырехкратное резервирование, что уже находит применение в DP3-системах ряда новых судов.

Для судов класса DP3 один самодостаточный комплект приборов (gyro3 и SOU2) обязательно должен размещаться в отдельном помещении (резервном посту управления) с классом пожарозащиты A60. В случае пожара и/или затопления основного поста управления, судно будет способно выполнить или, по крайней мере, безопасно завершить проводимую операцию.

Авторами был проведен анализ систем курсоуказания, установленных в настоящее время на 200 современных судах класса OSV ведущих оффшорных компаний мира. Суда OSV (Offshore Support Vessel – оффшорное судно обеспечения), в соответствии с определением, данным IMO в Резолюции A.673(16), включают:

- 1) суда обеспечения платформ и буровых установок (Platform Supply Vessel – PSV);
- 2) суда для проведения иных работ на шельфе, за исключением самоходных буровых установок, трубоукладочных и иных барж, плавучих баз для размещения персонала).

Ко второй категории ведущие МКО (Норвежский Веритас, Германский Ллойд, Американское Бюро Судостроения и др.) относят суда типа AHTS (Anchor Handling Tug Supply – буксир-снабженец-якорезаводчик), DSV (Dive Support Vessel – судно обеспечения водолазных работ), ROVSV (Remote Operated Vehicle support vessel – судно обеспечения работ дистанционно управляемых аппаратов), MPSV (Multi-Purpose Support Vessel – многофункциональное судно обеспечения), OCV (Offshore Construction Vessel – судно для подводных строительно-монтажных работ) и ряд других.

Сбор данных велся с судов следующих ведущих судоходных компаний мира:

1. Harvey Gulf International Marine (США);
2. SEACOR Marine (США);
3. Havila Shipping (Норвегия);
4. Simon Møkster Shipping (Норвегия);
5. Eidesvik Offshore (Норвегия);
6. Siem Offshore (Норвегия);
7. REM Offshore (Норвегия);
8. Bourbon (Франция);
9. E.R. Schiffahrt Offshore (Германия);
10. Maersk Supply Service (Дания);
11. Vroon Offshore Services (Нидерланды);
12. Deep Sea Supply (Кипр);
13. Topaz Marine (ОАЭ)
14. Swiber (Сингапур);
15. Jaya (Сингапур);
16. Swire Pacific Offshore (Сингапур);
17. Фемко-Менеджмент (Россия).

Авторами рассматривались только суда постройки 2005 г. и новее, оборудованные системами динамического позиционирования. Для удобства представления итоговой информации, суда были разбиты на три группы по степени их распространенности в оффшорном секторе, как перечислено ниже.

1. Суда доставки снабжения – PSV. Наиболее многочисленный тип судов в оффшоре. Для анализа взято 90 таких судов разных компаний.

2. Буксиры-снабженцы-якорезаводчики – AHTS. «Универсальные солдаты» оффшора, наиболее востребованный тип судов на сегодняшний день. Для анализа взято 80 судов данного типа.

3. Многоцелевые суда обеспечения – MPSV, DSV, OCV, ROV SV и аналогичные. Суда для проведения различных технологических вмешательств (водолазных, с помощью ROV-аппаратов, кранов и т.д.) были объединены в одну группу – MPSV. Было рассмотрено 30 судов такого типа.

Для каждой группы судов отмечалось также количество двойных и тройных гирокомпасных систем. Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты анализа систем курсоуказания современных оффшорных судов

Модель системы курсоуказания (изготовитель внешний вид)	Кол-во ГК по типам судов (общее/двойные/тройные)			Общее количество (по типам ГК)	
	PSV (90)	AHTS (80)	MPSV (30)		
				ед.	%
Маятниковые гирокомпасы (с гиросферой в поддерживающей жидкости)					
Standard 22 (Raytheon Anschutz)		<u>44</u> 10 / 34	<u>40</u> 30 / 10	<u>13</u> 2 / 11	97 48
Navigat X MK1 (Sperry Marine)		<u>14</u> 2 / 12	<u>19</u> 4 / 15	<u>14</u> 3 / 11	47 24
TG-8000 (Tokio Keiki)/ GC-80 (Simrad)		<u>26</u> 10 / 16	<u>15</u> 3 / 12	<u>1</u> 0 / 1	42 21
CMZ 900 (Yokogawa)/ AlphaBasic Course (Alphatron)		<u>4</u> 0 / 4	<u>2</u> 1 / 1	—	6 3
Сухие гирокомпасы (с динамически настраиваемым гироскопом)					
Meridian (SG Brown); AlphaMini Course (Alphatron) и аналогичные		<u>2</u> 0 / 2	<u>4</u> 3 / 1	<u>2</u> 0 / 2	8 4
Общее количество		<u>90</u> 22 / 68	<u>80</u> 41 / 39	<u>30</u> 5 / 25	200 100

Выпускающиеся на сегодняшний день гироскопические курсоуказатели для морских судов могут быть двух принципиально разных типов.

1. С непосредственным управлением – т.к. называемые маятниковые гирокомпасы. Чувствительный элемент такого ГК представляет собой гиросферу со смещенным центром тяжести, помещенную в поддерживающую жидкость. Принцип действия существенно не изменился со времен создания гирокомпаса в начале XX века. В этой связи, такие компасы часто называют «классические жидкостные» ГК. Особенность современных моделей – полностью электронное управление.

2. С косвенным управлением или гироазимуткомпасы. Чувствительный элемент современного ГК с косвенным управлением представляет собой миниатюрный электромотор – динамически настраиваемый гироскоп (ДНГ), положением которого можно управлять с помощью внешних

корректирующих моментов. Поддерживающая жидкость для таких ГК не требуется, поэтому их часто называют «сухими» или безжидкостными. Особенность ГК – малые габаритные размеры и вес, быстрый приход в меридиан.

Как видно из таблицы 1, наиболее популярной моделью курсоуказателя для оффшорных судов является классический жидкостный гирокомпас “Standard 22” производства немецкой компании Raytheon Anschutz. Такие компасы установлены на приблизительно половине исследованных судов. Предпочтение в пользу этой модели судовладельцы отдают, очевидно, благодаря ее высокой точности, устоявшейся многолетней репутации компании-производителя и широкой сети обслуживающих центров по всему миру. Выбор в пользу Anschutz Standard чаще всего делают европейские компании.

На втором месте по популярности находятся гирокомпасы серии “Navigat X mk1” производства американской компании Sperry Marine. Как и Raytheon Anschutz, эта старейшая компания по производству навигационной аппаратуры имеет устоявшуюся репутацию и широкую сеть сервис-центров и представительств по всему миру. Последняя линейка – “Navigat X” – также представляет собой классический жидкостный гирокомпас, по характеристикам не уступающий немецкому конкуренту. Гирокомпасы “Navigat X” чаще можно встретить на судах американских судоходных компаний.

На третьем месте по распространенности находятся гирокомпасы серии “TG-8000” производства японской компании Tokyo Keiki. Это одnogirosкопный жидкостный компас собственной разработки, несколько уступающий по точности немецким и американским изделиям, однако имеющий более демократичную цену, сложившуюся репутацию и широкую сеть обслуживающих центров по всему миру. Аналогичный гирокомпас под маркой “GC-80” выпускается в Европе компанией Simrad, входящей в корпорацию Kongsberg.

Еще одной японской моделью, находящей свою популярность, является “CMZ-900” производства компании Yokogawa, ранее выпускавшей свою продукцию под брендом Hocushin. Компас технологически схож с “Navigat X”, однако имеет несколько худшие характеристики по точности, но более демократичную цену. “CMZ-900” выпускается по лицензии в Европе концерном Alphasat, но под своей маркой “AlphaBasicCourse”.

Гирокомпасы с косвенным управлением на ДНГ также можно встретить на оффшорных судах, однако значительно реже. Ниже приведены основные модели.

1. “Meridian” – выпускается английской компанией SG Brown по лицензии Пермской научно-производственной приборостроительной компании (ПНППК, Россия), которая до этого разработала и наладила серийное производство таких популярных моделей российских ГК как «Гюйс» и «Гюйс-М», а позднее «Меридиан» и «PGM-C-009». Английский “Meridian” полностью аналогичен российскому «Меридиану».

2. AlphaMiniCourse – выпускается голландским концерном Alphasat также по лицензии ПНППК. Эта модель на российском рынке называется “PGM-C-009”. Гирокомпас отличается своей миниатюрностью.

Глобальная сеть представительств и сервис-центров компаний SG Brown и Alphasat значительно шире, чем у ПНППК, а потому можно прогнозировать дальнейшее увеличение доли таких гирокомпасов на рынке навигационной аппаратуры оффшорных судов. Пока она достаточно незначительна.

Гирокомпасы для оффшорных судов обеспечения должны в полной мере удовлетворять требованиям резолюции IMO A.424 (XI) к точности гирокомпасов для морских судов. Все рассмотренные модели им соответствуют с большим запасом. Кроме того, все гирокомпасы способны работать в объединенной системе курсоуказания, что является обязательным условием их установки в качестве датчиков для СДП. Сравнительная характеристика наиболее популярных моделей гирокомпасов для оффшорного флота представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика наиболее популярных моделей гирокомпасов для оффшорного флота

Характеристики	IMO A.424 (XI)	Standard 22	Navigat X MK1	CMZ 900/ AlphaBasicCourse	TG-8000/ GC-80	Meridian
Компания-производитель		Anschutz	Sperry Marine	Yokogawa / Alphasat	Tokyo Keiki/ Simrad	SG Brown, ПНППК
Страна		Германия	США	Япония/ Нидерланды	Япония/ Норвегия	Великобритания/ Россия
Тип чувствительного элемента		Маятниковый двухгирокомпасный с гиросферой в поддерживающей жидкости			Маятниковый одnogirosкопный жидкостный	С косвенным управлением, сухой на ДНГ

Продолжение таблицы 2

Точность статическая, °×секφ	0,75	0,1	0,1	0,25	0,3	0,1
Точность динамическая, °×секφ	0,75	0,4	0,4	0,75	0,5	0,30
Время прихода в меридиан	< 6 ч	3 – 6 часов (в зависимости от широты и начального отклонения от меридиана)				< 1 ч
Скорость отработки следящей системы, °/сек		100	100	30	75	200
Средняя наработка на отказ, ч		30000	40000	25000	35000	30000
Возможность автоматической скоростной/широтной коррекции		✓	✓	✓	✓	✓
Возможность работы в составе объединенной системы курсоуказания		✓	✓	✓	✓	✓
Габариты, мм	H	429	520	420	438	344
	L	414	404	500	340	267
	B	192	420	420	360	440
Масса основного прибора, кг		17,5	25	43	23	15,5
Энергопотребление		80 Вт	45 Вт 75 ВА	60 ВА	70 ВА	30 Вт
Регулярность обслуживания, лет		2 – 3	2 – 3	2	2 – 3	–

Выводы. Проведенный анализ систем курсоуказания современных судов ведущих оффшорных компаний мира выявил их характерные особенности.

Система точного измерения курса судна (Heading Reference System) – неотъемлемая часть комплекса динамического позиционирования. В качестве основного датчика курса для СДП применяются на сегодняшний день только гирокомпасы.

Для оффшорных судов класса DP2/DP3 необходимо иметь три параллельно работающих гирокомпаса, для судов класса DP1 требуется наличие одного или двух ГК, для судов класса DP0 необходим один ГК. Поскольку большинство современных высокотехнологичных судов шельфа судовладельцы предпочитают проектировать с запасом по надежности (как правило, под класс DP2, даже несмотря на то, что выполняемые ими операции, в основном, относятся к первому классу последствий), то тройные конфигурации для датчиков курса встречаются наиболее часто.

Наиболее распространенными гирокомпасами для оффшорных судов являются немецкие ГК серии “Standard” – классические жидкостные двухгирископные компасы. Также достаточно популярны американские ГК серии “Navigat X” и японские “TG-8000” (и аналогичные им “GC-80” европейского производства компании Simrad).

«Сухие» гирокомпасы, основанные на ДНГ (“Meridian”, “AlphaMiniCourse”), пока широкого распространения не нашли, однако налаженный в последние годы их серийный выпуск известными компаниями (SG Brown и Alphatron соответственно) позволяет в скором будущем прогнозировать рост их количества на судах шельфового флота.

Обязательным условием для установки курсоуказателя на суда с DP-классом является возможность работать в объединенной системе курсоуказания с резервированием. Наиболее распространенным способом резервирования для датчиков СДП является тройное резервирование по принципу голосования (voting logic redundancy).

Перспективою дальніших досліджень в даному напрямленні буде розглядання питань надійності систем позиціонування оффшорних судів, особливо применительно к задачам освоєння Чорноморського шельфа.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Ritchie G. Offshore Support Vessels. A Practical Guide / Gary Ritchie. — L.: The Nautical Institute, 2008. — 163 p.
2. Bray D. DP Operator's Handbook / Capt. D. Bray. — L.: The Nautical Institute, 2008. — 122 p.
3. Подпорин С.А. Сравнительный анализ современных систем курсоуказания морских судов / С.А. Подпорин // Сб. науч. трудов / Академия военно-морских сил им. П.С. Нахимова. — Севастополь, 2011. — Вып. 1 (5). — С. 200–205.
4. Подпорин С.А. К вопросу о классификации судов, оборудованных системами динамического позиционирования / С.А. Подпорин, Э.Б. Валиев // Современные проблемы в океанотехнике: матер. Всеукраинской науч.-техн. конф. — Севастополь, 2013. — С. 69–73.
5. Røkeberg H. Presentation of DP Class 2 and Class 3 / Holger Røkeberg // Dynamic Positioning Conference, 21 – 22 October, 1997. — Houston: Marine Technology Society, 1997. — P. 1–6.
6. International Maritime Contractors Association [Электронный ресурс]: Guidelines for vessels with dynamic positioning system. Maritime Safety Committee Circular MSC/Circ.645. — 1994. — Режим доступа: www.imca-int.com/media/74454/imcam113.pdf
7. Подпорин С.А. Требования к системам измерения курса для оффшорных судов обеспечения / С.А. Подпорин, Э.Б. Валиев. — Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах: сб. науч. тр. / Хмельницкий нац. ун. — Хмельницкий, 2013. — Вып. 2. — С. 39–44.

Поступила в редакцию 24.09.2014 г.

Подпорин С.А., Валиев Е.Б. Системы курсопоказания современных шельфовых судов обеспечения

Наведено основні особливості датчиків курсу для шельфових судів забезпечення, обладнаних системами динамічного позиціонування. Проаналізовано актуальні вимоги провідних класифікаційних товариств щодо конфігурації систем курсопоказання. Наведено дані статистичного аналізу датчиків курсу 200 сучасних оффшорних судів від провідних світових судноплавних компаній.

Ключові слова: курсопоказник, оффшорне судно забезпечення, гірокомпас, система динамічного позиціонування, DP-клас судна.

Podporin S.A., Veliyev E.B. Heading reference systems for offshore support vessels

Main features of heading sensors for offshore support vessels equipped with dynamic positioning systems are considered. Existing requirements of leading class societies for HRS configuration are analyzed. Statistical data analysis based on HRS of 200 modern offshore support vessels from leading world companies is presented.

Keywords: heading sensor, offshore support vessel, gyrocompass, dynamic positioning system, ship's DP class.