

ОДЕССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра ЭКС

Факультет морского судовождения

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине «Современные информационные технологии в
судовождении»
(5-ый курс судоводители)

Составлен доц. ЗАЙЧКО С.И.

Утвержден на заседании кафедры ЭКС

Протокол № 15 от 13.04.2010

Одесса, 2010

ЛЕКЦИЯ №1

Тема: Общие сведения об информационных технологиях

1. Введение

Стремительное развитие науки и техники привело к созданию принципиально новых систем управления техническими объектами в промышленности и на транспорте. Это касается и морских судов, на которых, как показывает история, во все времена находили применение последние достижения науки и техники.

На современном этапе особенно следует выделить успехи развития двух наук: **электроники** и **информатики**. Они оказывают большое влияние на все сферы экономики и общественные процессы. Не является исключением и судоходство.

Прежде всего, необходимо отметить влияние на судоходство **микрoeлектроники**, развитие которой началось в шестидесятых годах XX века. В результате появилась микропроцессорная техника, ставшая основой автоматизации практически всех процессов, среди которых главное значение имеют информационные.

Применение микропроцессорной техники для целей судоходства позволило:

- усовершенствовать судовые технические средства,
- создать новые навигационные приборы и системы, значительно повысившие точность и надежность судоходства;
- разработать более совершенные датчики информации о параметрах судовых технологических процессов;
- производить обработку информации в реальном масштабе времени;
- улучшить качество управления судном, благодаря использованию более полной информации о процессе судоходства, а также за счет освобождения штурманского состава от рутинных операций по поиску информации и ее обработке;
- улучшить контроль работы бортовых технических средств и повысить безопасность судна;
- использовать в трудных случаях помощь квалифицированных береговых специалистов, создав возможность быстрой передачи им и отображения на берегу больших массивов информации, характеризующей развитие ситуации в процессе движения судна;
- отойти от традиционной жесткой организации систем управления судном и обеспечить их *открытость* путем интеграции с помощью информационных каналов;

- выполнить автоматическое решение ряда «интеллектуальных» задач, связанных с управлением судном, его безопасностью, контролем технических средств;
- получить другие результаты.

Важным направлением стала и *оптическая электроника*, достижения которой все шире используются на судах. Здесь можно назвать бортовые системы ночного видения, лазерные локаторы, построенные с помощью волоконно-оптических каналов интегрированные системы управления судовыми технологическими процессами и др.

В последние годы развивается *наноэлектроника*. Создаваемые в рамках этого направления технологии позволят работать на «атомном» уровне и получать миниатюрные мощнейшие средства для хранения и обработки информации. С помощью технологий наноэлектроники на стандартной кремниевой полупроводниковой пластине можно создать запоминающее устройство, равное 250000 компактному диску.

Следует отметить, что для **информатики** электроника стала технической базой, позволяющей воплощать разрабатываемые в рамках информатики методы сбора, обработки и передачи информации в жизнь.

В информатике различают теоретическое и практическое направления. *Теоретическая информатика* - это наука о структурах, основывающихся на математике и логике. *Практическая информатика* является инженерной дисциплиной, опирающейся на информационные системы и сети (архитектура ЭВМ, операционные системы, технологии программирования, информационные технологии и т.д.).

Информационная технология представляет собой совокупность конкретных технических и программных средств, с помощью которых выполняются разнообразные операции по обработке информации во всех сферах жизни и деятельности. Иногда информационную технологию называют *компьютерной технологией* или *прикладной информатикой*.

Применение современных информационных технологий позволило достичь значительных успехов при автоматизации подготовки решений по управлению судном, обеспечению его безопасности и для контроля технических средств. В решении этих задач используются достижения в области математики и логики: формальной (математической) и нечеткой.

В настоящее время при автоматизации различных процессов, в том числе и судовых, значительную роль играют микроэлектронные управляющие устройства с программируемой логикой, называемые **программируемыми логическими контроллерами** – ПЛК (PLC's - Programmable logic controllers). Это сохраняющие программу устройства, позволяющие пользователю (разработчику) запрограммировать выполнение серии событий в определенной их последовательности: одно за другим, либо в заданные моменты времени, либо по результатам подсчета каких-то величин.

Выполнение программы в ПЛК построено по «принципу реакции» в реальном времени на входные события. Т.е. программа непрерывно работает по замкнутому циклу, выдавая «наружу» определенные сигналы в моменты

наступления предусмотренных входных событий. Это могут быть моменты выполнения каких-то условий, либо моменты, определяемые таймером, либо моменты активации оператором той или иной клавиши и т.д.

Выдаваемые контроллером сигналы могут включать и выключать то или иное оборудование, изменять режимы работы технических средств и производить другие действия.

По «принципу реакции» на входные события работают программы, составленные на языках программирования С, PASCAL и ряда других. Отличительными свойствами ПЛК считаются:

- работа в режиме реального времени, то есть соблюдение гарантированного времени реакции на входные события;
- возможность использования одного из трех языков программирования, описанных в стандарте Международной электротехнической комиссии для ПЛК.

В настоящее время в автоматизации различного рода установок наблюдается сдвиг от применения специализированных ПЛК, созданных на основе оригинальных аппаратных средств, в сторону универсальных контроллеров на базе персональных компьютеров. Главные разработчики систем управления уже перешли к использованию ПЛК, построенных в промышленном исполнении на базе персональных компьютеров.

Контроллеры с программируемой логикой хорошо приспособлены к выполнению, так называемого, *ситуационного (кондиционального) управления*. Задачи такого управления характеризуются известным набором ситуаций и соответствующих им решений.

2. Информационные системы.

Информационная система – это автоматизированная система, предназначенная для хранения, передачи или обработки информации.

Обобщенно, понятие *информация* может быть истолковано, как некоторая совокупность сведений, определяющих меру наших знаний о тех или иных процессах, событиях, явлениях, фактах и их взаимосвязи.

Применяются и более узкие определения, основанные на привязке понятий к области их использования. *Информацией* в этом случае считаются данные, оказывающие влияние на рассматриваемую задачу и используемые при ее выполнении.

Применительно к системам управления, **информация** представляет собой сведения, характеризующие систему управления, ее внешнюю среду, и используемые в процессе принятия решений или в связи с осуществлением тех или иных действий с системой.

Современные информационные системы базируются на микропроцессорной технике. Основными средствами обработки информации в них являются компьютеры. Поэтому информационные системы часто называют *компьютерными системами*.

Средства информационной системы. В общем случае информационная система содержит следующие подсистемы:

- аппаратного обеспечения (комплекс технических средств);
- программного обеспечения (совокупность моделей, методов, алгоритмов и программ реализации целей);
- информационного обеспечения (набор средств классификации, кодирования, унификации, документации);
- организационного обеспечения (методы и средства работы персонала, осуществляющего эксплуатацию системы);
- правового обеспечения (совокупность правовых норм, определяющих юридический статус системы).

Аппаратное обеспечение – это набор электронных, электрических и механических устройств, входящих в состав информационной системы. Оно включает измерительные устройства и другие источники информации, процессоры, блоки памяти, устройства отображения и регистрации информации, средства сигнализации и т.д.

Под *информационным источником* понимается объект, в котором возникает информация. Им могут быть различные технические устройства – датчики или преобразователи.

Программное обеспечение представляет собой совокупность программ, обеспечивающих работу системы и выполнение ее функций, а также создание новых программ.

Программное обеспечение информационной системы состоит из четырех основных частей:

- операционной системы, управляющей работой всего оборудования;
- программ платформы, преобразующей интерфейсы операционной системы в нужную форму и предоставляющей необходимые виды информационных услуг;
- прикладных программ, выполняющих задачи, ради которых создана информационная система;
- программ области взаимодействия, предоставляющей услуги связи прикладных программ, расположенных как в одной, так и в группе информационных систем.

Задачи информационных систем. Все средства информационных систем направлены на обеспечение решения ее главных - *информационных* задач:

- сбора, регистрации, упорядочивания, защиты, обработки и представления информации,
- быстрой выдачи необходимых справок,
- оперативного выполнения заданий оператора,
- контроля и устранения ошибок в информации, находящейся в памяти,
- обновления хранящейся информации с целью приведения ее на уровень современности.

Поэтому методы и виды получения, регистрации, упорядочивания, хранения, поиска, обработки, защиты сведений, приведения их на уровень

современности, представления данных потребителям имеют в информационных системах первостепенное значение. Охарактеризуем лишь некоторые из способов оперирования с данными.

Виды ввода данных в систему. Информационные системы обеспечивают автоматический ввод данных в свою память через каналы связи, с электронных носителей (дисков и дискет) и занесение данных вручную.

Виды доступа к данным. В информационных системах доступ к хранящимся в памяти сведениям может быть следующим:

- только для чтения (Read only);
- для чтения и модификации с сохранением старой информации (Read and Modify);
- для чтения, модификации и стирания устаревшей информации (Read, Modify and Delete).

Методы поиска данных. Поиск нужных сведений в памяти информационных систем может осуществляться разными способами: по смысловому содержанию (по ключевому слову), по однозначно определяемому их признаку (наименованию или идентификатору), по совокупности таких признаков, по месту расположения сведений в памяти (по номеру страницы при страничной организации данных) и другими способами. Любой эффективный поиск, требующий минимальных затрат труда и времени, основывается на систематизированной организации информации в памяти системы. Из упорядоченных структур данных можно назвать записи, списки, таблицы, массивы, файлы, различного вида базы данных и базы знаний.

В навигационных информационных системах с электронными картами распространен поиск сведений о картографических объектах путем наведения курсора на интересующий объект.

Способы защиты данных. Для защиты данных используются разные системы паролей, ключей, устанавливаются определенные виды допуска к сведениям, вводятся ограничения на доступ к различным частям памяти, и принимаются другие меры.

Пользовательский интерфейс системы – это совокупность средств, определяющих процедуры взаимодействия оператора с информационной системой.

В современных информационных системах применяются развитые средства для общения пользователя с системой: пассивный диалог, активный диалог, а также их сочетания. При ведении диалога используются возможности интерактивных видеоустройств. Реализуются системы общения, сочетающие печатный текст, графику, речь, звуковые и видео эффекты. Все шире внедряются программы динамического отображения графики, в том числе трехмерной. Используется полиэкранный режим работы дисплея.

В ИСМ в основном реализован визуальный графический пользовательский интерфейс, дополненный элементами речевого интерфейса.

Визуальный графический пользовательский интерфейс системы организуется с помощью стандартных интерфейсных элементов, отображаемых на экране. Управление этими элементами производится с помощью манипулятора (джойстика, трекбола, мышки), и/или клавиатуры, и/или применением так называемой *touch screen* технологии.

3. Характеристики информационных систем.

Работу информационных систем характеризуют определенные показатели. Ряд из них освещен ниже.

Количество информации. Для хранения, передачи и восприятия информации существенное значение имеет ее объем. В информационных системах при передаче и хранении сведения обычно представляется в виде последовательности некоторых символов, чаще всего букв и цифр. Поэтому объем информации принято определять количеством символов, в байтах. Байт обычно состоит из восьми двоичных разрядов, что позволяет записать в закодированной форме 256 различных символов.

Наименьшей единицей количества информации является *бит*. Это название происходит от английского сокращения "*binary digit*" - двоичный разряд. Последовательность смежных бит, рассматриваемая как единое целое, именуется *байт*. Широко используются сокращения, обозначающие:

- тысячу байт - *килобайт* (Кбайт),
- миллион байт - *мегабайт* (Мбайт),
- миллиард байт - *гигабайт* (Гбайт),
- триллион байт - *терабайт* (Тбайт).

Ценность информации – характеристика важности ее для решаемой задачи. Например, в системах управления ценность информации определяется ее значением для правильного выбора решений. Существенны здесь два фактора: весомость самого решения и степень влияния информации на его выбор. Сообщения об аварийных ситуациях в *ИСМ* имеют для судоводителя большую ценность, чем обычные учетные данные.

Более ценные сведения передаются системой в первую очередь. Это достигается введением *приоритетов* на посылаемую информацию.

С увеличением объема сообщения не обязательно возрастает его ценность. Иногда краткое послание имеет несоизмеримо большую ценность, чем текст на многих страницах.

Достоверность информации – степень соответствия информации процессу или объекту, который она отражает. В случаях представления информации в буквенно-цифровом виде достоверность информации количественно оценивается *вероятностью не искажения принимаемого символа*. Эта вероятность выражается отношением числа неискаженных символов к общему их числу в достаточно длинном сообщении.

Точность информации – степень соответствия значений тех или иных параметров (или совокупности параметров) их истинным значениям. Количественно точность характеризуется с помощью различных оценок:

абсолютной, относительной, среднеквадратической погрешностью и другими показателями.

Надежность информации – стабильность характеристик достоверности (точности) получаемых от системы данных на определенном промежутке времени. Численно надежность информации характеризуется вероятностью нахождения показателей достоверности (точности) в допустимых пределах в течение заданного интервала времени.

Полнота информации – характеристика достаточности содержания в ней данных, существенных с точки зрения решаемой задачи. Упрощенно она оценивается отношением количества получаемой информации к требуемому для задачи ее объему.

Действительность (своевременность) информации – пригодность сведений к решению задачи в текущий момент. Означает, что данные не потеряли своей ценности из-за старения.

Целостность информации – достоверность, надежность, полнота и действительность данных, на основе которых принимаются решения.

Пропускная способность - показатель эффективности информационной системы или сети. Она зависит от рассматриваемой задачи и определяется числом выполняемых команд в секунду, заданий в час и т.д. Пропускная способность коммуникационной сети оценивается числом блоков данных, передаваемых в единицу времени.

Защищенность информации – способность данных противостоять несанкционированным, непреднамеренным и злоумышленным искажениям.

Производительность источника данных – количество информации, вырабатываемое им в единицу времени.

Надежность информационной системы определяется, как ее способность работать без отказов. Численно надежность характеризуется временем наработки на отказ.

Готовность (доступность, активность) информационной системы – это ее способность предоставлять потребителям необходимые сведения в требуемые моменты времени. Количественно доступность оценивается отношением времени передачи системой сообщений на определенном интервале к продолжительности этого интервала, либо вероятностью получения информации на конкретном промежутке времени.

Частота передачи информации – количество посылок системой данных в единицу времени. Это показатель систем, передающих данные через определенный период. Взаимосвязанным с этим показателем является *дискретность передачи данных*, характеризуемая интервалом времени, через который система передает сведения.

Латентностью (задержкой) информационной системы называется время, затрачиваемое ей на подготовку сведений к передаче по каналу.

Из перечисленных выше характеристик при рассмотрении конкретных информационных систем выбираются те, которые существенны для решаемых с помощью этих систем задач.

4. Системы информационной поддержки принятия решений

Система поддержки принятия решений (СППР) представляет собой один из видов информационных систем. Термин "*система поддержки принятия решений*" появился в начале 70-х годов XX века. Однако, до сегодняшних дней он не нашел единого общепризнанного определения ни у ученых, ни у разработчиков.

В данной книге используется одно из имеемых определений этой системы, основанное на следующих соображениях. При рассмотрении процессов управления применяется схема поэтапного (технологического) цикла принятия решения, охарактеризованная в 1.2. Осветим ее подробнее.

Первый этап - это этап накопления системой управления определенного объема данных о своем состоянии и состоянии внешней среды, обработки этих данных, анализа и прогнозирования состояния системы и внешней среды на определенное время вперед. Это также этап осознания системой удовлетворительности или неудовлетворительности ситуации, в которой она находится в настоящее время, или в которой она окажется в ближайшем будущем.

На втором этапе ставится цель о некотором другом состоянии, в которое желательно перевести систему.

На третьем этапе определяются пути достижения системой поставленной цели. Здесь важно рассмотреть все возможные варианты решений, даже избыточные, т.е. установить множество возможных решений и выделить из него допустимые варианты.

Четвертый этап состоит в выборе из множества допустимых решений наилучшего. Этот этап является самым главным, однако, без первых трех этапов его осуществить невозможно.

Пятый этап – реализация решения.

Первые три этапа обычно называются *подготовкой решения*, а четвертый – *принятием решения*.

В свете данной схемы любое средство, которое осуществляет или поддерживает функции подготовки решения, может образовывать СППР. Из этого же следует, что многие из информационных систем могут называться системами поддержки принятия решений: автоматизированные системы управления разными объектами, системы диспетчерского управления, системы управления базами данных, экспертные и другие системы.

Поэтому ниже под **системой поддержки принятия решений** понимается компьютерная информационная система, данные которой используются для принятия решений в ситуациях, где невозможно или нежелательно иметь автоматические системы, полностью выполняющие весь процесс выработки управляющих воздействий.

СППР может рассматриваться как комплекс средств, автоматизирующих информационные процессы подготовки решений при управлении и оказывающих помощь руководителю в ходе выполнения поставленной задачи. Эта система предназначена обеспечить возможность учета всей

требуемой при управлении информации, сократить до минимума время ее обработки, представить в концентрированном виде данные, необходимые для принятия решений, а также в ряде случаев подготовить варианты допустимых решений и рекомендовать из них наилучший (по заложенному критерию).

5. Информационные сети.

Под **информационной сетью** обычно понимается совокупность взаимодействующих информационных объектов (систем) с выделенными связями (информационными каналами) между ними, предназначенная для обработки, хранения и передачи данных. Учитывая главенствующую роль компьютеров как средств оперирования с данными, информационные сети называют также **компьютерными сетями**.

Информационный канал представляет собой средство (коммуникационную среду), по которому в сети передаются сигналы, данные. Это может быть двухпроводный, коаксиальный либо другого вида кабель, а также эфир. Совокупность информационных каналов, с помощью которой образуется информационная сеть, называется **коммуникационной подсетью**.

Информационные сети могут быть локальными и территориальными (отраслевыми, региональными, глобальными).

Локальная сеть – *LAN* (Local area net), характеризуется тем, что входящие в нее информационные объекты (системы) расположены на небольшом расстоянии друг от друга, в пределах 10÷20 км. Довольно часто они помещаются в одном здании или на одном предприятии.

Информационные объекты **территориальной сети** могут находиться друг от друга на несколько десятков тысяч километров.

Судовые многокомпьютерные структуры относятся к *LAN*. Поэтому ниже изложение касается только локальных сетей. Применяются две архитектуры локальных сетей. Архитектура *клиент-сервер* позволяет эффективно использовать ресурсы серверов. *Одноранговая архитектура* предполагает взаимодействие равноправных абонентских систем.

Локальные сети классифицируются по различным признакам. **По технологии передачи данных** выделяются сети с маршрутизацией данных и сети с селекцией данных. Первые каждый блок данных передают только одной системе-адресату, а вторые - всем системам.

В зависимости от используемых физических средств соединения различают локальные кабельные сети и беспроводные *LAN*. Значительная часть международных требований к локальным сетям определена Институтом инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (ИИЭР).

Среди локальных сетей выделяют также видео сети, операционные сети, радиосети, малые сети.

Особо следует отметить тип *LAN*, предложенный корпорацией Xerox, - **сеть Ethernet**. Благодаря совместным разработкам корпораций Xerox, DEC,

Intel, эта сеть в своем развитии прошла несколько этапов и была утверждена в качестве стандартов ИИЭР. Основой сети Ethernet является магистральный моноканал, который может соединять до 1024 абонентских систем. Этот тип информационной сети получил довольно-таки широкое распространение на предприятиях и в организациях. Применяется она и на судах. По каналу Ethernet, например, в некоторых ECDIS и в цифровых радиолокационных системах передается изображение от основных модулей на периферийные персональные компьютеры. Это обеспечивает возможность капитану и старшему помощнику в своих каютах на экране ПК контролировать прокладку судна на электронной карте и/или вести радиолокационное наблюдение

Малые расстояния передачи данных позволяют применять в локальных сетях высоконадежные каналы связи и обеспечивать большие скорости передачи информации. Коммуникационная подсеть *LAN* может иметь четыре формы: узловую, моноканальную, поликанальную, циклическую кольцевую.

Информационный канал, по которому объекты сети обмениваются данными, состоит из собственно канала и блоков доступа к нему (*интерфейсных устройств*), обеспечивающих подсоединение отдельных систем к сети. Под *интерфейсом* обычно понимаются средства, обеспечивающие взаимодействие объектов. Задачей интерфейса является определение и реализация параметров, процедур и характеристик «общения» любых партнеров. Ими могут быть функциональные блоки, устройства, программы, системы, сети и т.д.

Магистральный канал предназначается для передачи данных большого числа систем. Такой канал имеет высокую надежность и обладает большой пропускной способностью. В этой связи, магистральные каналы строятся, как правило, на основе оптических или коаксиальных кабелей, либо эфира.

По оптическим каналам передаются сигналы, в которых данные закодированы изменениями излучения света. Оптические каналы называются также волоконно-оптическими (фибро-оптическими) линиями связи. Каждая такая линия состоит из световодов, дополняемых при больших расстояниях передачи данных оптическими усилителями. Источник света (оптический передатчик) управляет лазером, реже светодиодом. Прием света осуществляется фотодиодом.

Световод является оптическим волноводом, который создается из стекла либо кварца. Световод представляет собой тонкое (диаметром 10–125 мкм) оптическое волокно в виде прозрачной, чаще всего - кварцевой, нити. Последняя окружена защитной оболочкой из стекла со значительно меньшим коэффициентом преломления, чем сердцевина. Оболочка образует «зеркало», необходимое для того, чтобы задержать свет в сердцевине и не дать ему уйти через ее боковые стенки наружу. Нередко сердцевина покрывается пластмассой. Такие световоды дешевле, однако, менее надежны в работе. Это связано с тем, что стекло, в отличие от пластмассы, не стареет, не подвержено воздействиям влаги и температуры. Для защиты от внешних

механических воздействий двухслойное волокно покрывается резиновым или пластмассовым покрытием.

Световод обладает большой пропускной способностью. Он хорошо защищен от электромагнитных помех. В отличие от электрических проводов в нем при передаче сигнала никогда не могут появиться искры и возникнуть пожар.

В кварцевых световодах удается передавать данные со скоростью $100 \div 10000$ Мбит/с на расстояние до нескольких сот километров без применения повторителей. В длинных оптических каналах используются оптические усилители. Световодные каналы называются также *фиброоптическими кабелями*.

Информационная сеть, построенная с помощью световодов, называется **фиброоптической сетью** – *FAN* (Fiber optic area net). Беспроводные оптические линии связи именуется *лазерными каналами*.

Документы, определяющие правила и процедуры подключения систем к сети, называются **протоколами**. Такие протоколы вырабатываются и утверждаются ИИЭР, а также Международной электротехнической комиссией – МЭК (IEC - International Electrotechnical Commission).

ЛЕКЦИЯ №2

Тема: Микропроцессорные датчики навигационной информации

Устройства, которые являются источниками данных, получаемых на основе измерений, именуют по-разному: измерительными приборами, измерительными системами, датчиками информации. Бортовые приборы, которые служат для измерений навигационных параметров судна, называются навигационными датчиками.

Достоинства *НИС*, как системы предназначенной для облегчения судоводителям безопасной и эффективной проводки судна из порта отхода в порт назначения, в большой мере определяются составом и характеристиками ее датчиков навигационной информации.

1. Характеристики навигационных измерительных устройств.

Виды кинематических параметров судна. Традиционно параметры положения и движения корпуса надводного судна принято разделять на три группы:

- Навигационные параметры;
- Параметры посадки судна;
- Параметры качки.

Навигационными параметрами называют величины, характеризующие движение судна в горизонтальной плоскости без учета влияния волнения. К ним относятся: данные о позиции судна, его элементы движения, ориентация ДП и глубина под килем.

Параметрами посадки судна являются его осадка, крен и дифферент при отсутствии волнения.

Параметры качки включают составляющие движения корпуса судна по всем степеням свободы, вызванные действием волн. Это параметры:

- килевой качки (Pitch);
- бортовой качки (Roll);
- рыскания (Yaw);
- отклонений в продольном движении центра массы (ЦМ) судна от равномерного перемещения (Surge);
- боковых смещений ЦМ судна (Sway);
- вертикального перемещения ЦМ судна (Heave).

В этой главе характеризуются приборы, измеряющие *навигационные* параметры судна – датчики навигационной информации.

Классификация навигационных датчиков по виду измеряемого параметра. Устройства, с помощью которых получают значения навигационных параметров судна, могут классифицироваться по различным признакам. *По виду измеряемого параметра* навигационные датчики разделяются на:

- приборы для определения положения судна (позиционные датчики);
- курсоуказатели;
- измерители скорости и проходимого расстояния (лаги);
- датчики скорости поворота судна;
- эхолоты;

- комбинированные датчики.

Эксплуатационные характеристики навигационных датчиков. Способность навигационных измерительных устройств с той или иной эффективностью выполнять свою задачу отражается их эксплуатационными показателями. К основным эксплуатационным характеристикам навигационных датчиков относятся:

- зона действия (диапазон измерений),
- разрешающая способность,
- точность,
- надежность,
- помехозащищенность,
- продолжительность одного измерения,
- частота измерений.

Приведем определения для основных характеристик датчиков, измеряющих значения только одного параметра, условно обозначим его Y .

Диапазон измерений (Y_m) навигационного датчика определяется минимальным (Y_{\min}) и максимальным (Y_{\max}) значениями измеряемой величины:

$$Y_m = Y_{\max} - Y_{\min}.$$

Разрешающая способность (ΔY) датчика представляет минимальную величину приращения параметра Y , которая еще может быть измерена прибором. Разрешающая способность измерительных устройств определяется при испытаниях или вычисляется через допустимую относительную погрешность ε прибора. Если ε выражено в процентах, то:

$$\Delta Y = Y_m \frac{2\varepsilon}{100}.$$

Точность навигационного датчика – это характеристика степени соответствия показаний прибора истинным значениям параметра. Общепринятым показателем точности в судовождении является величина 95% погрешности измерения ($P=0.95$).

Надежность является характеристикой, отражающей способность навигационного датчика эффективно выполнять свою задачу в течение определенного времени. Надежность оценивается вероятностью безотказной работы аппаратуры, временем наработки на отказ и другими показателями.

Помехозащищенность представляет способность прибора эффективно работать в условиях действия различных помех.

Продолжительность одного измерения – это интервал времени от момента начала измерения параметра до момента выдачи результата. Когда такое время пренебрежительно мало, измерения называются *мгновенными*.

Дискретность измерений определяется интервалом времени между выдачей результатов двух последовательных измерений параметра. Когда такой промежуток является достаточно малым, измерения считаются *непрерывными*.

Обратная к дискретности величина называется *частотой измерений*.

2. Электронные позиционные датчики.

Позиционными датчиками называются навигационные измерительные устройства, предоставляющие информацию о координатах места судна. Они могут быть различных видов: радионавигационными, астронавигационными, радиолокационными, оптическими.

На современном этапе основными судовыми позиционными приборами стали приемоиндикаторы спутниковых навигационных систем: американской (GPS) и российской (ГЛОНАСС). Роль береговых радионавигационных систем в выполнении задачи определения положения судов снизилась. РНС «Омега» уже выведена из эксплуатации. Действие системы «Декка» планируется прекратить в ближайшие годы.

РНС «Лоран-С» по плану будет оставаться в эксплуатации до 2015 года и служить в качестве независимого средства, позволяющего обнаружить нарушения в правильности выдаваемой приемоиндикаторами спутниковых навигационных систем информации.

Стандарты глобальных позиционных систем, установленные для обеспечения качественного решения всех задач мореплавания (включая непрерывное представление места судна на электронных картах, управление движением по заданной траектории, мониторинг судов, поиск и спасение и т.д.), основываются на требованиях морских пользователей. Для удовлетворения этим требованиям аппаратура позиционных средств должна иметь необходимые системные характеристики (точность, целостность, доступность, зона действия, надежность, непрерывность).

Целостность – это способность системы своевременно обнаруживать свое неправильное функционирование и оперативно оповещать потребителей о любых нарушениях своей работоспособности. Основными, характеризующими целостность позиционных систем показателями, являются: предел защиты, время оповещения, риск ошибки.

Предел защиты – максимальная допускаемая погрешность определения координат потребителей в пределах рабочей зоны, в случае превышения которой должен подаваться сигнал предупреждения о неисправности.

Время оповещения – максимальное допустимое время между моментом выхода параметров позиционной системы за допустимые пределы и моментом приема потребителем сигнала, сообщающего об этом факте.

Риск ошибки (*вероятность не обнаружения неисправности*) – вероятность того, что погрешности позиционной системы могут превышать предел защиты большее время, чем интервал оповещения.

Доступность позиционной системы – это вероятность того, что в заданном промежутке времени потребитель будет обеспечен необходимой информацией о месте судна с установленной точностью и достоверностью.

Зона действия – район, в котором позиционной системой обеспечиваются навигационные определения с заданным уровнем точности и надежности.

Непрерывность функционирования – вероятность безотказной работы позиционной системы в течение времени выполнения задания.

Основные характеристики GPS и ГЛОНАСС сведены в табл. 4.2, где UTC (USNO), UTC (SU) – универсальное координированное время военно-морской обсерватории США и Российской Федерации (UTC – Coordinated Universal Time, USNO – US Naval Observatory, SU – Soviet Union или RF – Russian Federation).

В таблице не учтено, что последние модернизированные образцы бортовой аппаратуры GPS для гражданских морских судов в обычном (не дифференциальном) режиме обеспечивают точность получения горизонтальных координат $\pm 10 \div 15$ м.

Как можно заметить, приемоиндикаторы среднеорбитальных СНС по сути являются **комбинированными датчиками параметров движения судна**, измеряющими его координаты, путевой угол и путевую скорость. Кроме того, при небольшой доработке они дают возможность получать также курс судна и параметры бортовой и килевой качки.

Таблица 1.

Основные характеристики среднеорбитальных СНС.

Характеристика	GPS	ГЛОНАСС
Количество навигационных спутников	24+3 (резервных)	24+3 (резервных)
Количество плоскостей орбит	6	3
Угол между плоскостями соседних орбит, град.	60	120
Наклон плоскости орбит к экватору, град.	55	64,8
Радиус орбит, км.	20145	19100
Период обращения спутников	12 час	11 час 15 мин
Технологии разделения каналов	Кодовая	Частотная
Несущие частоты, МГц. F1 F2	1575,42 1227,60	1602,56...1615, 50 1246,44...1256, 50
Навигационные сигналы: Стандартной точности Высокой точности	C/A-код P-код	C/A-код P-код
Частота последовательности импульсов в навигационных сигналах, МГц: C/A-код P-код	1,023 10,23	0,511 5,11
Режимы обслуживания	SPS, PPS	Единый
Системное время	UTC (USNO)	UTC (SU)
Опорная координатная система	WGS84	SGS90
Метод определения положения объекта	Псевдодальномерный	Псевдодальномерный
Метод определения скорости объекта	Псевдорадiallyно-скоростной	Псевдорадiallyно-скоростной
Погрешности (95%) аппаратуры гражданских потребителей при определении: Плановых координат, м. Высоты, м Скорости, м/с Времени, мкс	10 15 0,4 0,68	10 15 0,3 1,4

3. Электронные магнитные компасы.

Конвенционными курсоуказателями на морских судах являются гирокомпасы (ГК) и магнитные компасы (МК). Необходимость установки этих приборов на морских судах определена правилом 19 главы 5 международной конвенции СОЛАС74. В качестве основного датчика курса обычно применяется ГК. Магнитный компас является резервным курсоуказателем.

В течение многих лет на флоте используются гирокомпасы с вращающейся массой (ротатором) и картушечные магнитные компасы. Курсоуказатели этих видов ниже называются *традиционными*.

Электронные магнитные компасы. Одними из недостатков традиционных магнитных компасов являются: наличие на качке знакопеременной погрешности, вызванной действием ускорений на картушку, и непригодность к передаче показаний на авторулевую, автопрокладчик и другим потребителям информации о курсе.

Эти недостатки устранены в электронных магнитных компасах (ЭМК). В них определение курса *основано на измерении составляющих вектора напряженности магнитного поля Земли.*

Если на судне с достаточной точностью получить продольную H_x и поперечную H_y (относительно ДП судна) компоненты напряженности геомагнитного поля, то по их значениям можно найти магнитный курс судна:

$$MK = \arctan \frac{H_y}{H_x}.$$

С приближением к магнитным полюсам уменьшается горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля и увеличивается магнитное наклонение, что делает показания магнитного компаса менее точными и надежными. В районах магнитных полюсов из-за вертикального направления магнитных силовых линий ($H_x=0$, $H_y=0$) курс определить невозможно.

Виды магнетометров. Приборы, измеряющие напряженность магнитного поля, называются *магнетометрами*. Напряженность магнитного поля Земли очень мала. Поэтому для получения значений курса требуются высокочувствительные датчики магнитной напряженности. К ним относятся:

- флюксгейт (FG) магнетометры;
- магниторезисторные (MR) датчики;
- магнитоэластиковые приборы;
- датчики, основанные на эффекте Холла.

Наибольшее применение в электронных магнитных компасах нашли флюксгейт-датчики. **Флюксгейт магнетометры** являются чувствительными элементами большинства морских ЭМК, получивших название *флюксгейт-компасов*. На современном этапе в ЭМК используются и MR-магнетометры.

Электронный магнитный компас включает либо два магнетометра, измеряющих продольную и поперечную (по отношению к корпусу) судна составляющие напряженности геомагнитного поля в горизонтальной плоскости, или совокупность трех магнетометров, дающих значения двух горизонтальных и дополнительно вертикальной компонент напряженности магнитного поля.

Компас с системой двух магнетометров включает платформу с X- и Y-магнетометрами, измеряющими напряженность магнитного поля по осям OX и OY , модуль обработки сигналов и коррекции работы датчиков, индикатор курса и систему, обеспечивающую стабилизацию платформы в горизонтальной плоскости. Блок-схема электронного компаса с двумя магнетометрами представлена на рис. 1.

Обычно платформа с датчиками имеет пониженный центр тяжести, создаваемым свинцовым грузиком. Для обеспечения горизонтального положения она устанавливается на кардановом подвесе и помещается в камеру, заполненную легким маслом. Масло служит для демпфирования колебаний платформы на качке.

Задачи обработки сигналов датчиков и коррекции их работы включают учет различных факторов с целью получения точного значения истинного курса. Эти функции могут реализовываться программно или конструктивно. Обычно используется первый путь. В этом случае сигналы датчиков преобразуются в цифровую форму и обрабатываются в микроконтроллере. Дополнительно к выполняемым расчетам

микроконтроллер вырабатывает сигналы, обеспечивающие эффективную работу датчиков (устранение дрейфа нуля и подавление ряда возмущений). При обработке данных компенсируется влияние температуры на результаты измерений, учитываются магнитное склонение и девиация.

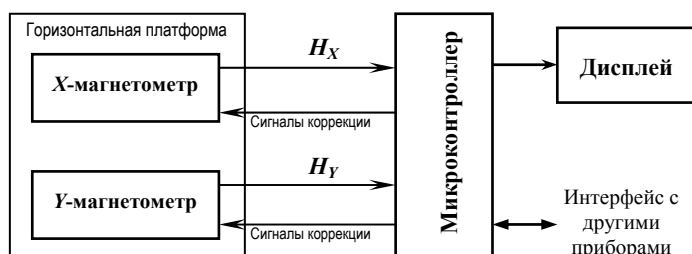


Рис. 1. Блок-схема электронного компаса с двумя магнетометрами.

Компасы с системой трех магнетометров не имеют движущихся частей. Дополнительно к магнетометрам они включают датчик килевой и бортовой качки (двухкоординатный инклинометр).

Блок-схема электронного компаса с тремя магнетометрами представлена на рис. 2.

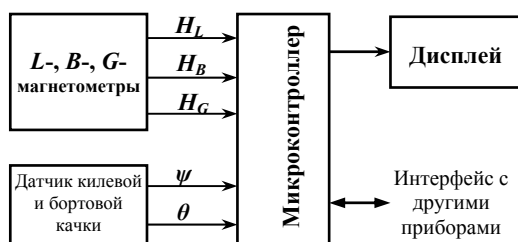


Рис. 2. Блок-схема электронного компаса, не имеющего подвижных частей.

Магнетометры измеряют составляющие напряженности геомагнитного поля в системе координат $OLBG$, жестко связанной с судном. Значения горизонтальных составляющих H_x , H_y рассчитывается аналитически по данным магнетометров и инклинометра.

В инклинометрах могут использоваться разные принципы для получения углов килевой и бортовой качки. В частности, они могут включать в себя систему из двух или трех акселерометров, измеряющих ускорения по взаимно ортогональным осям.

Характеристики электронных МК. Морские электронные магнитные компасы изготавливаются и поставляются рядом фирм и организаций. В качестве примеров таких курсоуказателей можно назвать: «Аврал» ЦНИИ *Электронприбор* (г. Санкт-Петербург), «Горизонт» приборостроительного завода *Элара* (г. Чебоксары), «Azimuth 1000» фирмы KVH Industries, «AQCD-FX360» кампании Aquamatic, «PG-100» корпорации Furuno. ЭМК разных производителей имеют определенные отличия. На рис. 3 приведен вид компаса «Azimuth 1000».



Рис. 3. Флюксгейт компас “Azimuth 1000”.

Этот компас в одном компактном водозащитном модуле содержит цифровые флюксгейт датчики и LCD-дисплей. «Azimuth 1000» имеет цифровой выход значений курса, соответствующий протоколу МЭК 61162, что позволяет использовать его информацию в авторулевом и в других судовых системах. Вес компаса составляет 340 г.

Все ЭМК имеют небольшие габариты, массу и потребляют мало энергии. Они обеспечивают устойчивые показания курса с точностью $0,5 \div 2,0^0$ и разрешение $0,1^0$.

Вес основного блока обычного электронного магнитного компаса лежит в пределах $200 \div 400$ грамм. Микроэлектронные компасы весят во много раз меньше.

Микроэлектронные компасы могут встраиваться в бинокли и подзорные трубы, что позволяет при наблюдении производить пеленгование объектов.

На судне главный МК устанавливают там, где напряженность судового магнитного поля мала. Преимуществом ЭМК перед традиционными магнитными компасами является возможность размещения чувствительного элемента на удалении от устройства отображения курса. Это создает больше возможностей для выбора на судне места, наиболее подходящего для точной работы чувствительного элемента.

Другое достоинство ЭМК - цифровая форма сигналов. Она позволяет математически выполнять компенсацию погрешностей.

В большинстве ЭМК расчет девиации с последующим ее учетом выполняются автоматически. Для нахождения таблицы девиации достаточно перейти в предусмотренный в ЭМК для этой цели режим и выполнить циркуляцию (поворот на 360^0).

Для компенсации магнитного склонения в ЭМК используются: компенсационные таблицы, представляющие карты изогон земной поверхности, либо математическая модель геомагнитного поля, обеспечивающая расчет склонения на текущее время в любой точке Земли. Такая международная модель уточняется через каждые пять лет.

Магнитное склонение находится по координатам места судна. С этой целью к ЭМК подключается приемодатчик GPS.

Электронные магнитные компасы имеют следующие **операционные режимы**:

Установка курса. В этом режиме судоводитель может установить заданный для следования курс. ЭМК запоминает его. Затем на устройстве отображения компас способен показывать отклонение действительного курса от заданного.

Демпфирование показаний. В этом режиме оператор имеет возможность изменить коэффициент сглаживания значений курса ЭМК и интервал обновления данных на дисплее с целью приспособления к состоянию моря и скорости судна.

Автокомпенсация. Режим автокомпенсации используется для автоматического нахождения графика девиации при циркуляции судна. Девиация должна определяться после каждого существенных изменений в магнитном поле судна.

Непрерывная автокомпенсация. Этот режим должен устанавливаться только в открытом море. При включенной непрерывной автокомпенсации, в любое время, когда судно осуществит поворот на 360^0 за короткое время, будет автоматически определяться девиация ЭМК и затем учитываться в его показаниях.

Предвычисление склонения. В этом режиме по данным о позиции судна находится магнитное склонение и учитывается в показаниях ЭМК.

Источники погрешностей. Основными источниками погрешностей электронных магнитных компасов являются:

- наклон платформы в приборах с двухкоординатными датчиками или погрешности измерения углов бортовой и килевой качки в компасах с системой трех магнетометров;
- дрейф нуля магнетометров;
- неортогональность измерительных осей магнетометров;
- погрешности учета влияния судового железа;
- погрешности коррекции магнитного склонения.

4. Фиброоптические гирокомпасы.

Основные виды ГК. Главными курсоуказателями на большинстве морских судов являются гирокомпасы. Они могут базироваться на разных видах гироскопов (гирометров).

Под **гироскопом** в общем случае понимается устройство, содержащее материальный объект, который совершает быстрые периодические движения, в результате которых устройство становится чувствительным к вращению в инерциальном пространстве.

На практике наибольшее распространение получили гироскопы с вращающейся массой (ротором), которые называют **классическими**. На протяжении многих лет только на их основе строились курсоуказатели, получившие название **традиционных** или **классических гирокомпасов**.

С ходом времени классические гироскопы улучшались. Появились различные их подвиды: с воздушной подушкой, поплавковые, динамически настраиваемые, бесконтактные. Все они нашли применение при совершенствовании гироскопических систем.

К классическим курсоуказателям относятся: ГК типа «Курс», «Вега», «Гюйс», «Меридиан» (Россия), «Круиз» (Украина), «SKR-82» фирмы Robertson (Норвегия), «SCB-1000» фирмы Brown (Великобритания) и ряд других. Традиционные гирокомпасы достаточно хорошо представлены в учебной литературе для судоводителей и ниже не освещаются.

Постоянно возрастающие требования к точности измерений угловых движений стимулировали ученых не только к дальнейшему совершенствованию классических гироскопов, но и к поиску принципиально новых гиродатчиков. Среди них можно назвать:

- Оптические гироскопы (лазерные и фиброоптические);
- Вибрационные гироскопы (камертонные, волновые твердотельные, кольцевые обычные и микромеханические);
- Другие виды гиродатчиков (ионные, ядерные и т.п.).

В последние годы на судах появились промышленные образцы **фиброоптических (волоконно-оптических) гирокомпасов**.

Ограничения классических ГК. Традиционные гирокомпасы имеют следующие недостатки. Они тяжелы и громоздки, потребляют много энергии, требуют постоянного и непрерывного электропитания, имеют высокую стоимость. После включения время прихода в готовность таких датчиков курса составляет несколько часов. На судне к установке классических ГК предъявляются довольно жесткие требования. Эти приборы чувствительны к ударам, к вибрации, к изменениям температуры, к качке и имеют ограничения по этим параметрам. Классические ГК обычно требуют обслуживания и выполнения профилактических мероприятий.

Общие сведения о фиброоптических ГК. В настоящее время на смену классическим ГК приходят более совершенные приборы, основанные на современных технологиях и исключающие использование кардановых подвесов (стабилизируемых в плоскости

горизонта платформ). Такие новые датчики курса имеют чувствительные элементы, жестко связанные с корпусом судна. Движущиеся части в них отсутствуют.

Бесплатформенные гирокомпасы и другие измерительные устройства, в которых нет движущихся частей, более надежны, потребляют мало энергии, требуют незначительного ухода или вообще не нуждаются в обслуживании. Технологии производства таких приборов получили в англоязычной литературе название «*strapdown technologies*».

В ряде современных образцов ГК применены оптические кольцевые лазерные гиromетры (RLG - Ring Laser Gyroscope), называемые также фиброоптическими (волоконнооптическими) гиродатчиками - ФОГ (FOG - Fiber Optic Gyroscope). Фиброоптические ГК уже установлены на нескольких морских судах.

Следует отметить, что система с тремя ФО-гиromетрами, дополненная тремя акселерометрами может служить датчиком кинематического состояния судна, который измеряет: курс, крен, дифферент, продольное, поперечное и вертикальное перемещение корпуса.

Характеристики фиброоптических гирокомпасов. Морские фиброоптические компасы изготавливаются в настоящее время рядом фирм и организаций. В качестве примера таких приборов можно привести гирогоризонткомпас ГТК-1, разработанный Пермской научно-производственной приборостроительной компанией (Россия), курсоуказатель «NAVIGAT 2100» (SR 2100) фирмы C.Plath и датчик курса «LFK 95» фирмы LITEF. Характеристики этих приборов практически одинаковы, поэтому рассмотрим их на примере курсоуказателя «NAVIGAT 2100».

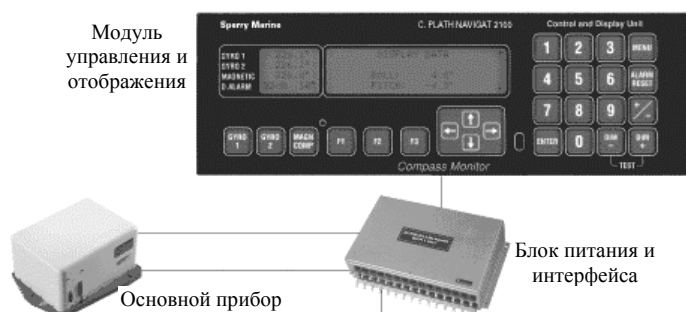


Рис. 4. Базовая конфигурация ФО-гирокомпаса «NAVIGAT 2100».

Компас «NAVIGAT 2100» изготовлен по strapdown-технологии и не имеет движущихся частей. Он включает в себя основной прибор, блок питания и интерфейса, модуль управления и отображения (рис. 4).

В основном приборе находятся: три фиброоптические гиromетра, два электронных датчика для определения направления вертикали, процессор. Длина световода в гиromетре равна 500 м. В процессоре при обработке данных гиromетров и датчиков горизонта используется фильтр Калмана. Размеры основного прибора составляют 29x34x17 см³. Вес прибора равен 11,5 кг.

Блок питания и интерфейса вырабатывает необходимые питающие напряжения. Он обеспечивает передачу показаний прибора на авторулевой и другим потребителям, а также ввод данных от другого гирокомпаса, от приемоиндикатора GPS, электронного магнитного компаса, лага, датчика положения руля. Блок питания и интерфейса имеет размеры 52x34x12 см³ и вес 15 кг.

Блок управления и отображения служит для управления работой прибора и представления его информации. Размеры этого прибора: 29x10x5,5 см³. Вес – 0,7 кг.

При всех условиях работы (в широтах до $\pm 75^{\circ}$ и скоростях хода до 75 узлов) ФО-гироскоп «NAVIGAT 2100» обеспечивает точность:

- Курса $\leq 0.7^{\circ}$ секф;
- Углов бортовой и килевой качки $\leq 0.5^{\circ}$;
- Скорости поворота судна $\leq 0.4^{\circ}$ /мин;
- Угловых скоростей бортовой и килевой качки $\leq 0.4^{\circ}$ /мин.

После включения время прихода ГК в готовность составляет: у причала - 30 мин, на ходу – 45 мин. Требуемая точность измерения скорости поворота судна достигается через 4 минуты после включения компаса.

Отметим также следующие достоинства рассматриваемого прибора. ФО-гироскоп «NAVIGAT 2100» не имеет движущихся частей, обладает высокой надежностью, потребляет мало энергии, не требует обслуживания, отвечает рекомендациям ИМО к высокоскоростным судам. Он является датчиком курса, скорости поворота, углов и скоростей килевой и бортовой качки и относится к бесплатформенным системам ориентации (БСО). Этот компас имеет цифровые и аналоговые выходы и встроенную систему контроля своей работы.

Основные преимущества электронных компасов. В заключение выделим следующие основные достоинства электронных компасов различных видов, изготовленных по strapdown-технологии:

- Отсутствие движущихся частей;
- Высокая надежность;
- Низкое энергопотребление;
- Легкость обеспечения независимыми резервными источниками питания;
- Стандартизованный цифровой выход;
- Компактность, малый вес, низкая стоимость;
- Быстрый приход в готовность после включения и высокая устойчивость;
- Низкая чувствительность к вибрации, ударам и к изменению температуры;
- Самокоррекция;
- Функциональные дополнительные возможности;
- Не требуют обслуживания.

5. Спутниковые компасы.

Принцип определения курса в спутниковом компасе. С помощью среднеорбитальных навигационных спутниковых систем можно получать информацию не только о координатах и составляющих путевой скорости судна, но также и о его курсе. С этой целью используются трехантенные системы (рис. 5.).

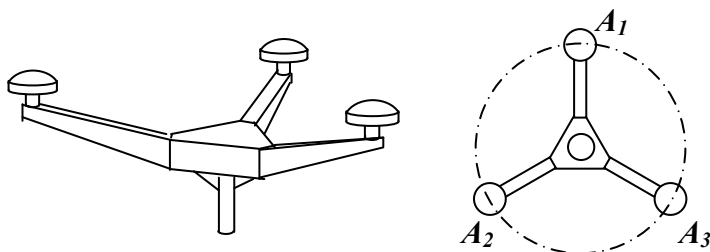


Рис. 5. Трехантенная система спутникового компаса.

Для вычисления координат объекта по навигационным сигналам спутников GPS в трехмерном пространстве необходимо измерить дистанции не менее чем до 4-х, а при двухмерной навигации – не менее чем до 3-х спутников. Для получения добавочно к

координатам истинного курса объекта, число спутников, до которых измеряются расстояния, должно быть на один больше, так как количество определяемых параметров увеличивается на единицу. Кроме координат и постоянной погрешности расстояния здесь требуется также найти значение целого числа циклов n .

Для случаев, когда сигналы спутников GPS могут быть заблокированы высокими зданиями, или мостами, под которыми проходит судно, спутниковый компас снабжается свободным гироскопом. По параметрам углового положения его оси обеспечивается выработка значений курса в те короткие промежутки времени, когда не поступают сигналы от спутников. Кроме того, названный гироскоп применяется для уменьшения влияния качки и рыскания на точность показаний курса.

В периоды отсутствия сигналов НИСЗ вместо данных свободного гироскопа в спутниковом компасе для хранения курса может использоваться информация электронного магнитного курсоуказателя.

Состав аппаратуры спутникового компаса и его характеристики. В комплект спутникового компаса входит:

- три антенны, помещенные на жесткой с высокой точностью установленной платформе;
- основной модуль;
- устройство управления и отображения.

В основном модуле располагаются приемник GPS, свободный гироскоп, процессор.

Спутниковый компас предоставляет информацию о координатах судна, курсе, путевом угле, путевой скорости, углах бортовой и килевой качки. По существу он является ***датчиком параметров кинематического состояния судна***.

Устройство управления и отображения спутникового компаса фирмы “Fuguno” показано на рис. 6. Этот курсоуказатель может отображать данные в трех формах, предназначенных для:

- управления судном рулевым (курс, подвижная картушка с неподвижным индексом курса, путевая скорость, путевой угол, углы килевой и бортовой качки),
- навигационных целей (дата, время, координаты места судна, путевая скорость и путевой угол);
- указания направления диаметральной плоскости судна (дата, время, курс, путевая скорость и путевой угол).

Спутниковый компас способен передавать информацию о курсе судна в такие устройства, как РЛС, САРП, авторулевой, транспондер АИС, ЭКДИС и в другую аппаратуру. Он имеет такие характеристики:

- Средняя квадратическая погрешность (СКП) показаний курса – $\pm 0.5^0$;
- СКП показаний угла бортовой (килевой) качки – $\pm 0.5^0$;
- Точное слежение за курсом при скорости поворота – до $25^0/с$;
- Время прихода в готовность после включения – 4 мин;
- 95% погрешность определения места судна по GPS – ± 10 м;
- 95% погрешность определения места судна по DGPS – ± 5 м;
- Интерфейс – МЭК 61162.

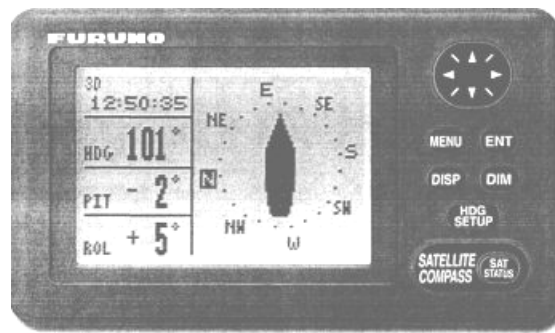


Рис. 6. Устройство отображения компаса фирмы “Furuno”.

Другая бортовая аппаратура GPS подобного вида, приемоиндикатор NR230MII фирмы Sercel, обеспечивает точность показаний курса от 0.03 до 0.1^0 , а углов бортовой и килевой качки – от 0.08 до 0.2^0 . Время прихода в готовность этого приемоиндикатора занимает $1\div 3$ мин. Обновление показаний координат в приемоиндикаторе NR230MII производится через 0.6 с., а углов курса, килевой и бортовой качки – через 0.1 или 0.6 с.

На работу спутникового компаса не влияют скорость судна, ускорения, изменение широты, геомагнетизм. Этот компас имеет малую стоимость и не требует обслуживания.

Основной недостаток спутниковых курсоуказателей по сравнению с ГК – **неавтономность**.

ЛЕКЦИЯ №3

Тема: Датчики информации о мореходном состоянии судна

Одним из условий повышения эффективности и безопасности судов является возможность получения объективной информации о мореходном состоянии судна в рейсе. Эта задача решается путем установки бортовых измерителей параметров мореходности. Наличие объективных данных о состоянии судна и знание их допустимых пределов позволяет АСКМ автоматически вырабатывать предупреждения, что эксплуатационные условия судна близки к таким, в результате которых могут возникнуть неблагоприятные последствия, и что необходимы действия для обеспечения безопасности судна и груза. Кроме того, такая информация может использоваться для улучшения управления судовыми техническими средствами с целью экономии энергоресурсов, для уточнения математических моделей, по которым предсказывается реакция судна на ветроволновые возмущения, для управления активными средствами стабилизации различных видов качки и для других нужд.

1. Автоматические датчики параметров ветра

В настоящее время на судах применяются датчики скорости и направления ветра разных производителей. Типичный представитель этих приборов представлен на рис. 1. Он включает в свой состав устройства для измерения скорости и направления ветра.

Для получения скорости применяется пропеллер с лопастями спиралеобразной формы, вращение которого преобразуется в переменный синусоидальный ток. Частота генерируемого тока прямо пропорциональна скорости ветра. Указателем направления ветрового потока является флигель, на оси которого закреплен потенциометр. Сопротивление потенциометра линейно зависит от угла разворота флигеля. На вход потенциометра подается стабилизированное напряжение. Напряжение выходного сигнала прямо пропорционально курсовому углу ветра.

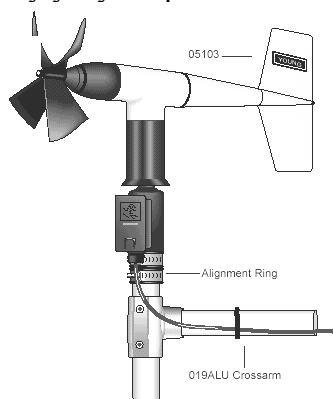


Рис. 1. Датчик параметров ветра

Типичный автоматический датчик ветра имеет следующие характеристики:

- диапазон скоростей 0–60 м/с;
- точность измерения скорости $\pm 0,2$ м/с;
- начальная чувствительность 0,4 м/с;
- выдерживает порывы ветра до 100 м/с;

- диапазон направлений 0–360° ;
- точность измерения направления ±3°;
- размеры датчика 35 x 55 см;
- диаметр пропеллера 18 см;
- вес..... 1,5 кг.

Выходные сигналы датчика передаются на устройство отображения. Вид одного из них показан на рис. 2. Это устройство в наглядном виде представляет данные о средней скорости, скорости порывов и направлении ветра. Значения скорости отображаются в выбранных оператором единицах (узлах, м/с, км/ч). Курсовой угол ветра и сектор его изменения показываются на азимутальной шкале.



Рис. 2. Устройство отображения информации о ветре

2. Определители параметров волнения

Назначение. На судах начали применяться базирующиеся на РЛС *системы мониторинга параметров морского волнения* (СМПВ), которые служат для:

- *извлечения информации о волнении из эхосигналов РЛС;*
- *сохранения полученных данных;*
- *отображения значений параметров волнения на текущий и прошлые моменты времени;*
- *уведомлений об изменении силы волнения.*

На судне система мониторинга параметров волнения может работать автономно, либо входить в состав системы контроля мореходности. СМПВ предоставляет данные о волнении круглосуточно и позволяет штурманскому составу определять режимы штормования не только днем, но и ночью, не дожидаясь утра. Знание реальных параметров волнения способствует улучшению решения и других судовых задач.

Состав системы и предоставляемые данные. СМПВ состоит из специальной или конвенционной навигационной РЛС, высокоскоростного дигитайзера для преобразования эхосигналов РЛС в цифровой код, блока хранения данных, стандартного персонального компьютера и специального программного обеспечения. Для выполнения своих задач СМПВ должна получать информацию о курсе, скорости судна и его координатах. Системе обеспечивается возможность стыковки с ГК, лагом, приемоиндикатором GPS, эхолотом, и другими приборами.

СМПВ измеряет и отображает все существенные параметры волнового поля при скоростях судна, вплоть до 40 узлов. В число этих параметров входят:

- *высота значительных волн;*
- *средний период и генеральное направление волнения;*
- *направление, скорость, период, длина преобладающих волн;*

- пиковые значения направления, периода, длины двух составляющих смешанного волнения (ветровых волн и зыби);
- частотный спектр волнения;
- спектр по направлению;
- 2D-спектр по X, Y-составляющим частоты формы волн;
- 2D-спектр по частоте и направлению;
- скорость и направление поверхностного течения.

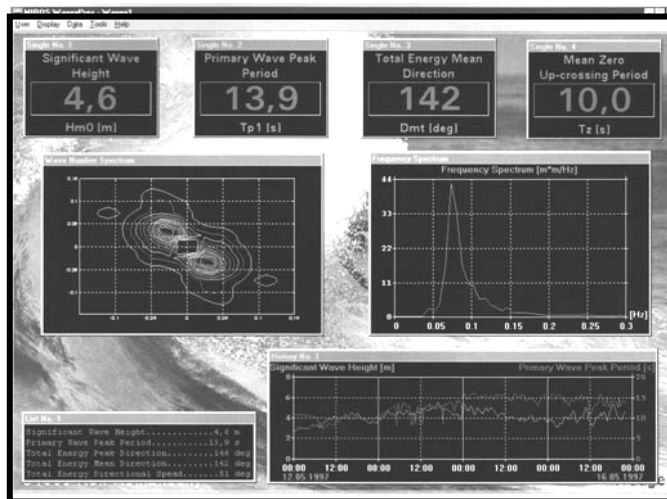


Рис. 3. Отображение информации о волнении

Под *преобладающими волнами* понимается главная гармоника волнения, соответствующая пику его спектра. На эту гармонику приходится максимум энергии волн. СМПВ различает волны с длиной 40÷600 м. и с периодом от 5 до 40 с.

В системе по запросу показываются различные графики, характеризующие изменение параметров волнения со временем, результаты статистической обработки результатов измерений за определенный период времени и другие данные.

Из существующих систем мониторинга параметров морского волнения можно назвать «Wavex» фирмы Miros (Норвегия) и «WaMoS II» фирмы OceanWaveS (Германия). Название первой системы является сокращением от *Wave Extractor*, а второй – от *Wave Monitoring System*. На рис. 3 показана одна из форм отображения данных в СМПВ «Wavex». Эта система обеспечивает получение параметров волнения с точностью, охарактеризованной в табл. 1.

Таблица 1. – Погрешности параметров волнения

Характеристика	Диапазон	Разрешение	Погрешность
Высота значительных волн	0÷5 м	0.1 м	0.25÷0.50 м
Высота значительных волн	Выше 5 м	0.1 м	<10%
Период волн	3÷18 с	0.1 с	<10%
Направление волн	0÷360	1	<10%

Характеристика выходных данных специальных систем мониторинга параметров морского волнения представлена в табл. 2.

Таблица 2. – Характеристика выходных данных СМПВ с «SM-050»

Параметр	Диапазон	Погрешность	Разрешение
Волнение			
Высота волн	0–30 м.	±5%	0,1 м.
Период	3–30 с.	±5%	0,1 с.
Направление	0–360 ⁰	±7 ⁰	1 ⁰
Течение			
Скорость	0–2,5 м/с	±0,05 м/с	0,01 м/с.
Направление	0–360 ⁰	±7 ⁰	1 ⁰
Интервал обновления	15 мин		
Амплитуда качки			
Вертикальной	±50 м.	±5%	0,1 м.
Продольной/ поперечной	±50 м.		0,1 м.
Бортовой/килевой	±30 ⁰	±0,1 ⁰	0,1 ⁰
Скорость качки			
Верт./продольной/ поперечной	±20 м/с.	±0,1 м/с	0,1 м/с
Ускорение качки			
Верт./продольной/ поперечной	±30 м/с ² .	±0,1 м/с ²	0,1 м/с ²

3. Инерциальные датчики угловых параметров качки

Параметры угловых перемещений судна обычно измеряются гироскопическими устройствами разных типов (с вращающимся ротором, волоконно-оптическими, вибрационными и другими). Наиболее подходящими для выполнения этой задачи на современном этапе являются волоконно-оптические и вибрационные гироскопы.

Волоконно-оптические измерители угловой скорости – одни из наиболее дешевых средне точных гироскопов (10–0,1 град/час). Этот вид приборов также называют фиброоптическими гироскопами (ФОГ).

Кольцевые виброгироскопы. Вибрационные гироскопы пока относятся к приборам низкой точности (ниже 10 град/час), но из-за малой стоимости, миниатюрных размеров, высокой надежности они особенно перспективны для судовых и многих других приложений. Прогрессирующими в настоящее время (из-за низкой цены и малых размеров) являются *микромеханические вибрационные датчики*, изготавливаемые на базе современных кремниевых технологий. Большинство из них относится к области низких точностей, ряд образцов обеспечивает среднюю точность. Наиболее совершенными видами кремниевых микромеханических виброгироскопов являются кольцевые и волновые твердотельные устройства.

Волновые твердотельные гироскопы относятся к гиродатчикам средней точности. В основе функционирования ВТГ лежит физический принцип, заключающийся в инертных свойствах упругих волн в твердом теле. Если возбудить стоячие упругие волны в симметричном относительно оси резонаторе, то его вращение вызывает поворот (прецессию) стоячей волны как целого. Скорость прецессии пропорциональна проекции угловой скорости вращения на ось симметрии резонатора.

К достоинствам ВТГ относятся:

- *высокое отношение точность / цена;*
- *способность переносить большие перегрузки;*
- *компактность и небольшой вес;*
- *низкая энергоемкость;*
- *малое время готовности;*
- *слабая зависимость от температуры окружающей среды.*

Твердотельные волновые резонаторы и гироскопы изготавливаются в настоящее время рядом фирм и организаций. Например, научно-производственным предприятием "Медикон" (Россия) создан малогабаритный твердотельный волновой гироскоп для гражданских навигационных систем, имеющий следующие технические характеристики:

- точность.....0,1 град/ч;
- случайная составляющая дрейфа0,005 град/ч;
- систематический дрейф 2,5 град/ч;
- максимальная измеряемая скорость 300 град/с;
- потребляемая мощность..... 1,5 Вт;
- вес механической части датчика97г;
- габариты ТВГ в корпусе \varnothing 50 x 150мм;
- рабочий температурный диапазон $-40^{\circ} + 40^{\circ}$ C;
- вибрационная прочность (от 3 до 200 Гц)10 g ;
- время готовности 5 с;
- время наработки на отказ не менее 100000ч;
- цена.....ниже 2000 \$.

Резонатор рассматриваемого гироскопа имеет такие параметры: *рабочая частота – 8 кГц, диаметр – 30 мм, высота – 32 мм.*

4. Инерциальные устройства для измерения линейных параметров качки

Акселерометры. Для получения линейных параметров качки используются акселерометры. Они могут быть струнными, маятниковыми, жидкостными, кварцевыми и т.д. Ограничений на тип акселерометров не накладывается, главное, чтобы они соответствовали целям решаемых АСКМ задач и были пригодны для эксплуатации в морских условиях. Точность этих приборов должна быть не хуже $\pm 0,01g$.

Принцип измерения ускорений. В основе работы акселерометров лежит второй закон Ньютона: когда известная «чувствительная масса» m движется с ускорением a , возникает сила $F = ma$, измерив которую можно получить значение ускорения. Для оценки силы в ряде акселерометров применяют пружину (рис. 4). Величина Δl растяжения/сжатия пружины пропорциональна действующей силе, а, следовательно, и ускорению.

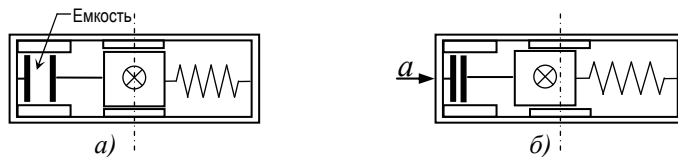


Рис. 4. Схема акселерометра: а) в спокойном состоянии; б) под действием ускорения

В микромеханических акселерометрах для измерения Δl обычно используется один из трех методов: *емкостной, пьезорезисторный, пьезоэлектрический*. На рис. 4 показан вариант первого метода.

Кремниевый емкостной акселерометр. Одними из перспективных датчиков ускорений являются кремниевые емкостные акселерометры. Они относятся к устройствам невысокой точности. Однако она вполне достаточна при измерениях элементов качки судна.

Рассматриваемый акселерометр (рис. 5.) состоит из трех кремниевых пластин (*A, M, B*) и пружинок между ними. Эти элементы помещены в герметическую камеру, заполненную специальным «демпфирующим» газом. Внешние пластины *A, B* по отношению к корпусу прибора неподвижны, а внутренняя – *M*, представляет собой чувствительную массу акселерометра. Пластины являются обкладками двух конденсаторов, обозначим их *A, B* в соответствии с названием внешних пластин прибора. Емкости этих конденсаторов зависят соответственно от расстояний между пластинами *A, M* и *B, M*.

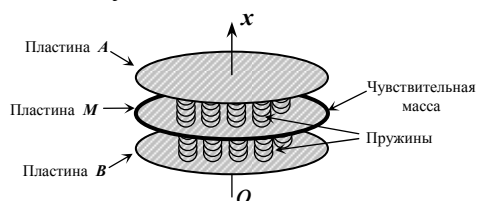


Рис. 5. Схема кремниевого емкостного акселерометра

Акселерометр измеряет ускорения, действующие вдоль оси *Ox*. При отсутствии ускорений расстояния между пластинами *A, M* и *B, M* одинаковы, и емкости конденсаторов равны. Когда прибор движется вдоль своей оси с ускорением *a*, то зазоры между пластинами меняются на одинаковую величину: один в сторону увеличения, а другой – уменьшения. Соответственно изменяются и емкости конденсаторов. На основе измерения этих емкостей находится ускорение.

Характеристики акселерометров. Микроакселерометры бывают разных видов и точности. Один из кремниевых емкостных измерителей ускорений имеет следующие характеристики:

- диапазон измерений..... 100 м/с²;
- стабильность нуля..... 0,0001 м/с²;
- уровень шума, $1/\sqrt{Гц}$ 0,001 м/с²;
- нестабильность масштабного коэффициента... 0,15% ;
- габаритные размеры17x11x12 мм³.

Комбинированные инерциальные датчики. На базе современных технологий для измерения параметров качки созданы однокоординатные и двухкоординатные инклинометры, датчики линейных и угловых перемещений, комбинированные устройства, включая измерители движения во всех шести степенях свободы. Образцы таких приборов изготавливаются фирмами: Seatex, Measurement Devices Ltd, Silicon Sensing Systems Japan Ltd, MicroStrain, BS-Multidata и другими. На судне результаты измерений параметров качки позволяют оценивать его мореходность, параметры волнения и обоснованно выбирать режимы штормования.

Комбинированные инерциальные измерители движений в шести степенях свободы в зарубежной литературе называют Inertial Motion Unit (IMU). Примером серийно производимых IMU являются морские приборы: «MRU-5» (Motion reference unit) фирмы SIMRAD SEATEX, «LR-86» фирмы Litton, «S-108» фирмы SMC. Эти датчики включают в себя три волоконно-оптические гироскопа и три акселерометра. Они предназначены для многих приложений, включая и оценку мореходности судов.

Прибор «MRU-5» измеряет угловые скорости в диапазоне ± 150 град/с со средней квадратичной погрешностью (СКП) $0,025$ град/с. Он определяет статические углы крена и дифферента с СКП $0,25^0$; а динамические углы бортовой, килевой качки и рыскание – $0,03^0$. Линейные ускорения «MRU-5» измеряет с СКП $0,01$ м/с² в диапазоне ± 30 м/с². Среднее время наработки «MRU-5» на отказ – 50000 час, вес прибора – 2,5 кг.

Комбинированный датчик «S-108» системы контроля движения судна фирмы SMC (Швеция) обеспечивает точность измерений:

- углов килевой и бортовой качки $0,01^0$;
- ускорений $0,001g$;
- вертикальной, продольной и поперечной качки ...5 см;
- курса $1,0^0$.

Ряд IMU основан на использовании миниатюрных кремниевых виброгироскопов и акселерометров. Примером таких датчиков служит аппаратура фирмы Silicon Sensing Systems Japan Ltd. Она позволяет измерять:

- угловые скорости в диапазоне от $0,1$ до 100 град/с с разрешением $0,1$ град/с;
- углы рыскания, килевой и бортовой качки с точностью $0,1^0$;
- линейные ускорения со средней квадратичной погрешностью $0,01$ м/с².

5. Спутниковые измерители параметров движения корпуса судна

Одним из спутниковых бортовых датчиков параметров качки судна является GPMS (GPS motion sensor), серийно выпускаемый фирмой SIREHNA. Он включает четырех антенную систему (рис. 4.11) и специальный GPS приемник. Кроме координат позиции судна, путевого угла и путевой скорости, GPMS измеряет курс судна и элементы качки. Определения угловых параметров качки характеризуется СКП $0,3^0$; линейные перемещения находятся с точностью 10 см.

Данные GPMS о путевой скорости позволяют с достаточной точностью установить величину ее падения при движении на волнении. Сведения о параметрах качки используются для оценки мореходности судна и для предупреждений об опасных условиях эксплуатации.

С целью повышения точности и надежности измерений параметров качки, предназначенные для этой цели спутниковые приемоиндикаторы комплексируются с IMU. Примером является система «Seapath 100» фирмы SEATEX, включающая двухантенную спутниковую бортовую аппаратуру и инерциальный датчик «MRU-H».

6. Датчики напряжений корпуса судна и гребного вала

Резисторные измерители напряжений. Традиционными датчиками механических напряжений являются устройства, основанные на свойстве проводников и полупроводников менять свое сопротивление при деформациях сжатия и растяжения. Эти приборы называются **тензорезисторами** (от лат. *tensus* – *напряженный* плюс *резистор*).

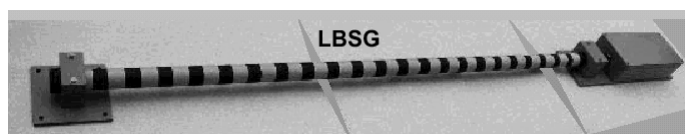


Рис. 6. Судовой тензодатчик с длинной основой

Датчики напряжений палубы. На судах для измерения деформаций палубы при общем продольном изгибе применяются электрические датчики напряжений с длинной

(LBSG – long base strain gauge) и короткой (SBSG – short base strain gauge) основой. Они показаны на рисунках 6 и 7. Длина LBSG может быть от 150 до 240 см, а SBSG – от 8 до 13 см. Характеристики этих тензодатчиков приведены в табл. 3.



Рис. 7. Судовой тензодатчик с короткой основой

Таблица.3.– Характеристики датчиков напряжений

	SBSG	LBSG
Разрешение	5 $\mu\epsilon$	5 $\mu\epsilon$
Диапазон частот	0 ... 150 Hz	0 ... 5 Hz
Диапазон линейности	+/- 1000 $\mu\epsilon$	+/- 2000 $\mu\epsilon$
Макс. Размер	130 mm	2420 mm
Питание	12 ... 24 V	12 ... 24 V
Температурный диапазон	-25 ⁰ C ... +70 ⁰ C	-25 ⁰ C ... +70 ⁰ C

Устройства для измерения момента на гребном валу. Информация об упоре и моменте гребного винта важна для оценки состояния судна в условиях волнения и при тихой погоде. Мониторинг момента на гребном валу в штормовых условиях дает возможность установить, не превышает ли его амплитуда допустимую для двигателя. Знание упора винта и скорости хода позволяет оценить сопротивление движению судна при ветроволновых воздействиях и установить, не перегружен ли двигатель. При тихой погоде анализ этих величин является основой для заключений о степени обрастания корпуса. По измерениям упора и момента может также оцениваться состояние гребного винта. Знание потребления топлива и момента на гребном валу дает возможность в процессе плавания судить об эффективности двигателя.

Для измерений момента на гребном валу используются различные средства: электрические, волоконно-оптические и другие. В этом разделе характеризуются устройства, основанные на применении тензорезисторов.

Для измерения момента нагрузки, на поверхности гребного вала (рис. 8) укрепляются четыре тензорезистора (ДН) с одинаковым сопротивлением. Вид двух из них показан на рис. 4.18. Измерительные оси этих датчиков наклонены к оси вала под углом +45⁰ и -45⁰. Тензодатчики соединяются по мостиковой схеме. Использование мостиковой схемы позволяет исключить влияние температуры на измерения, так как действие ее на плечи мостика взаимно компенсируется.

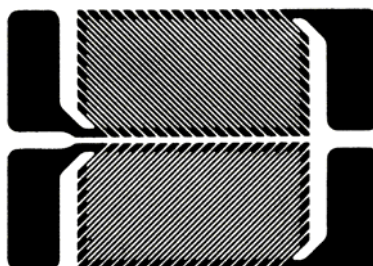


Рис. 8. Вид двух датчиков напряжений, используемых для измерений момента на гребном валу

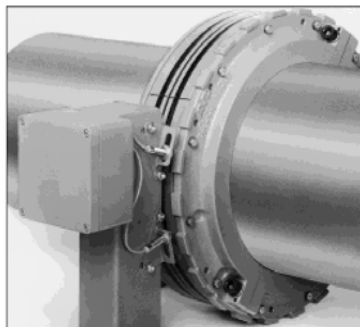


Рис. 9. Общий вид системы для измерения момента и частоты вращения гребного вала фирмы VAF Instruments

Основанные на тензорезисторах устройства для измерения момента на гребном валу изготавливаются рядом организаций. Примером служат фирмы VAF Instruments (Голландия) и КУМА (Норвегия). На рис. 4.19 приведен общий вид выпускаемого первой фирмой измерителя момента и частоты вращения гребного вала.

Датчики упора гребного винта. Основанная на тензорезисторах схема для измерения упора гребного винта аналогична схеме получения момента на валу. Отличие состоит в том, что для нахождения упора измерительные оси двух тензометров мостика направляются параллельно оси гребного вала, а двух других – перпендикулярно к ней. Деформации сжатия и растяжения гребного вала меньше в сравнении с деформацией его кручения, поэтому упор обычно измеряется с большей погрешностью, чем момент. Тем не менее, точность современных тензорезисторных измерителей упора гребного винта достаточна для практических целей. На судах применяются устройства как для раздельного измерения момента и упора гребного винта, так и для получения этих параметров одновременно. Ряд из них дополнительно измеряет частоту вращения гребного вала.

Волоконно-оптические тензодатчики перед электрическими измерителями механических напряжений имеют следующие преимущества: небольшие размеры, малый вес, высокое быстродействие, неподверженность коррозии, невосприимчивость к электромагнитным помехам. Кроме того, одно волокно может содержать несколько тензометров. Волоконно-оптические устройства не нуждаются в громоздких защитных кожухах. Они могут быть прикреплены к поверхности материала, встроены в конструкции и позволяют измерять растяжения, сжатия материалов, давление, температуру, ударные нагрузки.

Датчики, основанные на решетке Брэггов. Волоконная брэгговская решетка (FBG – fiber Brag grating) представляет собой оптический элемент (наноструктуру), основанный на периодическом изменении показателя преломления сердцевины или оболочки оптического волокна, который отражает свет определенной длины волны.

FBG-датчик включает источник света (лазер), чувствительный элемент (решетку Брэггов), систему регистрации (спектрометр) и процессор.

FBG-датчики имеют малые размеры, высокую точность измерений (порядка одого микрострейна), очень большой срок работы, не требуют обслуживания. На судне они могут использоваться для мониторинга нагрузок в разных местах корпуса. Устанавливаемые на палубе датчики предназначены для регистрации нагрузок при общем продольном изгибе и кручении. Тензометры, закрепленные на конструкциях корпуса в форпике, служат источником данных о силе ударов волн и направлении, откуда они приходят. Тензодатчики в балластных танках могут измерять локальное давление воды на корпус в местах установки на днищевых конструкциях.

7. Волоконно-оптические датчики давления

Из многочисленных приборов для измерения давления забортной воды на корпус, которые могут быть применены для обнаружения слеминга и для других целей, рассмотрим только волоконно-оптические датчики, работающие по принципу Фэбри-Перота. Они гармонично могут быть включены в фиброоптические системы для измерений напряжений элементов корпуса судна.

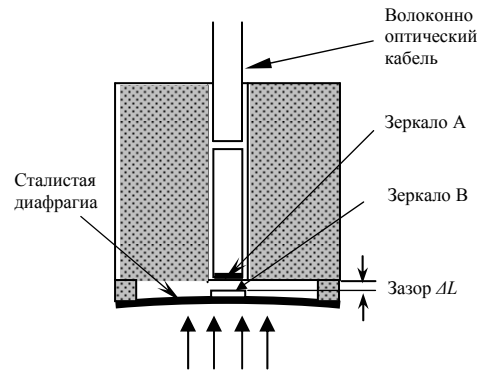


Рис. 10. Схема фиброоптического манометра

Состав датчика давления, использующего волоконно-оптическую технологию, представлен на рис. 10. Работа этих приборов основана на бесконтактном измерении прогиба стальной диафрагмы под действием давления воды. Эта диафрагма устанавливается заподлицо с обшивкой. Сам датчик размещается в специальном устройстве, позволяющем заменять его в эксплуатационных условиях. Диафрагма приваривается к корпусу датчика. Резиновые или пластмассовые прокладки в нем не используются, что повышает надежность прибора. Форма и материал диафрагмы выбираются таким образом, чтобы зависимость между действующим на диафрагму давлением и величиной ее прогиба была линейной. Когда датчик под давлением, зазор между полупрозрачным зеркалом А, и поверхностью диафрагмы (зеркало В) изменяется. По волоконно-оптическому кабелю подается белый свет. Часть его отражается от полупрозрачного зеркала А, а оставшаяся часть проходит к диафрагме и отражается от зеркала В. Разность фаз отраженных световых волн пропорциональна величине зазора между зеркалами. Она измеряется с помощью интерферометра.

ЛЕКЦИЯ №4

Тема: Информационные ресурсы бортовых систем судовождения

1. Информационные массивы систем

Ценность любой информационной либо информационно-управляющей системы, прежде всего, определяется ее информационными ресурсами (данными, знаниями, программами оперирования с данными и знаниями), которые система предоставляет оператору. Для системы управления движением судна эти ресурсы должны как можно шире охватывать область судовождения и обеспечения его безопасности.

Для хранения на электронных носителях информационные ресурсы организуются в виде баз данных и баз знаний. К сожалению, четкого различия между содержимым этих баз не проведено. В настоящее время даже нет единого определения термина «база знаний». Ниже будет использоваться один из приведенных в литературе вариантов определений терминов «база данных», «база знаний», основанный на следующих соображениях.

Состав знаний. Информационные ресурсы требуются для решения задач в определенной *предметной области*: на том или другом предприятии, при управлении судном или летательным аппаратом, и т.д. Поэтому и знания обычно рассматриваются применительно к той или другой предметной области.

В популярной форме *знания* о предметной области можно представить следующим образом: *элементы знаний, отношения* между элементами.

Элементы знаний включают понятия, события, свойства.

Понятия – это термины, категории, имеющие свое название, определение, структуру (составные части). Понятие связано с другими понятиями и входит в систему понятий о данной предметной области.

События представляют явления и факты, относящиеся к данной предметной области.

Свойства – качественные и количественные характеристики событий.

Отношения – это известные связи между элементами знаний. Они могут быть разделены на четыре класса: логические, лингвистические, теоретико-множественные, квантификационные.

Отношения также делят на алгоритмические и неалгоритмические.

К *алгоритмическим знаниям* относят формализованные отношения между событиями и свойствами: математические и логические зависимости, алгоритмы, программы, процедуры, обеспечивающие вычисление функций, выполнение преобразований и т.п.

Неалгоритмические знания - это неформализованные словесно выражаемые отношения между элементами знаний и их комбинациями.

Базы данных. В общем случае под *базой данных* (БД) понимают совокупность данных, сформированную по определенным правилам. БД представляет собой специальным образом организованные один либо группу файлов. Базы данных принято составлять по схемам, определяющим независимость данных от пользователей и прикладных программ, которые будут к этим БД обращаться.

Применительно к системам управления различными объектами **базой данных** называют совокупность взаимосвязанных массивов *понятий, событий и свойств*, представляющих характеристики СУ и ее внешней среды с такой минимальной избыточностью, которая обеспечивает их оптимальное использование во всех практических случаях, связанных с рассматриваемой системой управления.

Совокупность языков и программ, позволяющая создавать БД и управлять их функционированием, называется **системой управления базами данных (СУБД)**.

СУБД обеспечивает:

- описание и сжатие данных;
- манипулирование данными (запись, поиск, выдача, изменение содержания);
- физическое размещение (изменение размеров блоков данных, записей, использование занимаемого пространства, сортировку);
- защиту от сбоев, поддержку целостности данных и их восстановление;
- работу с файлами;
- безопасность данных.

Базы знаний. Под **базой знаний (БЗ)** понимается организованная совокупность знаний, относящихся к какой-нибудь предметной области. В общем случае, *знания* - это накопленные человечеством истины, факты, принципы и прочие объекты познания.

Применительно к системам управления под **базой знаний** понимают обладающую минимальной избыточностью совокупность взаимосвязанных массивов *понятий, событий, свойств, отношений*, касающихся рассматриваемой СУ и выраженных в такой форме, которая *обеспечивает получение решений задач* управления для конкретных исходных данных.

Сравнивая информацию базы знаний и базы данных можно отметить, что различие состоит в следующем. **В базе данных** содержатся описания объектов рассматриваемой предметной области, их качественные и количественные характеристики. **База знаний** дополнительно включает способы выполнения задач в данной предметной области, обеспечивающие получение решений для конкретных исходных данных.

Условно в составе знаний выделяют:

- алгоритмы решений задач;
- знания, на основе которых формируются решения задач, не имеющих готовых путей для выполнения.

Совокупности первого вида знаний объединяются в базу «шаблонов» для решений задач. Они оформляются в виде программ и составляют **базу программ прикладных задач**.

Знания для задач, не имеющих для выполнения определенной стратегии, объединяются в **базу знаний для формирования решений** (рекомендаций) называемую просто *базой знаний*. Такая БЗ дополняется специальным *механизмом логического вывода* - процедурой поиска, планирования решения. Этот механизм получил название: **система управления базой знаний**. Он дает возможность на основе хранимых знаний для конкретных исходных данных получать решения задач в рассматриваемой предметной области, формулируемые в терминах понятий, находящихся в базе.

Существуют разнообразные способы представления информации в базах знаний, предназначенных для формирования решений: *декларативное, процедуральное*, в форме *семантических сетей*, в виде *фреймов*. Все эти формы направлены на обеспечение возможности получения быстрого, правильного решения поставленных задач в предметной области, знания о которой помещены в БЗ.

В механизмах логического вывода ряда баз знаний, кроме аппарата обычной формальной логики, используются методы нечеткой логики.

Системы с базами знаний, дополненные механизмом логического вывода, в определенной степени моделируют работу мозга человека и часто называются **интеллектуальными системами** или **системами искусственного интеллекта**. Эти системы способны к обучению и самообучению. Однако необходимо осознавать, что они решают задачи, основываясь лишь на *известных отношениях* между событиями и свойствами, в то время как **основная черта интеллекта** - сопоставлять несопоставимое и устанавливать взаимосвязь между тем, что не представлялось ранее взаимосвязанным.

2. Состав данных НИС и методы их хранения.

Информационное обеспечение НИС включает совокупность массивов информации (баз, и иных структурированных наборов данных), систем кодирования, конвертации форматов, сжатия информации, включая средства раскодирования и декомпрессии файлов ЭК. В информационное обеспечение входят также средства для выбора методов ввода данных в машинную среду, упорядочивания сведений, изменения содержания информационных массивов, составления различных списков и каталогов по учету данных и т.д.

Главной составляющей информационного обеспечения являются **данные**, хранящиеся в памяти **НИС**.

Состав данных НИС определяется ее назначением. Эта система получает, хранит, обрабатывает, отображает информацию для целей эффективной и безопасной проводки судна из порта отхода в порт назначения. **НИС является частью системы управления движением судна** и относится к информационным системам, выполняющим операции подготовки решений.

В общем случае для управления нужны сведения, характеризующие:

- цель управления, включая требования к ее достижению;
- систему управления;
- внешнюю среду.

Это полностью относится и к проводке судна из порта отхода в порт назначения. Обобщенно состав данных **НИС** можно представить в виде трех частей:

- Информация, определяющая цель выполняемой навигационной задачи с требованиями к ее достижению;
- Данные, образующие информационную модель системы управления;
- Сведения, составляющие информационную модель внешней среды.

Под **информационной моделью системы управления** понимается здесь набор сведений, отражающий состав, свойства, взаимосвязи, характеристики этой системы и ее элементов.

Информационная модель внешней среды включает сведения, позволяющие получить достаточно полное представление о составе, свойствах, особенностях, взаимосвязях элементов среды, в условиях которой производится управление.

Кроме названных выше данных, в **НИС** должна быть **информация, определяющая цель, поставленную перед системой управления, и сведения, относящиеся к требованиям ее достижения**, включая различного вида наставления, правила плавания и другие руководящие документы.

Информация, отражающая судно как систему управления движением и его внешнюю среду, включает в себя многочисленные данные:

- Сведения о навигационных и гидрометеорологических условиях;
- Существующие рекомендации и наставления для плавания;
- Данные о визуальных, радиотехнических и других навигационных средствах;
- Информацию об установленных путях движения, о видах районов плавания, о системах судовых сообщений и службах движения судов, о мерах по защите морской среды;
- Сведения о портах;
- Данные о текущей погоде и ее прогнозы;
- Корректирующие документы, навигационные предупреждения радиослужб;
- Данные о состоянии судна и его механизмов, об оборудовании, об эксплуатационных и других ограничениях;
- Сведения о маневренных и мореходных качествах судна;
- Данные о положении собственного судна и его кинематических параметрах;

- Информацию о положении судов, находящихся в районе плавания и их кинематических параметрах;
- Рекомендации и указания, получаемые от систем управления движением;
- Сведения о других факторах, влияющих на безопасность плавания, эффективность рейса, чистоту окружающей среды.

Со всей этой информацией или с ее основной частью должна оперировать *НИС*, выполняя в том или в ином объеме информационное обслуживание процесса принятия решений по управлению судном.

Методы хранения данных в *НИС*. Данные в *НИС* хранятся в виде структурированных информационных наборов: записей, списков, таблиц, массивов, баз данных и других их совокупностей. Основная информация хранится в *НИС* в виде баз данных.

База данных (БД) представляет собой совокупность данных, организованных по определенным правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования информацией.

Хранение данных в БД обеспечивает централизованное управление, соблюдение стандартов, безопасность и целостность сведений, сокращает избыточность и устраняет противоречивость информации. Базы данных не зависят от прикладных программ. Работа с информацией БД осуществляется с помощью специальных программных средств.

Базы данных *НИС*, как части системы управления судном, содержат сведения об этой системе управления и ее внешней среде с такой минимальной избыточностью, которая обеспечивает их оптимальное использование в процессе навигации.

Необходимо выделить две самостоятельные функции, выполняемые базами данных в системах управления:

- образование информационных моделей объекта и внешней среды;
- справочная функция.

Функция образование информационных моделей объекта и внешней среды состоит в аккумулировании всех необходимых при управлении относительно стабильных сведений об ОУ и внешней среде для целей решения в *НИС* задач судовождения.

В памяти судовой навигационно-информационной системы хранятся данные карт, сведения о навигационных средствах, о приливоотливных явлениях и о других элементах районов плавания судна. Так как эти сведения отражают элементы и свойства внешней среды, то они составляют ее неформализованную информационную модель.

Ключевая относительно стабильная информация о внешней для судна среде сосредоточена в картографической базе данных (КБД).

Информация КБД используется *НИС* практически при решении всех задач, связанных с проводкой судна из порта отхода в порт назначения. Она доступна штурманам и для получения различных справок.

Внешнюю среду характеризует и другая информация, находящаяся в информационных базах и в иных структурированных массивах *НИС*. Совокупность этих сведений вместе с КБД образуют неформализованную информационную модель внешней среды.

Кроме этого, в памяти *НИС* помещена информация о судне, на котором установлена эта система, его размерах, осадке, средствах управления, маневренных свойствах и т.д. Совокупность этих данных представляет информационную модель системы управления судном.

Если в процессе развития *НИС* в ее памяти информационные модели судна и его внешней среды являются неполными, то в системе должна быть предусмотрена возможность их совершенствования. Кроме того, в *НИС* необходимо обеспечивать поддержание адекватности информационных моделей фактическому составу и свойствам среды и системы управления.

Справочная функция баз данных, состоит в быстрой выдаче по запросам сведений, необходимых судоводителям в разные моменты времени при выполнении проводки судна из порта отхода в порт назначения.

Выделение двух автономных функций позволяет формировать, накапливать и изменять по мере необходимости данные в базах независимо от программ пользователей, которые в дальнейшем эти данные будут применять.

3. Основные виды информации НИС.

Информация, которой оперирует навигационно-информационная система, может быть классифицирована по различным признакам. Приведем из них наиболее общие.

Классификация информации о внешней среде в зависимости от типа отражаемых ей объектов. К внешней среде судна относят объекты, явления и процессы, оказывающие влияние на процесс судовождения.

В характеризующей эти элементы информации принято выделять следующие категории:

- Географическая;
- Навигационно-гидрографическая;
- О морских мобильных объектах;
- Метеорологическая;
- Гидрологическая;
- Климатическая;
- И другая.

Географическая информация характеризует элементы поверхности литосферы и расположенные на ней стационарные объекты. Напомним, что под *литосферой* понимается твердая оболочка Земли. К географическим данным относятся сведения о надводном и подводном рельефе, о береговой черте, об опасностях и препятствиях, о сооружениях хозяйственного и другого назначения и т.д.

Навигационно-гидрографическая информация представляет собой сведения о судоходных путях и районах, их стационарном и плавучем ограждении, о позиционных системах и т.д. Она является частью географической информации.

Информация о морских мобильных средствах отражает их свойства, тактико-технические данные, позицию, элементы движения и т.д. *Морскими мобильными средствами* называют плавучие объекты, движение которых целенаправленно. Сюда входят суда, самоходные плавучие краны, гидросамолеты на воде и ряд других плавсредств. В судовождении морские мобильные объекты часто называют *целями*.

Метеорологическая информация характеризует состояние атмосферы. К ней относятся данные о температуре, влажности воздуха, об облаках, туманах и видимости, об атмосферном давлении и ветре, о воздушных массах, фронтах, барических системах и т.д.

Гидрологическая (океанологическая) информация отражает состояние гидросферы морей и океанов. К гидрологическим характеристикам относятся температура воды, ее соленость и плотность, направление и скорость течений, скорость распространения звука в воде, волнение, приливы, льды, айсберги и т.д.

Климатическая информация представляет собой сведения о многолетнем режиме погоды регионов. Она включает для определенных периодов года (месяцев, сезонов) в разных точках Земли среднестатистические гидрометеорологические характеристики, полученные по результатам наблюдений за много лет.

Классификация информации по принадлежности к содержанию карты. Основная относительно стабильная информация о внешней для судна среде сосредоточена на навигационных картах. Она включает географическую информацию, часть гидрологических данных. Картографическая информация играет чрезвычайно важную роль при судовождении. На основе этого, при рассмотрении ряда вопросов принято

сведения, которыми оперирует *НИС*, делить на *картографическую* и *некартографическую* информацию.

Картографическая информация отражает обстановку районов плавания судна, характеризует размещение, свойства, связи объектов и явлений, важных в навигационном отношении.

Картографическая информация отражает стабильные во времени элементы навигационной обстановки, которые остаются постоянными в течение длительного времени. С помощью условных знаков они изображены на бумажных картах.

Имеемые изменяющиеся во времени картографические элементы (например, глубины, положение береговой черты, магнитное склонение), представляются на карте только своей постоянной составляющей.

Некартографическая информация включает все относящиеся к навигации сведения, за исключением картографических данных.

Это информация о мобильных средствах, об изменяющихся во времени составляющих отображаемых на карте объектов, о возмущающих процесс судовождения факторах, а также другие элементы (климатические данные, сведения о портах и т.д.).

Возмущающие факторы представляют собой влияющие на процесс проводки динамические объекты, процессы, явления, поведение которых не носит целенаправленного характера. К ним относят гидрометеорологические процессы и явления, дрейфующие опасные предметы и т.д.

При рассмотрении *НИС* возмущающие факторы, переменные составляющие отображаемых на карте объектов и ряд других изменяющихся во времени элементов называют **«морскими информационными объектами»** и сокращенно обозначают МИО.

В первых образцах *НИС* львиную долю в информационном обеспечении занимала картографическая информация. Это отразилось и в названиях, которые давались этим навигационным системам: «электронно-картографические системы», «системы для отображения навигационных карт», и т.д.

Картографическая информация, несмотря на всю ее важность, образует **статический образ внешней среды**, который не учитывает ее динамики. На основе только этой информации невозможна выработка эффективных решений.

Для целей глубокого понимания ситуаций *НИС* должна отражать действительную обстановку с учетом изменения всех ее деталей. Поэтому одной из основных задач *НИС* является формирование **динамического образа внешней среды**, включающего как картографические, так и изменяющиеся со временем данные.

В настоящее время в информационных ресурсах *НИС* объем некартографических относящихся к навигации данных, приближается к объему картографической информации и продолжает возрастать. Таким образом, все четче проявляется основное **навигационное назначение** судовых систем с ЭК, а не частная их задача – визуализация карт.

Классификация в зависимости от скорости «старения» информации. Под **старением данных** понимается утрата их соответствия с современностью. Судно, как управляемая система, и его внешняя среда подвержены случайным воздействиям, что приводит к изменению их состояния, и, соответственно, к изменению отражающей эти состояния информации.

Для обеспечения эффективного функционирования необходимо следить за этими изменениями, своевременно их обнаруживать и, в случае необходимости, вводить соответствующую коррекцию. В то же время следует учитывать, что излишне частая коррекция данных приводит к избыточной информации, удорожает информационную систему и ухудшает условия ее работы.

В связи с этим возникает стремление к получению и использованию в *НИС* **необходимой и достаточной** для решения стоящих задач информации с обеспечением только требуемой ее избыточности.

В результате, в навигационно-информационной системе частота получения, объем, методы хранения и использования информации существенно зависят от “жизненного периода” используемых сведений, т.е. интервала времени, в течение которого они не теряют своей ценности. Этот срок может быть определен с помощью существующих методик его расчета.

Условно в информации, которой оперирует навигационно-информационная система, в зависимости от времени “старения” можно выделить следующие основные виды данных:

- долговременные (медленноменяющиеся) данные;
- краткосрочные сведения;
- подлежащие непрерывному обновлению данные.

Долговременные сведения. Данные этой категории остаются постоянными или мало изменяются в течение длительного времени.

Такой информацией о судне, как системе управления движением, являются его размерения, дедвейт, характеристики средств управления, сведения о маневренных качествах и ряд других данных.

К медленноменяющимся данным о внешней для судна среде можно отнести:

- картографическую информацию;
- навигационно-гидрографические данные;
- сведения о климатических условиях районов плавания;
- сведения о приливо-отливных явлениях;
- информацию о портах и т.д.

Использование медленноменяющейся информации в *НИС* связано с хранением, с приведением на уровень современности, с поиском в ней сведений об элементах, требуемых в данный момент для решения задач системой или судоводителем, а также для отображения этих данных или результатов решаемых на их основе задач.

В процессе эксплуатации *НИС* обычно корректируется лишь малая доля данных рассматриваемой категории. Это определяет и способ хранения медленноменяющейся информации. Она запоминается в долговременной памяти в виде баз данных, содержание файлов которых длительное время не изменяется (*статические базы*). Корректуры к долговременным данным хранятся, как правило, отдельно от статических баз. Они получают сравнительно редко, чаще всего через каналы связи от внешних по отношению к судну источников. Ввиду редкой корректуры медленноменяющихся данных, обновление информации статических баз не предъявляет высоких требований к системам связи.

Когда произойдет накопление достаточного количества корректур к определенному файлу, он заменяется. Однако для этого нужно длительное время. Так, например, необходимость нового издания базовой карты для ЭКДИС возникает обычно не раньше, чем через год.

Статические информационные базы *НИС* образуются по информации, содержащейся на навигационных картах и в различного вида навигационных пособиях. Размещение данных в базах отличается от размещения ее в книгах и на других бумажных носителях. Поэтому перенос сведений из карт, книг и других пособий на электронные носители в общем случае не является простым копированием, а представляет собой довольно трудный процесс, направленный на устранение избыточности и необходимую организацию данных.

К организации хранения данных на электронных носителях предъявляются требования обеспечения возможности быстрого поиска, надежного доступа, защиты от ошибок и несанкционированного использования.

На современном этапе *НИС* пока не содержат в электронном виде все долговременные данные, которые могут потребоваться при проводках судна из портов отхода в пункты назначения. Но состав этой информации с течением времени неуклонно пополняется.

Краткосрочные сведения сохраняют свою ценность сравнительно небольшой срок (неделю, сутки иногда и несколько часов). Через это время они становятся ненужными и должны полностью удаляться и заменяться новой информацией о явлениях и процессах, которые они отражают. В *НИС* к данным такой категории относятся сведения о погоде (метеорологических и океанографических морских информационных объектах).

Краткосрочные сведения целесообразно хранить в **динамических базах данных**, состоящих из файлов, содержание которых полностью заменяется при обновлении информации.

Поддержание в *НИС* динамических баз погодных условий на уровне современности предъявляет довольно высокие требования к системам судовой связи. В настоящее время для передачи данных с береговых центров на судно можно использовать станции Инмарсат А, В или М. Однако оборудование этой системы дорогое, скорость передачи низкая, а стоимость эфирного времени велика. Тем не менее, даже эта аппаратура, в частности Инмарсат В с высокой скоростью передачи данных, способна выполнить задачу обновления краткосрочной информации.

На современном этапе входит в действие более эффективная глобальная система связи - Иридиум. Она основана на низколетящих спутниках и работает по принципу сотовой связи. Скорость передачи данных и стоимость эфирного времени у этой системы значительно лучше, чем у Инмарсата.

Непрерывно обновляемая информация. К этой категории сведений относятся многие данные, характеризующие состояние системы управления и ее внешней среды на текущий момент времени. Непрерывное обновление этих данных на судне необходимо для своевременного обнаружения отклонений от запланированного пути и неожиданных изменений в окружающей обстановке.

В зависимости от этапа времени, к которому относятся сведения, информация *НИС* разделяется на прошлую, текущую и прогностическую.

Прошлая информация характеризует состояние системы управления и ее внешней среды в предшествующие текущему моменты времени. Тот факт, что эти данные относятся к прошедшему времени, еще не означает их бесполезности. Многие из них используются при определении тенденций развития процессов, для прогнозирования, для анализа эффективности принятых решений, для выработки рекомендаций, для анализа причин аварий и для других целей.

Текущая информация отражает состояние системы управления и ее внешней среды на данный момент времени.

Прогностическая информация. Любое управление включает элемент прогнозирования. Не зря говорят, «управлять – значит предвидеть».

Практически в каждой системе управления управляющее воздействие выбирают на основе прогноза будущего состояния системы, чтобы после воздействия оно соответствовало желаемому.

Прогностическая информация, необходимая при решении задач проводки судна, может вырабатываться внутри *НИС* либо поступать в нее от других источников (извне).

При решении одних навигационных задач используется прогнозирование ситуаций на небольшие отрезки времени вперед. В качестве примера здесь можно назвать экстраполяцию будущего пути движения целей в САРП.

Для решения других задач нужны прогнозы на большие интервалы времени. Например, эффективное планирование рейса судна невозможно без прогнозов гидрометеорологических условий на время предстоящего перехода.

В зависимости от уровня решаемых задач судовождения информация, с которой оперирует *НИС*, разделяется на стратегическую, тактическую и оперативную.

Стратегическая информация служит для выработки решений, определяющих действия системы на сравнительно больших интервалах времени. Сюда относится планирование рейсов. Результаты планирования имеют значение не только для судна, но и

для береговых служб: для своевременного выделения причала, организации работы грузчиков, транспорта и т.д.

Тактическая информация – это данные для поддержания решений, относящихся к средним по продолжительности интервалам времени. В качестве примера можно привести решения, определяющие порядок расхождения с тропическим циклоном.

Оперативная информация представляет собой данные, необходимые для принятия решений, определяющих действия системы в текущий момент времени. Это информация, необходимая для удержания судна на курсе, на заданной линии пути и т.д.

Оперативная информация обычно относится к разряду текущей, непрерывно-обновляемой. Она используется для контроля текущего состояния системы управления и внешней среды, для выработки управляющих воздействий и для оценки результатов принимаемых решений.

Оперативная информация для целей проводки судна обычно получается с помощью судовых измерительных устройств (датчиков навигационной информации), подключенных к *НИС*. Для управления получением информации от этих датчиков, ее упорядочивания и передачи для дальнейшей обработки *НИС* снабжается специальными программными средствами.

Навигационные измерительные приборы подразделяют на:

- датчики кинематических параметров судна (состояния объекта управления движением);
- датчики информации об элементах внешней среды;
- комбинированные датчики.

К измерительным устройствам первого вида принадлежат компасы, лаги, датчики угловой скорости поворота и ряд других. К ним относятся и приборы для определения позиции судна: приемоиндикаторы спутниковых и береговых радионавигационных систем.

Бортовая аппаратура АИС, система ночного видения, устройства приема звуковых сигналов и ряд других являются датчиками информации об элементах внешней среды. АИС, например, дает информацию о судах в районе нахождения нашего судна.

К комбинированным датчикам можно отнести РЛС. Эта станция предоставляет информацию об окружающей судно обстановке (о стационарных и плавучих объектах, находящихся в зоне действия РЛС), а также о положении и элементах движения собственного судна.

Кратко современные датчики оперативной навигационной информации охарактеризованы в главе 4.

4. Статические базы данных бортовых систем.

Перечень основных данных статических баз. Статические базы данных *НИС* содержат постоянную и медленноменяющуюся информацию, требуемую при решении навигационных задач. Количество и полнота информационных баз *НИС* зависит от ее вида.

В обобщенном варианте массивы данных, из которых или из совокупности которых, могут образовываться статические базы, выглядит следующим образом:

- Картографическая информация;
- Наставления для плавания;
- Сведения о навигационных средствах;
- Информация о портах;
- Рекомендованные маршруты;
- Данные для расчета приливных явлений;
- Данные морских судов;
- Климатическая информация;

- Данные о своем судне;
- Корректуры;
- Другие базы и наборы данных.

Ниже при краткой характеристике баз данных предполагается, что для каждого из перечисленных выше информационных массивов образована отдельная БД. Базы данных конкретных *НИС* могут состоять как из отдельных из перечисленных массивов, так и включать их наборы.

Картографическая база данных (КБД) содержит информацию для построения навигационных карт на экране дисплея, характеристики картографических объектов и метаданные, характеризующие КБД в целом.

В КБД входят файлы: каталога–справочника ЭК, цифровых данных основных ЭК, библиотека символов, сокращений, их описаний и другие сведения.

Каталог справочник служит для поиска и выбора данных ЭК. Он содержит идентификаторы ЭК и соответствующие им физические адреса файлов. Составление этого каталога производится автоматически специальной программой при первичной загрузке файлов ЭК в базу.

Для ЭКДИС/ЭКС систем эта база делится на несколько частей, например:

- официальных карт ЭНК;
- адмиралтейских растровых карт;
- карт фирмы «Транзас Марин»;
- карт фирмы «С-МАР»;
- других видов карт.

Картографические базы данных систем, работающих с несколькими видами ЭК, дополняются электронными каталогами карт, содержащими данные, характеризующие каждую КБД, и позволяющими вести учет карт и осуществлять их быстрый поиск.

База рекомендованных маршрутов состоит из каталога и данных маршрутов. Запись маршрута в файле обычно содержит его номер, название, координаты путевых точек, значения допустимых отклонений от линии пути, перечень путевых карт, список навигационных пособий.

База по приливным явлениям включает постоянные для пунктов величины и астрономические данные, необходимые для расчета приливных уровней и течений для разных акваторий Мирового океана.

Местные условия в схеме расчета приливных уровней учитываются с помощью записанных в базе для каждого пункта величин:

- координат места;
- среднего уровня моря Z_0 ;
- гармонических постоянных приливного уровня;
- сезонных поправок к среднему уровню;
- сезонных поправок гармонических постоянных, если они существенны.

Для возможности предвычисления приливных течений в базе хранится такая информация.

Для узкостей с приливными течениями в БД записаны:

- координаты точки,
- скорость постоянного течения,
- направление приливного и отливного течения,
- гармонические постоянные скорости приливного течения.

Для открытых мест, в которых наблюдаются приливные течения, в базе данных помещены:

- координаты точки,
- меридиональная и по параллели составляющие скорости постоянного течения,
- гармонические постоянные меридиональной и по параллели составляющих скорости приливного течения.

Учет общих закономерностей при расчете приливов производится с помощью информации, хранящейся в астрономической базе эфемерид Солнца и Луны.

Современная информационная база по приливам включает в свой состав данные для расчета уровней практически во всех портах и подходных акваториях (порядка 12 тыс. пунктов), где изменение уровня по астрономическим причинам существенно.

База данных морских судов содержит основную информацию о находящихся в эксплуатации морских судах. Обычно она используется береговыми службами для целей организации приема судов в портах. В судовых *НИС* эта база применяется как источник дополнительных данных к информации о судах, получаемой по линии АИС. Ее информацию также планируется использовать при реализации трехмерного отображения обстановки в стесненных водах и при расхождении судов в ночных условиях и при плохой видимости.

Климатическая база данных (ее также называют базой: лоцманских карт, гидрометеорологических карт, среднемесячных климатических условий) содержит основанные на многолетних наблюдениях статистические сведения о погоде каждого месяца на весь Мировой океан с постоянным или переменным разрешением по широте и долготе (в среднем один градус). Это данные: о ветре, о поверхностных течениях, о высоте волн, температуре воды и воздуха, о частоте шквалов, ледовых условиях. Сведения могут храниться в графическом, в символьном или в комбинированном формате.

Наиболее объемная из таких баз составлена в фирме «Транзас Марин». Она содержит порядка 480 тыс. векторов поверхностных течений, по 450 тыс. параметров преобладающих, результирующих ветров, значений высот волн.

Современная **база портов захода** включает информацию практически о всех портах мира (более 8000 портов). Она содержит каталог портов и сведения о них. О каждом порте предоставляются такие данные:

- Индекс порта и название;
- Широта и долгота;
- Наставления для плавания на подходах к порту;
- Номера и названия карты порта и карт подходов к нему;
- Размер гавани и ее тип;
- Предоставление убежища;
- Ограничения при входе в порт;
- Глубины на подходном канале, на якорной стоянке, около пирсов, нефтяных терминалов, причалов;
- Приливные явления;
- Максимальные размеры принимаемых судов;
- Тип грунта;
- Акватория для разворота судов;
- Правила первого посещения порта;
- Необходимость предварительного уведомления об ожидаемом времени прибытия;
- Лоцманская проводка;
- Буксиры;
- Карантинные процедуры;
- Типы связи, предоставляемые портом;
- Погрузка/разгрузка;
- Медицинские средства;
- Размещение мусора;
- Дегазационные средства;
- Возможность сдачи загрязненного балласта;
- Характеристика погрузочных средств;
- Службы;
- Снабжение;

- Ремонт;
- Сухие доки

База данных о судне хранит сведения о его размерениях, оборудовании, маневренных, мореходных качествах и другую информацию.

5. Динамические базы данных бортовых навигационных систем.

Для использования в *НИС* краткосрочной информации, включая данные о погоде, имеются два основных стимула: оптимизация маршрутов перехода, повышение безопасности плавания.

Для выполнения этих задач нужны сведения о поверхностных течениях (постоянных, сезонных, переменных ветровых и приливоотливных), об ожидаемом ветре, о волнении, о туманах, а также метеорологические предупреждения, входящие в *морскую информацию по безопасности* (МИБ), обеспечиваемую по линии GMDSS.

В настоящее время получение по линии GMDSS морской информации по безопасности обязательно для всех подпадающих под конвенцию СОЛАС74 судов, вместимостью 500 р.т. и выше. МИБ передается через НАВТЕКС и службу сети безопасности ИНМАРСАТ.

Согласно совместным требованиям международных организаций (ИМО, МГО, и всемирной метеорологической организации – ВМО), метеорологические данные, входящие в МИБ, включают:

- Штормовые предупреждения;
- Синоптическую обстановку;
- Прогнозы погоды.

Штормовые предупреждения должны состоять из следующих данных:

- тип предупреждения (шторм, сильный шторм, тропический циклон);
- дата и время предупреждения;
- тип возмущения атмосферы (циклон, ураган, смерч и т.д.);
- давление в центре и его место, направление движения, занимаемая опасным явлением площадь;
- ветер, волнение, зыбь в районе опасного явления.

Требуется, чтобы **сведения о синоптической обстановке** включали в себя:

- дату, время ссылки;
- главные черты приземной карты погоды:
- циклоны, антициклоны, тропические возмущения;
- значения давления в центре барических систем и/или данные об их интенсивности;
- сведения о движении и изменении интенсивности значительных барических систем;
- значительные фронты;
- центры высокого давления, подошвы и гребни.

В прогнозы погоды должны входить следующие элементы:

- Период прогноза;
- Определение прогнозируемой области;
- Скорость и направление ветра;
- Видимость (когда она меньше 6 морских миль);
- Сведения о льдах (если они имеются);
- Данные о волнении.

В настоящее время ИМО, МГО и ВМО ведут большую работу по дополнению перечня программных объектов ЭКДИС, помещенного в публикации МГО S57, объектами и символами для отображения:

- Ледового покрытия;
- Приливных уровней;
- Течений;

- Океанографических явлений;
- Погоды;
- Данных поиска и спасения.

Уже разработаны предложения по составу объектов, их атрибутам для метеорологических данных и ледового покрытия. Касаясь планируемого построения баз данных о погоде для ЭКДИС, следует отметить.

По практическим соображениям сведения о погоде и ледовой обстановке планируется размещать в памяти ЭКДИС *отдельно* от КБД. Но в то же время, для обеспечения удобства отображения на электронной карте считается целесообразным хранить метеоданные в файлах, охватывающих отдельные ячейки S57 земной поверхности, соответствующие нарезке для базовых ЭНК. Содержание баз гидрометеорологических данных, по мнению специалистов, должно обновляться каждые 12 часов. При корректуре гидрометеорологической информации содержание ее файлов-ячеек в *НИС* будет заменяться полностью.

Для того, чтобы *НИС* могла эффективно работать с данными о погоде и с другой изменяющейся во времени информацией, должна быть возможность получения ее в реальном времени как в аналоговом, так и в цифровом виде. Пока это не всегда возможно. Но эта задача решается самими метеоцентрами и другими обслуживающими мореплавателей организациями, которые стремятся удовлетворить запросы пользователей. Одним из путей решения этой задачи является подготовка информации в удобной для использования в *НИС* форме и организация веб-сайтов, на которых судоводители могут найти данные, характеризующие в реальном времени изменяющуюся обстановку (погодные данные и их прогнозы, значения уровней на фарватере рек и на подходах к порту и т.д), и загрузить их в память *НИС*. Так, например, портовая служба Сан-Диего (Калифорния, США) уже организовала свой веб-сайт с динамическим отображением данных о глубинах.

6. Защита информации в бортовых системах судовождения.

Судовождение относится к процессам с повышенной опасностью. Поэтому вопросам надежности программного обеспечения, достоверности данных, их целостности, конфиденциальности, защите от умышленного и неумышленного искажения, контролю принадлежности к официальным уполномоченным источникам (аутентичности), уделяется в *НИС* внимание.

Безопасность данных *НИС* имеет три основные составляющие:

- конфиденциальность - защита информации от несанкционированного доступа;
- целостность - защита точности и полноты информации и программного обеспечения;
- доступность - обеспечение получения информации и основных услуг для пользователя в нужное для него время

Защита данных *НИС* обеспечивается совокупностью стандартных мер, включающих: криптографическое кодирование, паролирование, присваивание идентификаторов, электронную цифровую подпись и т.д.

Для защиты информации официальных векторных карт МГО разработан специальный стандарт S63: "ИНО Data Protection Scheme", 2002 г., определяющий перечень мер с целью:

- предотвращения пиратского использования ЭНК;
- ограничения доступа только к тем картам коллекции, на которые пользователем получено разрешение;
- обеспечения гарантии, что данные ЭНК пришли от уполномоченного источника.

ЛЕКЦИЯ №5

Тема: Интеграция судовых информационных систем

1. Общие сведения об интеграции систем.

Понятие интегрированной системы. Под *интеграцией систем* понимается целенаправленное объединение их программных и аппаратных средств в целостную систему, реализующую заданную функцию и удовлетворяющую предусмотренным требованиям.

Интегрированная система (ИС) состоит из нескольких частей, причем целью объединения этих частей является выполнение новой задачи, для решения которой требуется использовать функции объединяемых частей.

При построении современных *ИС* применяется системный подход. *Основной общий принцип этого подхода* заключается в рассмотрении частей системы с учётом их взаимодействия. Системный подход включает в себя выявление структуры системы, типизацию связей, определение атрибутов, анализ влияния внешней среды. Применительно к процессу судовождения системный подход состоит в учете всех особенностей этого процесса, всех существенных связей между различными частями системы вождения судна, между ней и внешней средой, между системой и оператором с целью достижения максимальной эффективности в решении задач судовождения.

Эффективность интегрированной системы определяется не только качеством разработки и реализации каждого ее уровня, но и оптимальностью их взаимодействия.

Интегрированные системы именуют также *комплексными системами*.

Конфигурация ИС – это совокупность из определенного числа частей, образующих интегрированную систему той или иной мощности. Под *мощностью ИС* понимается характеристика объема решаемых системой задач. Минимальный комплект интегрированной системы, при котором она еще отвечает своим основным целям, называется ее *базовой конфигурацией*. Совокупность частей интегрированной системы, участвующих в данный момент при решении задач, называют *используемой конфигурацией ИС*.

Открытость интегрированных систем. Интеграция систем является одним из основных механизмов повышения уровня автоматизации различного рода процессов. Чтобы обеспечить совершенство этого механизма, к *ИС* предъявляются определенные требования.

Пожалуй, самым важным требованием к интегрированным системам является обеспечение их открытости. Она состоит в том, что должна быть возможность подключения к системе дополнительного оборудования и организации его работы в составе *ИС*. Это требование определяет способность *ИС* к расширению функций, к модернизации, к дальнейшей автоматизации процессов в той или в другой предметной области.

Открытость систем в настоящее время обеспечивается использованием единой дискретной основы построения аппаратуры, стандартизацией оборудования, применением магистрально-модульного и модульно-иерархического принципа формирования структуры и рядом других мер.

Единая дискретная основа означает, что все отдельные части *ИС* должны управляться микропроцессорной техникой, преобразовывать данные и выдавать их в цифровой форме. Такое построение аппаратуры позволяет более просто и надежно организовывать

информационное взаимодействие между частями системы, а также между системой и другим оборудованием.

Когда все части имеют микропроцессорную основу, то для образования *ИС* они объединяются в сеть с помощью информационного канала и специального программного обеспечения и взаимодействуют в соответствии с определенным протоколом.

Стандартизация оборудования направлена на обеспечение требуемых эксплуатационных, технических характеристик *ИС* и совместимости различного вида входящей в *ИС* аппаратуры, выпускаемой различными фирмами и организациями.

Различают конструктивную, информационную, программную, метрологическую и энергетическую совместимость аппаратуры.

Конструктивная совместимость предполагает согласованность конструктивных параметров частей *ИС*, позволяющая соединять функциональные устройства в единое конструктивное целое.

Информационная совместимость определяется условиями для единообразной передачи сообщений между частями системы.

Энергетическая совместимость состоит в обеспечении, по возможности, одинакового электропитания объединяемых частей.

Касаясь интегрированных систем ходового мостика, необходимо отметить следующее.

Минимальные эксплуатационные требования к морским навигационным приборам и системам определяются Международной морской организацией - ИМО (IMO - International Maritime Organization).

На основе эксплуатационных требований Международная электротехническая комиссия вырабатывает технические стандарты к электрическому и электронному оборудованию. МЭК также определяет протоколы взаимодействия входящих в *ИСМ* устройств.

Отдельные части *ИСМ* должны удовлетворять и касающихся их требованиям других международных организаций. Например, необходимо, чтобы система с электронными картами ECDIS отвечала стандартам Международной гидрографической организации – МГО (ИНО - International Hydrographic Organization). Бортовая аппаратура автоматической идентификационной системы должна соответствовать требованиям Международного телекоммуникационного союза (ITU - International Telecommunication Union).

Создание интегрированных систем базируется на международных стандартах, определяющих, как должны работать друг с другом компоненты этих систем. Во всех странах стандарты информационного взаимодействия называются протоколами.

Протокол в информационной системе – это документ, четко определяющий процедуры и правила взаимодействия входящих и подключаемых к системе устройств. Протоколом устанавливается список команд, которыми могут обмениваться устройства, порядок передачи команд, правила взаимной проверки работы, размеры передаваемых блоков информации и т.д. Протоколы создаются для того, чтобы изготавливаемые разными объединениями и фирмами устройства могли работать друг с другом.

Стандарты взаимодействия (интерфейса) навигационной аппаратуры изложены в протоколе МЭК 61162. Этот документ совпадает по содержанию с протоколом NMEA–0183 национальной морской электронной ассоциации США (NMEA – National Maritime Electronic Association).

Условия стандарта на интерфейс включают:

- вид и количество сигналов,
- систему кодирования,
- название и действие управляющих сигналов,
- значения напряжения для сигналов «0» и «1»,
- тип соединительного элемента (штекерный разъем, пайка и т.п.),
- распределение сигналов в соединительном элементе и др.

Модульность состоит в построении аппаратуры и/или программного обеспечения из отдельных, в определенной мере автономных структур (модулей, блоков, подсистем), которые могут функционировать как отдельно при выполнении своих локальных задач, так и совместно при решении общей задачи. Модульное построение облегчает приспособление систем к особенностям судов и к отличиям выполняемых ими задач и облегчает расширение функций систем при их совершенствовании.

Применение эффективных методов интеграции систем. Автоматизация производственных процессов на начальном этапе привела к применению микропроцессоров (компьютеров) для управления отдельным оборудованием. При дальнейшей автоматизации появилась необходимость создания локальных объединений компьютеризованных устройств с целью централизации управления, совместного использования информационных ресурсов и для решения комплексных задач. Такое объединение по существу сводится к обеспечению информационного взаимодействия между компьютерами, управляющими отдельными устройствами.

При **магистрально-модульном** методе отдельные части объединяются в интегрированную систему путем подсоединения компьютеров, управляющих этими частями, к коммуникационной среде в виде магистрального канала.

В небольших по размерам сетях, в частности в судовых, для обеспечения взаимодействия отдельных ЭВМ обычно используется один магистральный канал (моноканал), замкнутый в виде петли (кольца), в которой циркулирует информация. Приборы, обеспечивающие подключение микропроцессорных систем к каналу, называются *блоками доступа к нему*, либо *интерфейсными устройствами*.

При использовании модульно-иерархического метода части (модули), из которых образуется *ИС*, располагаются по уровням их значимости. Модули на низшем уровне решают узкие задачи, а другие модули, высшие по иерархии, обеспечивают решение задач более высокого уровня путем управления и коррекции модулей низшего уровня.

2. Обеспечение качественного функционирования интегрированных систем

Общие сведения. Рассматривая интегрированные системы управления (*ИСУ*) сложными объектами, необходимо обратить внимание на одну их важную составляющую, находящуюся в настоящее время в процессе интенсивного развития – **систему обеспечения качества (эффективности) управления**.

Практически любая интегрированная система управления сложным процессом требует принятия в реальном масштабе времени определенных мер для поддержания качественной ее работы. Кроме того, в современных *ИСУ* процессы так сложны и протекают настолько быстро, что без специальных технических средств контролировать правильность функционирования и обеспечивать эффективную работу системы практически невозможно.

Особенно остро эта задача стоит для судов, где необходимость повышенной готовности систем обуславливается опасностью процесса судовождения, высокой стоимостью объекта управления, перевозимого груза, тяжелыми экологическими последствиями аварий судов и связанной с этим возможностью больших убытков от поломок и сбоев в функционировании комплекса судовых технических средств.

Обеспечение эффективности *ИСУ* при эксплуатации может быть определено как задача специальной системы, управляющей качеством рассматриваемой *ИСУ*. Ниже система, управляющая эффективностью работы другой системы, именуется **системой обеспечения качества (СОК)**.

В результате внедрения *СОК* в состав *ИСУ* образуется иерархическая система, где на верхнем уровне находится *СОК*, а на нижнем – *ИСУ* в роли объекта управления качеством. **Управляемыми величинами** в *СОК* является совокупность показателей,

характеризующих эффективность рассматриваемой *ИСУ*, а управляющими воздействиями – меры, которые принимаются для обеспечения требуемых их значений. Следует отметить, что обеспечение качества *ИСУ* невозможно без знания показателей управляемого ей процесса и текущей информации об их значениях.

Управление качеством *ИСУ* может осуществляться по-разному: **вручную** - человеком либо группой людей, **полуавтоматически** - человеко-машинной системой, **автоматически** - без участия оператора.

Эффективность современных *ИСУ* поддерживается *СОК*, используемыми для обеспечения качества компьютеры (Computer Aided Quality Control System). Компьютеризованная *СОК* встраивается в интегрированную систему управления как одна из ее частей, и обладает структурной, программной, метрологической и конструктивной совместимостью со всеми другими компонентами *ИСУ*.

Перечень задач, которые должна решать *СОК* определяется, исходя из следующих соображений.

Под **качеством управления** обычно понимается соответствие функционирования *ИСУ* ее целям. На него влияет изменение свойств объекта управления и управляющей системы, нарушения целостности информационных потоков, изменение состояния внешней среды и ряд других факторов. Резкие ухудшения качества функционирования, а иногда и невозможность дальнейшей работы *ИСУ*, порождаются поломками ее аппаратуры, отказами.

Обеспечение полноценного функционирования сложных систем управления включает широкий круг задач. Среди них можно отметить:

- надзор за работой аппаратуры всех частей *ИСУ* и управляемого ей объекта,
- контроль информационных, энергетических и материальных потоков *ИСУ* и ее частей,
- обнаружение изменения свойств подсистем *ИСУ*,
- прогноз работы и выявление нежелательных тенденций в изменении состояния аппаратуры,
- обнаружение ошибок в данных, в работе программного обеспечения,
- выявление неисправностей, их причин и др.

Задачи *СОК* кардинально отличны от функций *ИСУ*. В общем плане, система оценки качества должна осуществлять сбор информации о параметрах, отражающих свойства системы управления. Это параметры:

- состояния процесса управления,
- работы технических средств *ИСУ*,
- состояния информационных, материальных и энергетических потоков.

В результате оценки этой информации *СОК* должна обнаруживать отклонения свойств системы управления от требуемых и выявить причины их изменения. На основании полученных результатов система обеспечения качества должна сформировать решение о мерах, т.е. о воздействии на *ИСУ*, для устранения причин, повлекших изменение свойств комплекса управления, с целью достижения высокой эффективности его функционирования.

Создание автоматических *СОК* для интегрированных систем управления включает решение следующих проблем:

- определение параметров, достаточно полно отражающих полезные свойства *ИСУ*;
- организацию источников информации для получения значений этих параметров в процессе функционирования *ИСУ*;
- разработку стратегии наблюдения за свойствами *ИСУ*;
- создание алгоритмов для выявления причин изменения и для прогнозирования свойств системы управления по результатам наблюдений;
- построение алгоритмов выработки решений для устранения причин, ухудшающих качество работы *ИСУ*.

Таким образом, эффективная работа *СОК* в основном определяется содержанием процедур, связанных с информацией, и, главным образом, с извлечением из наблюдений сведений об изменении свойств системы управления.

Основные процедуры СОК. Ограничимся перечислением основных информационных процедур, которые должна выполнять система обеспечения качества.

Измерение – сравнение наблюдаемой величины с ее единицей с целью получения значения этой величины в форме, наиболее удобной для использования. Измерения выполняются с помощью технических средств, называемых измерительными устройствами.

Контроль – совокупность операций, устанавливающая соответствие между состоянием (свойством) объекта и заданной нормой, определяющей различные области его состояния, и включающая, в общем случае, регулирующие меры по приведению состояния объекта в соответствие с нормой.

Мониторинг – частный вид контроля. Термин «мониторинг» произошел от английского слова *monitoring* (в переводе с латинского *monitor* - надзирающий). Впервые он возник в экологии в XX веке для определения системы целенаправленных повторных наблюдений за элементами окружающей природной среды в пространстве и времени. Позже он стал применяться и в других областях. Безотносительно к какой-либо науке существует следующее определение термина «***мониторинг***» - это постоянное наблюдение за каким-либо процессом или явлением с целью установления его соотношения желаемому результату или первоначальному предположению.

Диагностика – это анализ признаков с целью:

- установления состояния объекта (процесса) или причин отклонения этого состояния от желаемого,
- предсказания возможных отклонений для предотвращения поломок и аварий,
- поиска ошибок, неисправностей и определения причин их возникновения.

Обнаружение – операция выявления фактов, являющихся логическими, вероятностными или другими функциями простых событий, а также выявление событий в условиях шума или на фоне других событий.

Идентификация – совокупность операций для отождествления объекта с одним из известных видов (моделей) объектов.

Распознавание образов – совокупность операций по классификации объектов на основе установленного словаря признаков и алфавита классов.

Виды наблюдений в системах обеспечения качества. В составе функций, выполняемых системами обеспечения качества, можно выделить функции наблюдения за свойствами *ИСУ* и функции воздействий на *ИСУ*.

В *СОК* обычно реализуется несколько видов наблюдений, по результатам которых определяются свойства *ИСУ* и формируются воздействия с целью поддержания качественной работы. Эти виды наблюдений зависят от типа системы, эффективная работа которой обеспечивается *СОК*.

Например, в системах обеспечения качества комплекса управления судном можно выделить следующие виды наблюдения:

- с целью обнаружения чрезвычайных событий в системе управления: пожара, водотечности корпуса, опасных газов и других опасных явлений;
- за состоянием открытых в корпусе (водонепроницаемых и пожарозащитных дверей, люков трюмов, аппарелей и др.), важных с точки зрения безопасности судна;
- за параметрами работы судового оборудования для выявления отклонений их от нормы;
- за информационными потоками с целью обнаружения ошибок, сбоев, задержек в предоставлении сведений и других нарушений;
- за состоянием запасов топлива, масла, воды и других материальных ресурсов, необходимых для функционирования судна;

– другие виды.

Виды воздействий СОК на систему управления. Виды воздействий системы обеспечения качества в целях обеспечения эффективной работы ИСУ также разнообразны:

- использование операций включения/отключения различных средств с целью устранения причин нарушений свойств ИСУ, защиты аппаратуры от поломок или для восстановления ее работоспособности, а также для получения дополнительной информации, без которой невозможна эффективная работа ИСУ в сложившейся ситуации;
- изменение режимов работы аппаратуры;
- корректировка параметров и алгоритмов управления аппаратуры ИСУ.

Подсистемы СОК. В интегрированных информационно-управляющих системах контролю должны подлежать технические характеристики аппаратных средств, программное обеспечение, а также достоверность информации, с которой оперируют системы. Применяемые на современном этапе компьютеризованные системы обеспечения качества интегрированных систем управления выполняют обычно ограниченный круг задач. Чаще всего, они охватывают своими функциями оборудование, наиболее важное с точки зрения целевого назначения интегрированной системы и ее безопасности. Для обеспечения эффективной работы этого оборудования применяются локальные автоматические подсистемы: мониторинга, самоконтроля, диагностики, защиты, самовосстановления работоспособности.

Наибольшее распространение из этих средств получили **подсистемы мониторинга**. Они применяются с целью обнаружения чрезвычайных событий, для постоянного контроля параметров работы технических средств, для обнаружения ошибок в работе программного обеспечения и в информации определенных датчиков, и для сигнализации о случаях, требующих внимания и принятия мер со стороны персонала.

Подсистемы самоконтроля по сравнению с системами мониторинга выполняют более широкий круг задач при обеспечении эффективности систем. Следует принять во внимание, что *мониторинг* не включает деятельность по изменению протекания наблюдаемого процесса, но является источником информации необходимой для принятия решений по управлению качеством этого процесса и для других действий. Этим он отличается от термина «*контроль*», обозначающего в общем случае совокупность наблюдения и принятия активных регулирующих мер, улучшающих качество управления.

Методы контроля разделяются на аппаратные и программные. В программные входят методы: дублирования обработки, контрольных сумм, дополнительных усеченных алгоритмов, тестирования, способы, основанные на использовании избыточной информации и другие.

Аппаратные методы предусматривают введение дополнительного оборудования (датчиков, анализаторов и других приборов) для контроля рабочих процессов.

Подсистемы диагностики применяются для анализа состояния оборудования, тенденций в его изменении, для выявления неисправностей технических средств, ошибок программного обеспечения и установления их причин. **Благодаря диагностике становится возможным прогнозирование поведения объекта в будущем.**

Объектом диагностики может быть устройство, программа, система, компьютер, сеть. В процессе диагностики изучаются характеристики, параметры и функции, выполняемые объектом. Осуществляется тестирование и анализируется полученный материал.

В случаях нарушений нормальной работы аппаратуры и/или программного обеспечения определяются характер, место, причина имеющихся неисправностей и ошибок.

При эксплуатации информационной системы либо сети диагностика осуществляется всякий раз, как только обнаружится ошибка. Диагностическая программа исследует причину возникновения ошибки и предоставляет данные для последующего анализа.

Ошибки могут возникать при запоминании данных, их обработке и передаче. Для обнаружения ошибок в данные вводится определенная избыточность, позволяющая осуществлять необходимую диагностику. В особо важных случаях процесс обработки информации дублируется.

При возникновении неисправности технических устройств производится фиксация факта неисправности, определяется ее место и вид. Затем передается сообщение о неисправности для принятия необходимых мер по ее устранению.

Сигнализация. О случаях нарушений нормальной работы системы, о нежелательных тенденциях развития ее рабочих процессов, о сбоях, о появлении неисправностей и ошибок, подсистемы мониторинга, самоконтроля и диагностики должны сообщать с помощью визуальных и/или звуковых средств сигнализации.

Характеризуя требование обеспечения высокой готовности интегрированных систем к продолжительному полноценному функционированию, необходимо отметить следующие положения.

Система и сопрягаемые с ней устройства должны работать при определенных отклонениях от номинальных значений параметров электропитания. Они также должны иметь резервные (аварийные) источники электроэнергии на случай выхода из строя основного источника электропитания или неполадок в его работе, которые могут влиять на безопасность функционирования аппаратуры.

Подсистемы защиты. Для предупреждения поломок систему, при возможности, следует снабжать специальной подсистемой защиты, которая изменяет режим работы на облегченный или выключают работу системы при угрозе ее поломки.

Подсистемы восстановления работоспособности. В ИСУ необходимо предусматривать средства резервирования, повышающие надежность системы и обеспечивающие ее функционирование при поломках основной аппаратуры. Для автоматического ввода в действие резервного оборудования при поломках или для принятия других мер по их устранению, рекомендуется системы управления оборудовать подсистемами восстановления работоспособности.

3. Интегрированные системы ходового мостика

Интегрированная система ходового мостика (Integrated Bridge System) – это включающий в свой состав несколько систем программно-аппаратный комплекс, в котором применен системный подход к автоматизации процессов сбора, обработки, отображения информации, к выполнению функций навигации, управления судном, радиосвязи и обеспечения безопасности с целью достижения максимальной эффективности вахты на мостике квалифицированным персоналом. Сокращенно *интегрированная система ходового мостика* обозначается **ИСМ**.

Интегрированная система ходового мостика относится к классу информационно-управляющих систем. *ИСМ* образуется путем установки связей между отдельными ее частями с применением специальных программ для обеспечения их совместной работы.

Интеграция систем ходового мостика позволяет:

- автоматизировать выполнение комплексных задач судовождения;
- создать единую информационную среду как основу эффективной поддержки решений вахтенного помощника;
- организовать централизованный контроль работы оборудования, от которого зависит безопасность судна и груза;
- обеспечить централизованное управление силовыми средствами и другим оборудованием судна.

Основными в функционировании *ИСМ* являются параметры, характеристики и содержание внешних и внутренних информационных взаимодействий. Это определяет и

построение *ИСМ* как информационной сети, в которой взаимодействие между частями производится в соответствии со специальным протоколом.

Выпускаемые разными фирмами образцы *ИСМ* имеют определенные отличия по составу, выполняемым функциям, дизайну. Типовой интегрированный мостик включает в себя:

- Систему навигационных датчиков (Navigation Sensors);
- Навигационно-информационную систему – *НИС* (Navigation and Information System);
- Систему для предупреждения столкновений – *СПС* (Collision Assessment and Avoidance System);
- Систему оценки и оптимизации мореходности – *СОМ* (Vessel Seaworthiness Assessment and Optimization System);
- Систему планирования и оптимизации пути – *СПП* (Voyage Planning and Route Optimization System);
- Станцию управления движением судна – *СУД* (Maneuvering Control Station);
- Централизованную систему мониторинга и сигнализации - *ЦСМ* (Centralized Monitoring and Alarm System);
- Интегрированную систему радиосвязи – *ИСР* (Integrated Radio Communication System – *IRCS*);
- Регистратор данных рейса – *РДР* (Voyage Data Recorder – *VDR*);
- Консоль управления движением с крыла мостика (Bridge Wing Console).

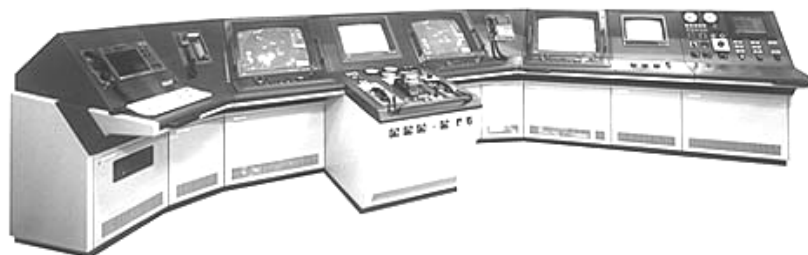


Рис. 1. Интегрированная система ходового мостика.

Интегрированные мостики, предназначенные для скоростных паромов, снабжаются системами ночного видения – *СНВ* (Night vision system).

ИСМ могут поставляться в разных конфигурациях.

Современные *ИСМ* отвечают требованиям к управлению судном одним человеком (One man bridge operations - *ОМВО*). У них один пульт управления с двумя рабочими местами (рис. 1).

Основой практически всех систем, входящих в *ИСМ*, является персональный компьютер, монитор которого вмонтирован в специальную консоль. До недавнего времени в *ИСМ* использовались обычные ЭЛТ- дисплеи. Однако на современном этапе им на смену приходят плоские жидкокристаллические (ЖК) мониторы (LCD – liquid crystal display).

Тонкие (3÷10 см.) ЖК-мониторы становятся все совершенней. Уже сейчас они обеспечивают качественное контрастное, яркое, отчетливое изображение. Раньше жидкокристаллические технологии были медленнее (обладали большой инерционностью, особенно заметной при просмотре динамических изображений), их уровень контрастности был низок. В настоящее время применение LC-технологий имеет преимущества перед традиционными ЭЛТ-дисплеями. По сравнению с ЭЛТ-дисплеями, ЖК-монитор не подвержен влиянию магнитных полей, не имеет сферических искажений, меньше отражает свет, что улучшает видимость в солнечных условиях. Так как при LC-технологии каждый пиксель управляется отдельным транзистором, четкость получаемого на жидкокристаллическом дисплее изображения выше в сравнении с ЭЛТ-монитором. В

отличие от ЭЛТ-дисплеев, у жидкокристаллической панели не может быть ни несведения лучей, ни расфокусировки.

К этому следует еще добавить малые габариты и вес, более низкую стоимость и меньшее энергопотребление.



Рис. 2. ИСМ, использующая плоскоэкрannую технологию.

Именно по этой причине в аппаратуре ИСМ переходят с традиционных ЭЛТ-мониторов на жидкокристаллические. В качестве примера ИСМ, в которой использованы ЖК-мониторы, можно привести систему “MANTA” фирмы «Kelvin Hughes», общий вид которой приведен на рис. 2.

Плоские ЖК-дисплеи применяются также в отдельно выпускаемом оборудовании: в навигационно-информационных системах с электронными картами (например, ECDIS 900, фирмы MARIS) и в РЛС-ПК (Radar PC), представляющих собой интеграцию радиолокационного приемопередатчика с персональным компьютером.

4. Интегрированная информационная система судна.

Морское судно является подвижным плавучим объектом, предназначенным для выполнения определенной целевой функции (перевозки грузов, пассажиров, лова рыбы, прокладки различного вида кабелей, выполнения гидрографических работ и т.д.). Оно оснащено оборудованием для:

- обеспечения движения и маневрирования,
- осуществления внешней и внутренней радиосвязи,
- снабжения энергией различных ее судовых потребителей,
- поддержания условий обитаемости экипажа и функционирования судовых механизмов,
- борьбы за живучесть судна и за предотвращение потери эксплуатационных свойств,
- достижения предписанных целей функционирования,
- выполнения других функций.

Совокупность судового оборудования, выполняющего указанные функции, называют **судовыми техническими средствами (ТС)**. К ним относят механизмы движительно-рулевого комплекса, источники выработки разных видов энергии, механизмы, агрегаты, установки всех судовых систем и устройств.

Управляющие судовыми техническими средствами комплексы представляют собой сложные эргатические (человеко-машинные) системы. Как всякая эргатическая система, управляющий судовой комплекс включает в себя две части: “человека” и искусственную систему (средства автоматики). На современных судах для решения задач управления судовым оборудованием на всех уровнях используются средства микропроцессорной техники (СМТ).

Интегрированная микропроцессорная система, управляющая судовыми процессами (судовождением, выработкой энергии, и т.д.) с целью обеспечения безопасности и выполнения задачи функционирования судна, ниже называется **интегрированной**

системой судна (ИСС). Ее объект управления включает в себя корпус судна и совокупность всех судовых технических средств.

ИСС является многоконтурной системой и включает разного вида и различного уровня управляющие устройства и системы, осуществляющие сбор и обработку информации о состоянии различных управляемых судовых объектов и внешней среды, выработку решений о воздействии на объекты и их исполнение.

Автоматизация судовых процессов на базе СМТ производилась поэтапно. Вначале автоматизировались простейшие операции. Затем создавались подсистемы управления одним или совокупностью технических средств для выполнения определенных функций (функционально ориентированные подсистемы). Примером может служить система управления судном по курсу и ряд других. Затем функционально ориентированные подсистемы интегрировались в системы для решения более сложных задач (проблем). В свою очередь полученные интегрированные системы объединялись в проблемно-ориентированные управляющие системы более высокого уровня.

Микропроцессорные средства позволили отойти от организации систем управления, основанной на жестких пространственных связях между частями системы. Единый способ преобразования и передачи информации в СМТ позволяет интеграцию устройств управления нижнего уровня с целью создания системы для решения задач более высокого уровня обеспечивать с помощью **программных средств** и **информационных каналов** между интегрируемыми объектами. Это освобождает судно от различного вида механических, электрических, пневматических, гидравлических и другого вида «жестких» передач между интегрируемыми устройствами и позволяет резко уменьшить стоимость судовых систем управления и их установки на судне.

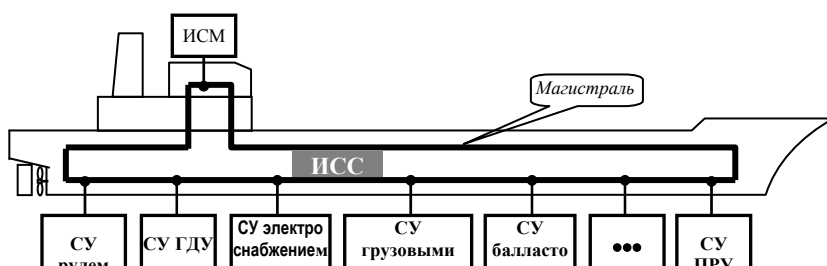


Рис. 3. Схема интегрированной системы судна.

Объем задач, решаемых электронными управляющими комплексами различных судов, и структура этих комплексов неодинаковы. Это зависит от степени автоматизации задач управления судном. Электронные управляющие судном комплексы могут состоять из отдельных несвязанных подсистем, решающих определенные локальные задачи. На современных судах электронные проблемно-ориентированные подсистемы объединяются в единую **интегрированную систему судна**. Эта система также называется **судовым интегрированным управляющим комплексом**.

Типовая интегрированная система судна (рис. 3) включает в себя:

- административную систему;
- интегрированную систему ходового мостика,
- систему управления электроснабжением (Power supply system),
- систему дистанционного управления главной движительной установкой - ГДУ (Main engine control system),
- систему дистанционного управления рулем судна (Rudder control system),
- систему дистанционного управления подруливающими устройствами (Thruster control system),

- систему управления грузовыми операциями. Например, для танкера это системы: управления погрузкой/выгрузкой (Tank handling system), замера уровней в танках (Tank sounding system), разогрева груза (Tank heating system) и др.,
- систему управления балластировкой судна (Anti heeling system),
- и ряд других.

Объединение названных систем в *ИСС* обычно производится с помощью **магистрального кольцевого информационного канала**.

По существу *ИСС* представляет собой **локальную информационную сеть**, чаще всего основанную на фибро-оптической технологии. Отдельные входящие в *ИСС* системы также могут иметь структуру сетей.

Выход из строя одной из систем в сети *ИСС* не влияет на работоспособность других систем, если только выполнение их функций не зависит напрямую от информации вышедшей из строя части. Сетевое построение также обеспечивает открытость *ИСС*, позволяющую расширять ее состав путем подключения к магистрали новых систем и сетей.

Интегрированная система ходового мостика является главной в *ИСС* и исполняет роль ее управляющего центра.