

Вагущенко Л.Л.

**СУДОВЫЕ НАВИГАЦИОННО-  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
СИСТЕМЫ**

Одесса – 2004

Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы.  
– Одесса, Латстар, 2004. – 302 с.

УДК 656.61.052.011.56

Приводятся основные сведения о судовых навигационно-информационных системах (НИС) и об используемых в них электронных картах. Охарактеризованы составные части, функциональные возможности, особенности отображения информации НИС. Дан анализ датчиков оперативной навигационной информации. Уделено внимание ограничениям и недостаткам рассматриваемых систем.

Предназначена для учащихся судоводительской специальности морских академий, может быть полезной для штурманского состава транспортных и рыбопромысловых судов.

*Ил. 66, табл. 10, библиогр. 41 назв.*

**Рецензенты:**

*В.Г.Алексишин, доцент;*

*В.А.Синяев, к.ф-м.н, доцент.*

Книга одобрена Ученым советом Одесской национальной морской академии (протокол № 1 от 30 января 2004 г.).

ISBN

© – Л.Л.Вагущенко, 2004.

© – Латстар, 2004.

Охраняется законодательством о печати.

## Введение

Информационно-коммуникационные технологии находят применение во всех отраслях производства, включая и транспорт, обеспечивая повышение их эффективности. Одним из примеров внедрения этих технологий на судах стали навигационно-информационные системы с электронными картами (*НИС*). Среди них выделяют *электронные отображающие карты информационные системы* – ЭКДИС (ECDIS - Electronic Chart Display and Information System) и просто *системы с электронными картами* – ЭКС (ECS - Electronic Chart System).

Навигационные системы с электронными картами появились на судах в начале 1980-ых годов. Тогда они выполняли в основном функции видеопрокладки, и их информационные ресурсы были малы. Однако и с такими возможностями *НИС* обладали преимуществом перед учетом движения судна на бумажной карте.

При ручной прокладке вахтенный помощник ведет графическое счисление, снимая данные с ГК, лага, учитывает ветровой дрейф и течение, производит обсервации, строит линии положения или по координатам наносит место судна на карту. На эти операции требуется время. В результате, при ручной прокладке место на карте получается с запозданием, т.е. штурман всегда «сзади судна». В открытом море временем, потраченным на определение места и нанесение его на карту, можно пренебречь. Вблизи берегов и опасностей отсутствие запоздания в отображении места на карте становится жизненно важным, особенно при приборной проводке судов.

Возможности вахтенного помощника вручную прокладывать путь судна ограничивают и частоту обсерваций. Даже хорошо обученный судоводитель способен производить простые обсервации с нанесением места на карту обычно не чаще, чем через три минуты.

Появившиеся видеопрокладчики объединили процесс определения места судна и нанесения его на карту, что позволило производить обсервации и отображать положение судна на электронной карте в реальном времени (без задержки) практически непрерывно, с интервалом в одну секунду и даже чаще. Эти видеосредства показывают цифровые данные о курсе, скорости, глубине под килем, и другие кинематические параметры судна на одном экране, избавляя оператора от необходимости обращения ко многим приборам.

С ходом времени навигационные системы с электронными картами довольно быстро совершенствовались. Процесс возрастания функциональных возможностей этих систем и увеличения количества отображаемой ими информации можно представить следующими этапами:

- Применение упрощенных карт-схем;
- Подключение навигационных позиционных средств;
- Использование растровых карт;
- Отображение векторных карт;
- Поиск данных и отображение карт в разных масштабах;
- Выполнение планирования пути;
- Выдача справок о картографических объектах;
- Автоматическая сигнализация об опасностях;
- Использование формата МГО для данных карт;
- Отображение карт в соответствии со стандартом МГО;
- Соответствие эксплуатационным стандартам ИМО;
- Автоматическая корректура карт;
- Одобрение классификационными обществами на принадлежность к ЭКДИС;
- Использование данных САРП и транспондера АИС;
- Интеграция информации РЛС и др.

В процессе развития информационное обеспечение видеопрокладчиков и количество выполняемых ими навигационных и информационных функций значительно возросли, что позволило эти системы с полным правом называть **навигационно-информационными**.

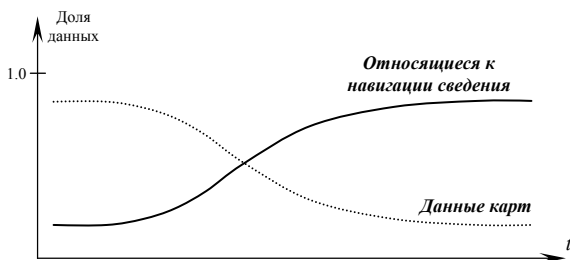
Объем данных, которыми оперирует *НИС*, неуклонно увеличивается. При рассмотрении определенных вопросов всю информацию, с которой оперируют *НИС*, условно делят на два основных вида: *принадлежащую к изображению земной поверхности (картографическую)* и *относящуюся к навигации*.

В последние годы информационные ресурсы *НИС* пополняются главным образом относящимися к навигации данными. Здесь можно назвать электронные варианты наставлений для плавания, пособий по радиотехническим средствам, базы сведений о портах, климатические базы, и т.д. Современные *НИС* представляют вахтенному помощнику:

- Данные о собственном судне (текущее место, кинематические параметры, прошлый путь, запланированный маршрут и ряд других элементов);
- Радиолокационное изображение и кинематические параметры целей САРП;
- Данные транспондера АИС о других судах;
- Сведения о навигационном ограждении, об оптических и радиотехнических навигационных средствах;
- Наставления для плавания;

- Элементы сервиса береговых систем управления движением;
- Гидрометеорологические сведения (многолетние данные, сведения о текущей погоде, данные о ледовой обстановке, прогностическую информацию);
- И ряд других.

Таким образом, четко проявляется тенденция постепенного увеличения в *НИС* доли относящейся к навигации информации по отношению к картографическим данным (рис. В.1).



**Рис. В.1.** Тенденция изменения соотношения между основными видами информации в *НИС*.

Неуклонно расширяется и состав навигационных функций *НИС*.

Использование в *НИС* для прокладки пути судна векторных карт с автоматической сигнализацией об опасностях создало этим системам репутацию средств, предупреждающих посадку судов на мель (anti-grounding tool).

При интеграции информации РЛС и САРП навигационно-информационные системы дополнительно стали действенным средством для предупреждения столкновений судов (anti-collision tool). С подключением транспондера АИС эффективность *НИС* в обеспечении безопасного расхождения судов еще больше возросла.

В настоящее время проводится большая работа для создания *НИС* возможности в реальном времени получать гидрометеорологическую информацию и оперировать ей для целей решения задач судовождения. В результате, *НИС* становится эффективным средством и для обеспечения конструктивной безопасности судна и сохранности груза в сложных погодных условиях.

Из сказанного выше следует, что ***НИС* является на судне главной обеспечивающей безопасностью судовождения системой.**

Проследивая происходящие перемены и учитывая их тенденцию, можно заметить, что *НИС* оказывают штурманам все большую информационную помощь в управлении судном. В результате, в

навигационно-информационных системах все четче проявляются черты средств информационной поддержки решений вахтенного помощника. Для такой *НИС* картографическая информация – лишь небольшая (хотя и очень важная) часть данных, используемых системой при подготовке решений, а также фон, на котором представляются выходные данные *НИС* судоводителю.

*НИС* как полноценная система информационной поддержки принятия решений должна:

- Обеспечивать возможность хорошего знания обстановки;
- Предупреждать об элементах, явлениях, требующих внимания вахтенного помощника, а также о ситуациях, обуславливающих необходимость принятия управляющих действий;
- Вырабатывать рекомендации для решения возникающих проблем.

В эргатических (человеко-машинных) системах управления термин «знание обстановки» имеет следующее значение:

**Знание обстановки (Situation awareness)** – это восприятие элементов окружающей среды и состояния в ней объекта управления в пространственном и временном измерении, расшифровка значений этих элементов и прогнозирование их состояния на ближайшее будущее.

**Выработка рекомендаций** включает определение возможных вариантов решения возникшей задачи, отбор из них наилучшего и рекомендацию его вахтенному помощнику.

В недалеком будущем *НИС* будет способна получать и оперировать практически всей необходимой для принятия решений по управлению судном информацией. Это является предпосылкой для внедрения в состав *НИС* (с возможностью эффективного использования) экспертной системы, обеспечивающей: выработку решений возникающих проблем судовождения, рекомендацию их вахтенному помощнику, автоматическую активацию в критических ситуациях процедур для обеспечения безопасности.

Эта экспертная система представляет собой компьютерную программу, включающую знания опытных судоводителей о путях решения навигационных проблем, и способную предлагать и объяснять пользователю разумные решения в различных ситуациях, встречаемых в судовождении.

Количество *НИС*, устанавливаемых на судах, непрерывно увеличивается. Используемые на протяжении двух тысячелетий бумажные карты начинают терять свою ключевую роль в судовождении. Постепенно они будут вытесняться электронными базами данных и бортовыми компьютерами.

Применяя *НИС*, вахтенный помощник освобождается от выполнения многих рутинных операций. Его основными функциями становится наблюдение за окружающей обстановкой, контроль *НИС* и других средств судовождения, управление их работой для получения требуемых обстановкой сведений, оценка предоставляемой информации и принятие решений по управлению судном.

*НИС* повышает результативность деятельности судоводителя, обеспечивает использование большего объема и номенклатуры данных, увеличивает скорость их обработки, улучшает точность и достоверность результатов, упрощает оценку ситуаций, повышает безопасность мореплавания и приводит к росту финансовых показателей работы судна.

Не надо забывать и о сложности работы с такими системами, как *НИС*. Эта сложность определяется:

- большим набором решаемых *НИС* задач, требующих многочисленных исходных данных;
- значительным числом функций *НИС*;
- вырабатываемыми различного вида сигналами, предупреждениями и сообщениями, которые требуют правильного и быстрого реагирования;
- одновременной работой со многими навигационными приборами и средствами управления;
- способностью параллельного решения нескольких задач;
- концентрированным условным представлением информации о процессе судовождения, необходимостью правильной ее интерпретации и оценки,
- имеемыми погрешностями, ограничениями и недостатками, которые следует учитывать при оценке ситуаций.

Таким образом, с одной стороны навигационно-информационная система облегчает труд судоводителя, но с другой, делает его сложнее.

Эффективность *НИС* напрямую зависит от профессионализма штурманского состава. Здесь уместно напомнить известное изречение, что *любая система настолько хороша, насколько хороши тот, кто ее использует.*

Для эффективного применения *НИС* судоводители должны:

- Знать базовые принципы построения навигационно-информационных систем, организацию их данных, функциональные возможности, принципы решения системных и прикладных задач, способы управления данными, виды ввода, отображения и регистрации информации, типы вырабатываемых системами сигналов, сообщений и предупреждений, и что особенно важно - присущие всем частям этих систем ограничения и недостатки;
- Уметь работать с *НИС* оборудованием, использовать навигационные и информационные функции, выбирать требуемые обстановкой данные, объективно оценивать отображаемую информацию, принимать правильные решения на ее основе;

- Учитывать погрешности отображаемых данных и четко представлять опасность переоценки возможностей *НИС*.
- Реагировать должным образом на нарушения в функционировании системы;
- Использовать любую возможность для контроля работы *НИС*, включая визуальные определения, а также получение информации независимых от *НИС* источников.

Ни у кого не вызывает сомнений, что для работы с *НИС* необходима специальная подготовка. В июне 2001 года ИМО выпустило циркуляр STCW.7/Circ.10, в котором содержится Временное руководство по практической подготовке и оценке знаний обучающихся на тренажере ЭКДИС (Interim Guidance on training and assessment in the operational use of the ECDIS simulators), обуславливающее подготовку судоводителей на тренажерах ЭКДИС. В этом документе определено, что при тренаже должны моделироваться информационные потоки ЭКДИС, включая данные о целях САРП, АИС и сведения для записи в регистратор данных рейса. Подтверждением достаточного уровня подготовки оператора к работе с ЭКДИС должен быть специальный Сертификат.

На основе Руководства ИМО в ряде стран были разработаны программы подготовки судоводителей на ЭКДИС-тренажерах, отвечающие Стандартам по обучению, сертификации и несению вахты на мостике (STCW). Такую подготовку необходимо выполнять на обоих, определенных STCW, уровнях: операционном (для третьих и вторых помощников) и управляющем (для старповов и капитанов).

Предлагаемая книга содержит основные сведения о судовых навигационно-информационных системах с электронными картами. Она является учебным пособием по курсу “Навигационно-информационные системы”, читаемом в морских учебных заведениях Украины.

Следует отметить, что судовые навигационно-информационные системы пока не являются окончательно разработанным продуктом с установившимся перечнем задач и функций. Даже требования официальных организаций к *НИС* окончательно не определены. Ряд из них выступает лишь в качестве рекомендаций и руководств, а не стандартов. *НИС* находятся в состоянии довольно быстрого развития. С течением времени они совершенствуются. Из-за этого, ряд происшедших в *НИС* изменений может быть не отражен в представленном пособии.

При написании книги использованы источники, приведенные в списке литературы, и касающиеся ЭКДИС и ЭКС материалы, найденные в Интернете.



По изложению книга соответствует уровню подготовки курсантов судоводительской специальности старших курсов. В ней не входящие в специальность «Судовождение» вопросы (организация баз данных, синтез электронных карт, расчет картографических проекций, геодезические датумы и др.) освещены нестрого, в популярной форме. Элементы, влияющие на безопасность мореплавания, представлены более детально.

Автор глубоко признателен В.Г.Алексишину, В.А.Синяеву за труд по просмотру рукописи книги и за ценные замечания, которые способствовали ее улучшению.

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ.

В приведенном перечне, когда сокращение на русском языке повторяет английский вариант, последний приводится в скобках.

- АИС** – автоматическая идентификационная система;
- АР** – авторулевой;
- БД** – база данных;
- БЗ** – база знаний;
- ВМО** – всемирная метеорологическая организация;
- ГК** – гирокомпас;
- ГЛОНАСС** – глобальная навигационная спутниковая система;
- ГО** – гидрографическая организация/служба;
- ДП** – диаметральной плоскость судна;
- ДУС** – датчик угловой скорости;
- ИМ** – Извещение мореплавателям;
- ИМО** – Международная морская организация (IMO – International Maritime Organization);
- ИМП** – интерфейсный модуль РЛС;
- ИНМАРСАТ** – Международная морская спутниковая организация: консорциум, который обеспечивает спутниковую связь с судами во всем мире (INMARSAT – International Maritime Satellite Organization);
- ИЭКДИС** – ЭКДИС для внутренних водных путей (IECDIS - Inland ECDIS);
- ИЭНК** – электронная навигационная карта для внутренних водных путей (IENC - Inland Electronic navigation chart).
- КБД** – картографическая база данных;
- КО** – картографический объект;
- МАМС** – Международная ассоциация маячных служб;
- МГО** – Международная гидрографическая организация;
- МК** – магнитный компас;
- МЭК** – Международная электротехническая комиссия;
- НАВТЕКС** – навигационный телекс;
- НИС** – навигационно-информационная система;
- НКД** – неподвижный круг дальности;
- ПИ** – приемоиндикатор;
- ПК** – персональный компьютер;
- ПКД** – подвижный круг дальности;
- РДР** – регистратор данных рейса;
- РК** – растровая карта (RC - Raster chart);
- РКДС** – система, отображающая растровые карты (RCDS - Raster Chart Display System);
- РКС** – система с растровыми картами (RCS - Raster Chart System);
- РНК** – растровая навигационная карта (RNC - Raster navigation chart);
- РЛС** – радиолокационная станция;
- САПИ** – средства автоматической радиолокационной прокладки;

**САС** – средства автосопровождения;  
**СНС** – спутниковая навигационная система;  
**СППР** – система поддержки принятия решений;  
**СЭК** – системная электронная карта;  
**СЭНК** – системная электронная навигационная карта (SENC – System Electronic navigation chart);  
**СУДС** – береговая система управления движением судов;  
**СЭП** – средства электронной прокладки;  
**УСП** – указатель скорости поворота;  
**ЭДЦ** – элементы движения цели;  
**ЭК** – электронная карта (EC - Electronic chart);  
**ЭКДИС** – электронная отображающая карты информационная система (ECDIS - Electronic Chart Display and Information System);  
**ЭКС** – система с электронными картами (ECS - Electronic Chart System);  
**ЭМК** – электронный магнитный компас;  
**ЭНК** – электронная навигационная карта (ENC - Electronic navigation chart).

— • —

**DNC** (Digital Nautical Chart) – цифровая морская карта;  
**GMDSS** (Global Maritime Distress and Safety System) – Глобальная морская система безопасности;  
**GNSS** (Global Navigation Satellite System) – интегрированная глобальная навигационная спутниковая система;  
**GPS** (Global Position System) – Глобальная позиционная система США;  
**NOAA** (National Oceanic and Atmospheric Administration) – Гидрографическая служба США;  
**MSL** (mean sea level) – средний уровень моря;  
**NIMA** (National Imagery and Mapping Agency) – Национальное картографическое агентство Департамента обороны США.

## ЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ.

**Карта** – морская навигационная карта.

**Официальная карта** – карта, изданная государственной гидрографической организацией или выпущенная от ее имени.

**Неофициальная карта** – карта, выпущенная любой организацией, кроме государственной ГО.

**Электронная карта** – программно-управляемое картографическое изображение, визуализированное с использованием программных и технических средств в принятой для карт проекции и системе условных знаков; иногда – цифровые данные, из которых образуется изображение карты на экране.

**Картографическая база данных** – это совокупность взаимосвязанных картографических данных на весь Мировой океан или его часть, предназначенная для целей судовождения и представленная в цифровой форме при соблюдении общих правил описания, хранения и манипулирования данными.

**Формат данных** – набор правил, определяющих структуру данных при их записи и хранении.

**Растровый формат** – формат для записи и хранения графического изображения в виде матрицы точек (пикселей).

**Векторный формат** – формат для представления графического изображения в файле с помощью простых геометрических объектов (геометрических примитивов): точек, линий, площадных объектов.

**Растровая карта** – электронная карта, изображение местности в которой представлено в растровом формате.

**Векторная карта** – электронная карта, изображение местности в которой представлено в векторном формате.

**ЭНК** – официальные векторные карты, стандартизованные по содержанию, символике, цветам, формату, отображению (единообразные у всех государственных ГО), выпускаемые для использования в ЭКДИС.

**РНК** – официальные растровые карты, удовлетворяющие специальным требованиям МГО. Эти карты у разных государственных ГО наследуют отличия официальных бумажных карт по нарезке, символам, цветам и другим характеристикам, а также имеют разный формат.

**ЭК** – электронная карта, издаваемая любой организацией.

**РК** – растровая карта, издаваемая любой организацией.

**Навигационно-информационная система (НИС)** – система, предназначенная для хранения, получения, обработки, отображения информации, связанной с проводкой судна из пункта отхода в пункт назначения.

**ЭКДИС** – *НИС* с электронными картами, удовлетворяющая специальным требованиям ИМО, МГО, МЭК, что согласно СОЛАС74 определяет ее как альтернативу официальным бумажным карт.

**ЭКС** – любая *НИС*, отображающая тот и/или иной вид электронных карт (включая ЭНК), но не полностью отвечающая требованиям к ЭКДИС. Электронная прокладка ЭКС обязательно должна дублироваться графическим учетом движения судна на откорректированной бумажной карте.

**Системная электронная навигационная карта (СЭНК)** – это совокупность данных, образованных в ЭКДИС из данных ЭНК, корректур, заметок судоводителя с целью отображения карты на экране дисплея.

**Системная электронная карта (СЭК)** - это совокупность данных, образованных в ЭКС для отображения откорректированной карты на экране дисплея.

**РКДС** – удовлетворяющая специальным требованиям ИМО *НИС*, в которой используются официальные растровые карты. Эта система не является эквивалентом бумажных навигационных карт. Электронная прокладка РКДС обязательно должна дублироваться графическим учетом движения судна на откорректированной бумажной карте.

**РКС** – *НИС*, в которой применяются растровые карты любых видов. Электронная прокладка РКС обязательно должна дублироваться графической прокладкой на откорректированной бумажной карте.

# 1. Общие сведения о судовых навигационно-информационных системах.

## 1.1. Назначение и основные функции навигационно-информационных систем.

*Судовой навигационно-информационной системой (НИС)* называется средство, которое производит хранение, получение, обработку информации, необходимой при проводке судна из порта отхода в порт назначения, и отображает результаты обработки на электронной карте в виде, облегчающем выполнение безопасного и эффективного судовождения.

**Основное назначение НИС** – повышение навигационной безопасности, защиты окружающей среды, эффективности перевозок грузов морем.

*НИС* должна обеспечить судоводителям информационную поддержку при планировании пути, его коррекции в процессе рейса и при решении навигационных задач, связанных с выполнением плана перехода. Это должно достигаться предоставлением вахтенному помощнику возможности хорошего знания обстановки путем наглядного отображения ее компонентов в реальном времени, прогнозирования ситуаций на определенное время вперед, сигнализации об элементах и явлениях, требующих внимания вахтенного помощника, выработки рекомендаций для решения возникающих проблем.

*НИС* – это система, ориентированная на судоводителя. Она должна обладать информационно-коммуникационными способностями, позволяющими снабдить вахтенного помощника в реальном времени точной, надежной информацией, требуемой для принятия решений по управлению судном.

Если в начальный период использования на судах *НИС* выступали в роли чисто бортовых систем, не связанных с другими судами и наземными центрами, то с подключением транспондеров АИС стали активно развиваться пути взаимодействия *НИС* с береговыми Системами управления движением (СУДС) и с системами, создаваемыми для управления транспортными и грузовыми потоками. В результате, задачи, которые ставятся перед *НИС*, стали обширнее.

Основными информационными задачами *НИС* являются:

- сбор, регистрация, упорядочивание, хранение, защита важной в навигационном отношении информации;
- взаимодействие с береговыми системами;
- отображение картографической, навигационно-гидрографической и другой, относящейся к навигации, информации, необходимой для безопасного и эффективного судовождения;
- непрерывное отображение текущего места судна на электронной карте;
- быстрая выдача необходимых справок,
- прогнозирование элементов обстановки на определенное время вперед;
- выполнение всех функций, связанных с планированием пути;
- оперативное решения навигационных задач и ведение исполнительной прокладки;
- контроль достоверности получаемых данных и информации, находящейся в памяти, устранение ошибок в ней;
- обновление хранящейся информации с целью приведения ее на уровень современности, включая корректуру электронных навигационных карт.

**Основные функции НИС.** Навигационно-информационные системы являются многофункциональным оборудованием. Условно выполняемые ими функции могут быть разделены на следующие категории:

- Навигационные (планирование перехода, исполнительная прокладка, обеспечение навигационной безопасности и т.д.);
- Коммуникационно-информационные (связь с внутренними и внешними по отношению к судну источниками и потребителями информации, прием, хранение, передача данных, выдача справок и т.д.);
- Для управления изображением карт (масштабирование, изменение нагрузки, приспособление к условиям освещенности и т.д.);
- Для предупреждения столкновений судов (обработка данных РЛС, транспондера АИС, оценка опасности столкновения, и др.);
- Для обеспечения безопасности судна и груза в условиях волнения (расчет напряжений на корпусе для текущих и прогнозируемых погодных условий, выбор режима движения и т.д.);
- Для управления движением (проводка судна по заданному маршруту или к заданной путевой точке);
- Для поиска и спасения;
- И ряд других.

Для выполнения своих задач *НИС* использует информацию практически всех судовых навигационных датчиков: гирокомпаса, лага, эхолота, РЛС, САРП, транспондера АИС, НАВТЕКС, приемоиндикаторов спутниковых и береговых радионавигационных систем и др., а также относящиеся к безопасности сведения, поступающие через каналы связи от береговых центров, обслуживающих мореплавателей.

Вахтенному помощнику *НИС* представляет информацию в интегрированном виде путем отображения концентрированных характеристик текущего состояния процесса судовождения на электронной карте (ЭК).

## 1.2. Состав системы.

Термин *НИС* охватывает многочисленные комбинации различных средств, образующих судовые информационные системы, предназначенные для навигационных целей.

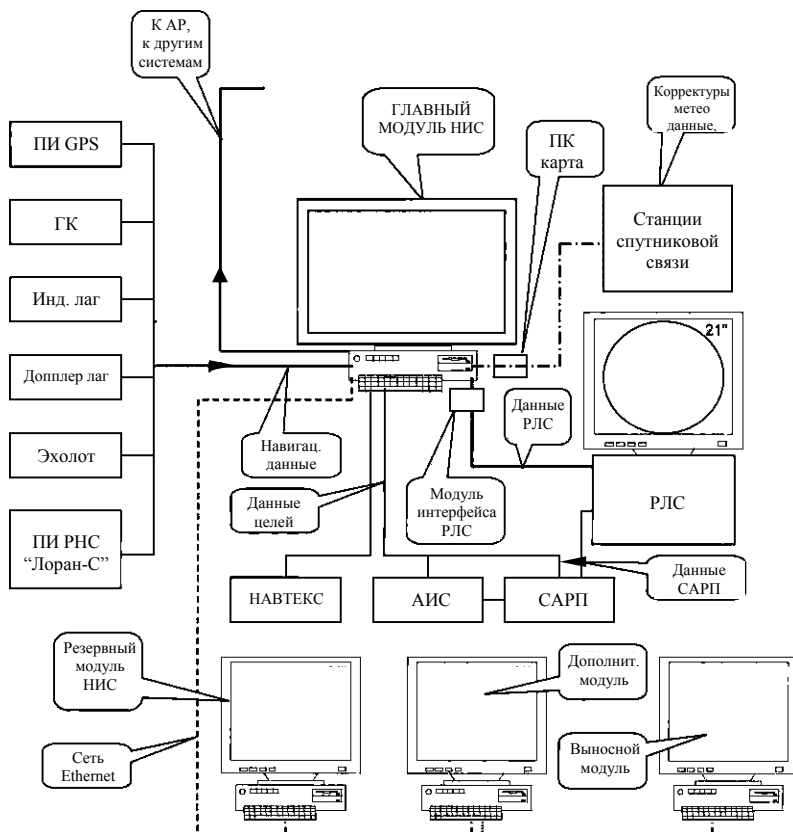


Рис. 1.1. Блок-схема *НИС* с периферийными устройствами.



*НИС* выпускаются в разных конфигурациях, обеспечивающих приспособление образцов этих систем к различным типам судов и к особенностям решаемых ими задач. Различают *НИС* для крупнотоннажных судов, пассажирских лайнеров, для судов специального назначения (рыболовных, гидрографических и т.д.), для прогулочных катеров и яхт и ряда других.

Основными частями всех этих *НИС* являются:

- аппаратные средства;
- информационное обеспечение (данные);
- программное обеспечение;
- средства общения *НИС* с оператором.

**Аппаратное обеспечение *НИС*** состоит из главного модуля, резервного блока и периферийного оборудования (Рис. 1.1). Базовая конфигурация *НИС* включает только главный модуль и основные датчики информации.

**Главный модуль** – это в общем случае установленный в специальной консоли высокопроизводительный персональный компьютер, имеющий каналы для соединения с навигационными приборами и устройствами управления судном.

Главный модуль *НИС* устанавливается в рулевой рубке. Он включает в себя системный блок, монитор, управляющую панель.

В **системном блоке** находятся: процессор, сопроцессор, оперативная память, накопитель на жестком магнитном диске, дополнительные блоки памяти, устройства для ввода информации с гибких магнитных и оптических дисков, порты ввода/вывода информации и др. устройства.

Процессор управляет съемом информации с датчиков, контролирует информационные потоки между частями системы, выполняет обработку информации, подготавливает и выдает данные на отображение и устройства управления.

Накопители и дополнительные блоки памяти служат для хранения информации, необходимой для выполнения функций *НИС*.

**Дисплей главного модуля** служит для отображения навигационной карты, места судна на ней, кинематических параметров своего судна, его запланированного пути и представления других данных.

Дисплей обычно имеет два режима отображения процесса судовождения: в истинном и в относительном движении.

В **истинном режиме** изображение карты неподвижно, а условный знак судна движется по экрану в соответствии с путевым углом и путевой скоростью судна. При подходе символа судна к краю экрана изображение карты сдвигается, чтобы судно оставалось на экране.

В *относительном режиме* центр символа нашего судна на дисплее неподвижен и находится в середине экрана, а карта «плывет» ему навстречу. При необходимости, условный знак судна может быть смещен с центра для увеличения на экране дистанции обзора по носу судна. Для реализации режима относительного движения компьютер должен быть достаточно мощным, способным быстро пересчитать и отобразить новые позиции всех объектов карты за малый (1с. и меньше) интервал времени, выбранный для представления движения.

Дисплей может показывать обстановку с *разной ориентацией карты*, чаще всего «по норду» и «по курсу». Ряд *НИС* позволяют ориентировать карту по любому заданному направлению.

**На управляющей панели** расположен *манипулятор* (обычно трекбол), дополненный несколькими клавишами. Может использоваться и клавиатура.

Общий вид главного модуля *НИС* фирмы Litton Marine Systems приведен на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Главный модуль *НИС*.

**Резервный блок *НИС*** в полном или в ограниченном объеме выполняет функции главного модуля системы при выходе последнего из строя. Резервной системе обеспечивается возможность получения всей необходимой информации от навигационных датчиков, результатов предварительной прокладки, данных корректур.

**Периферийная аппаратура.** Навигационно-информационная система использует данные, поступающие из различных источников, и передает свои сведения другим системам и устройствам. На рис. 1.1 приведена одна из возможных конфигураций *НИС* с периферийными приборами.

**Датчики навигационной информации.** *НИС* получает курс от гирокомпаса, скорость – от лага, глубину - от эхолота, наблюдаемые координаты - от приемоиндикаторов спутниковых и береговых РНС.

Кроме указанных на рисунке датчиков, к *НИС* могут подключаться: указатель скорости поворота, электронный магнитный компас, датчик параметров ветра и ряд других приборов.

Одним из обязательных признаков *НИС* является автоматический ввод координат места от приемника спутниковой навигационной системы GPS или ГЛОНАСС, обеспечивающий возможность мониторинга точной позиции судна на электронных картах во всех районах Мирового океана. Эта возможность - одно из основных достоинств *НИС*.

На изображение ЭК может накладываться информация от РЛС, цели от САРП и бортовой аппаратуры АИС, а также получаемые по каналам спутниковой связи метеорологические данные и карты. Через спутниковые каналы в память *НИС* могут поступать корректуры и другая информация, включая новые ЭК. На дисплее *НИС* показываются и предупреждения, передаваемые по линии НАВТЕКС.

**Интерфейсный модуль РЛС (ИМР)** предназначен для совмещения РЛС с компьютерами *НИС*. Это аппаратно-программный блок, обеспечивающий *НИС* возможность работы с РЛС в требуемых диапазонах: 3х-сантиметровом: X-band (9300÷9500 МГц), 10ти-сантиметровом: S-band (2900÷3100 МГц).

ИМР преобразовывает эхосигналы РЛС в цифровую форму, передает их в ПК и позволяет наложить радиолокационное изображение на электронную карту. Кроме того, это устройство дает возможность передавать радиолокационное изображение через сеть Ethernet (или через волоконнооптический канал) на любые другие компьютеры.

С другой стороны, ИМР предоставляет персональному компьютеру функции для управления РЛС. Интерфейсный модуль позволяют соединить с компьютером любую РЛС, отвечающую требованиям ИМО, и обеспечить управление ей с любого компьютера системы, главного, резервного или вспомогательного, где бы он ни находился на судне.

Ряд современных РЛС (RadarPC) сами выполняют функции ИМР и полностью совместимы с *НИС*.

**Дополнительный модуль отображения *НИС*** представляет собой снабженный органами управления монитор, который устанавливается на мостике. Он предназначен для возможности параллельного с главным модулем отображения данных в одном либо в разных режимах (ориентации, масштабирования, содержания данных). Этот блок также полезен в ситуациях, когда при управлении судном задействовано несколько человек. На мостике, если

необходимо, может устанавливаться несколько дополнительных мониторов *НИС*.

**Выносной модуль.** Ряд *НИС* позволяет по каналу Ethernet передавать изображение с главного ПК на дисплеи компьютеров, находящихся в других помещениях (в штурманской рубке, в каюте капитана и т.д.). Эти компьютеры становятся как бы выносными блоками *НИС*. Имея такой выносной модуль в своей каюте, капитан может в любое время проконтролировать процесс судовождения.

**Вывод информации из *НИС*** может производиться на авторулевой, принтер и в другие устройства и системы.

**Информационное обеспечение (данные)** – это хранящиеся в памяти *НИС* элементы карт, корректур к ним, сведения из различных навигационных пособий, полученные через каналы связи от внешних источников данные и другая информация, необходимая при выполнении задач проводки судна из порта отхода в порт назначения. Данные *НИС* хранятся в ее памяти в виде информационных массивов (баз данных и иных структурированных наборов).

Информационные базы помещаются во внешней памяти компьютера. Для хранения в основном используются жесткие магнитные и компактные оптические диски, причем последние являются наиболее подходящими для навигационных систем. Они содержат большой объем данных, нечувствительны к магнитным полям, выдерживают значительные физические нагрузки.

Базы данных *НИС* разделяются на статические и динамические.

Информация ***статических баз*** находится в памяти *НИС* долгое время в неизменном виде. Корректуры к ней получаются сравнительно редко и хранятся отдельно от статических баз.

***Динамические базы*** содержат информацию, которая достаточно быстро теряет свою ценность. При обновлении динамических баз полностью заменяется их содержание.

Ниже приведен ряд статических баз, данные которых используются в *НИС*:

- Картографическая база;
- База сведений о навигационных средствах;
- База рекомендованных маршрутов;
- Климатическая база;
- База данных для расчета приливных явлений;
- База сведений о портах;
- База данных о судне.

Основной из статических баз является картографическая база, которая может содержать данные электронных карт в растровом или

векторном формате. Ряд систем имеет несколько таких баз, хранящих разные коллекции ЭК.

В динамических базах *НИС* хранятся сведения о:

- ледовом покрытии;
- переменных течениях;
- океанографических явлениях;
- погоде.

**Программное обеспечение** навигационно-информационной системы - это совокупность всех программ и пакетов программ, находящихся в ее памяти. Если проанализировать вес программного и аппаратного обеспечений в стоимости современных *НИС*, то можно установить, что *НИС* – это главным образом программное обеспечение.

Оно состоит из:

- операционной системы;
- программных средств, обеспечивающих съём данных с навигационных приборов и выдачу информации другим техническим устройствам;
- прикладного программного обеспечения (библиотеки прикладных программ для решения навигационных и других относящихся к навигации задач).

**Операционная система** представляет собой комплекс программ, которые организуют работу компьютера и управление его ресурсами.

**Программы для приема и выдачи данных** (драйверы) обеспечивают съём информации с навигационных приборов и передачу данных на средства отображения, управления и другим физическим устройствам.

**Прикладное программное обеспечение** состоит из отдельных программ и программных пакетов, предназначенных для выполнения функций, ради которых создана *НИС*. Прикладное программное обеспечение, в зависимости от активации кнопок, ключей и иных элементов пользовательского интерфейса, позволяет решать различные навигационные задачи, управлять изображением электронной карты, сигнализировать о возникновении ситуаций, требующих внимания и/или действий вахтенного помощника, получать различные справки и т.д.

**Средства общения *НИС* с оператором** включают пользовательский интерфейс, методы и формы отображения информации, звуковую сигнализацию, визуальные и голосовые предупреждения.

**Пользовательский интерфейс *НИС*** представляет собой среду организации взаимодействия оператора с системой. Он позволяет судоводителю изменять системные параметры, вводить данные,

выбирать виды сервиса и функции, которые должна выполнить система.

**Методы и формы отображения информации** обеспечивают концентрированное, наглядное, точное представление требуемых вахтенному помощнику данных, способствуют глубокому пониманию им ситуаций, складывающихся при судовождении, и помогают принимать верные решения по управлению судном.

**Звуковая сигнализация, визуальные и голосовые предупреждения** привлекают внимание судоводителя к ситуациям, требующих быстрой оценки и принятия действий.

### **1.3. Типы НИС.**

В зависимости от уровня автоматизации операций, информационных ресурсов и функциональных возможностей, *НИС* разделяют на три группы:

- ЭКДИС;
- ЭКС;
- ЭКДИС/ЭКС.

**ЭКДИС** – это навигационно–информационная система, удовлетворяющая специальным требованиям ИМО, МГО, МЭК и являющаяся согласно СОЛАС74 альтернативой бумажных навигационных карт. Эти системы представляют основное направление развития судовых навигационно-информационных систем.

**Перечень требований к ЭКДИС.** Эксплуатационные и технические требования к ЭКДИС определены международными организациями: ИМО – международной морской организацией (ИМО – International Maritime Organization), МГО – международной гидрографической организацией (ИНО – International Hydrographic Organization), МЭК – международной электротехнической комиссией (IEC – International Electrotechnical Commission).

Среди предъявляемых к ЭКДИС требований ниже названы основные.

Минимальные эксплуатационные требования к ЭКДИС установлены резолюцией ИМО А.817(19), 1995 - Performance standards for electronic chart display and information systems (ECDIS).

Требования к содержанию, к условным обозначениям, к применяемым цветам, к отображению ЭНК, средства и процесс их корректуры определены в специальной публикации Международной гидрографической организации: S52 - Specification for Chart Content

and Display Aspects of ECDIS, Edition 5, Dec 1996. Этот документ имеет четыре приложения:

1. Руководство по корректуре ЭНК (Guidance on Updating ENC, Edition 3, Dec. 1996);
2. Спецификация цветов и символов для ЭКДИС (Colour and Symbol Specifications for ECDIS, Edition 4, July 1997);
3. Глоссарий относящихся к ЭКДИС терминов (Glossary of ECDIS-related Terms, Edition 3, Dec. 1997);
4. МГО тесты для данных ЭКДИС (ENC Test Data Sets).

Описание векторного формата для обмена данными ЭНК содержится в специальной публикации МГО: S57 – ИНО Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, edition 3.1, Nov. 2000. Название этого формата соответствует номеру публикации - S57/3.1.

Технические требования к ЭКДИС установлены документами Международной электротехнической комиссии:

- International Standard 61174, – «Maritime navigation and Radiocommunication Equipment systems – Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS) – Operational and performance requirements, methods of testing and required results», 1998.
- Publication 60945, – General Requirements for Shipborn Radio Equipment Forming Part of GMDSS and Marine Navigation Equipment.

Международные требования к взаимодействию морской навигационной аппаратуры изложены в протоколе МЭК 61162 – “Digital Interfaces – Navigation and Radiocommunication Equipment On Board Ship”.

**Требования к навигационным картам ЭКДИС.** В ЭКДИС должны использоваться только векторные электронные карты, данные которых подготовлены государственными гидрографическими организациями, стандартизованы по содержанию и отображению (Публикация МГО S52), структуре, действующему формату обмена картографической информацией (Публикация МГО S57/3.1) и полностью удовлетворяющие специальным требованиям ИМО. Эти карты выпускаются государственными гидрографическими организациями специально для использования в ЭКДИС.

Напомним, что для карт ЭКДИС применяется сокращенная запись - ЭНК. Для предотвращения пиратского использования ЭНК, обеспечения точности, надежности их данных и доступа только к тем картам коллекции, на которые получено разрешение, информацию ЭНК рекомендуется защищать. Стандарты для защиты информации ЭНК опубликованы в документе МГО: “S63 – ИНО Data Protection Scheme”, декабрь 2002 г.

**Сертификация ЭКДИС.** На классификационные общества возложена ответственность тестирования *НИС* на предмет

соответствия стандартам и принадлежность к ЭКДИС. Руководство для тестирования содержится в публикации МЭК 61174.

Навигационно-информационные системы, аппаратное и программное обеспечение которых в комплексе отвечает всем предъявляемым требованиям, получают от классификационного общества соответствующий сертификат (Type Approval Certificate) и могут после этого законно называться ЭКДИС.

Первый сертификат одобрения на ЭКДИС был выдан в 1999 г. немецким классификационным обществом (BSH). С тех пор от различных классификационных обществ получили одобрение на свою продукцию многие производители *НИС*. Среди них фирмы «Транзас Марин», «Моринтех», «Kelvin Hughes», «Norcontrol» и ряд других.

Сертификат одобрения на ЭКДИС действителен в течение двух лет. Для возобновления сертификата производится повторное инспектирование. Оно выполняется с целью гарантии, что аппаратное, программное обеспечение системы и материалы, из которых она изготовлена, соответствуют существующим требованиям. Кроме того, при повторном освидетельствовании необходимо установить, что если проведена модернизация системы, то изменения отвечают предъявляемым требованиям.

**Юридический статус ЭКДИС.** Соответствие *НИС* названным выше требованиям позволяет судоводителям официально использовать ее прокладку на электронной карте вместо ручной прокладки на бумажных картах. Такой статус ЭКДИС определен правилом 20 главы V Международной конвенции ИМО по безопасности жизни на море (СОЛАС74).

Согласно этому правилу все суда должны быть снабжены приведенными на уровень современности картами, наставлениями для плавания, пособиями по огням, знакам, радиотехническим средствам, извещениями мореплавателям, таблицами приливов и другими специальными публикациями, необходимыми на предстоящий рейс. ***Требуемые карты могут быть обеспечены и путем их отображения на экране ЭКДИС.*** Это касается и других необходимых на рейс навигационных пособий, информация которых также может быть показана на экране ЭКДИС.

Таким образом, ЭКДИС может быть эквивалентом бумажных навигационных карт и пособий для плавания. Это означает не физическую эквивалентность прокладок на электронной и бумажной картах, а ***юридическое признание использования ЭКДИС без применения бумажных карт на район плавания.***



На законном основании, на судне можно не иметь бумажных карт и использовать электронную прокладку без дублирования ее графической прокладкой на бумажной карте, когда:

- ЭКДИС сертифицирована классификационным обществом;
- ЭКДИС снабжена одобренной резервной системой, которая имеет достаточные средства для обеспечения безопасного судовождения на оставшейся части рейса в случае выхода ЭКДИС из строя;
- При прокладке применяются только официальные векторные карты -ЭНК;
- ЭНК откорректированы по дату использования.

В случае невыполнения любого из этих требований, на судне следует иметь комплект откорректированных бумажных карт. Электронная прокладка системы в этом случае должна дублироваться графической прокладкой на бумажной карте.

Резервная система может иметь ограниченные функции ЭКДИС, либо полностью дублировать ее. Между основной и резервной системами должна быть возможность обмена информацией. По крайней мере, в резервную систему от основной следует передавать результаты предварительной прокладки и данные всех корректур. Резервная система должна иметь каналы связи со всеми навигационными датчиками, необходимыми при исполнительной прокладке. Поэтому аппаратура «основная ЭКДИС – резервная система» строится в виде информационной сети, обеспечивающей необходимый обмен информацией между ее частями.

Вместо резервной системы официально можно иметь откорректированный комплект бумажных навигационных карт. Это не накладывает ограничений на статус электронной прокладки ЭКДИС.

К перечисленным выше требованиям необходимо добавить следующее. ЭКДИС может в полном объеме выполнять свои функции только тогда, когда налажено производство ЭНК и поддержка на уровне современности их данных; создана инфраструктура для распространения ЭНК; образована служба для их корректуры. Кроме того, для территориальных вод и подконтрольных государству зон в ряде случаев требуется разрешение национальной администрации на судовождение без использования бумажных карт.

**ЭКС** – это навигационно-информационные компьютерные системы, неполностью удовлетворяющие требованиям к ЭКДИС. **Применение ЭКС не освобождает судоводителя от ведения прокладки на бумажных картах.** В таких системах используются разные виды карт, включая официальные векторные карты (ЭНК).

Наилучшие образцы ЭКС работают с данными в формате S57/3.1 или в форматах, конвертируемых из S57/3.1. По своим характеристикам они близки к ЭКДИС.

К ЭКС относятся:

- компьютерные системы с растровыми ЭК.
- *НИС* с векторными ЭК, отличными от ЭНК;
- *НИС* с упрощенными ЭК;
- И многие другие.

Навигационно-информационные системы с растровыми картами разделяют на две категории:

- *РКДС* – системы, отображающие официальные растровые карты *РНК*, т.е. карты, выпускаемые государственными гидрографическими организациями;
- *РКС* – системы, показывающие неофициальные *РК*.

*РКДС* означает *НИС*, отображающую официальные растровые навигационные карты с информацией о позиции судна. Они имеют функции для планирования пути, исполнительной прокладки, и показывают, если необходимо, дополнительную относящуюся к навигации информацию.

Официальные растровые карты должны удовлетворять требованиям МГО: S61 - Product specification for raster navigational charts, 1999.

ИМО, ввиду недостаточных эксплуатационных возможностей ЭКС, отклонило предложения о выработке отдельных требований к этим системам и наставления по их использованию. Однако, уполномоченные организации ряда государств установили национальные стандарты для этих систем, чтобы используемые на судах этих государств ЭКС не оказали отрицательного влияния на безопасность мореплавания. В качестве примера таких национальных документов можно назвать: Стандарты «RTCM Recommended Standards for Electronic Chart Systems», version 2.1, 2001, выработанные Радиотехнической комиссией для морских служб США, и Техно-эксплуатационные требования к видеопрокладчикам Департамента морского транспорта Российской Федерации.

Требования национальных администраций должны учитываться изготовителями ЭКС, что позволит уменьшить риск от применения их продукции на судах.

ЭКДИС/ЭКС представляет собой *НИС* с «двумя лицами», в англоязычной литературе, так называемые, “dual-fuel ECDIS” или “multi-fuel ECDIS”. Это системы, которые работают как с картами для ЭКДИС, так и с другими видами карт. Такая ситуация вызвана тем, что в настоящее время нет полного набора карт для ЭКДИС на все районы Мирового океана.

Когда в ЭКДИС/ЭКС используются официальные векторные карты ЭНК, эта система имеет статус ЭКДИС.

В режимах работы с растровыми и отличными от ЭНК векторными картами такие *НИС* приравниваются к ЭКС. Это требует наряду с выполняемой системой электронной прокладкой обязательного ведения графического учета движения судна на откорректированных бумажных картах.

Следует отметить, что ряд из используемых в настоящее время видов электронных карт по формату и принципам отображения на экране значительно отличаются от ЭНК. Кроме того, *НИС* должны предоставлять возможность образовывать изображение на экране по данным двух или нескольких карт, как в одинаковых, так и в разных форматах (так называемое «бесшовное отображение»). Оно необходимо, чтобы обеспечивать непрерывное представление обстановки в местах перехода от одних карт к другим. Поэтому реализация в ЭКДИС/ЭКС возможности работы со многими видами ЭК существенно усложняет программное обеспечение системы.

Требуется, чтобы в ЭКДИС/ЭКС системах коллекции карт разных видов не смешивались с ЭНК. С этой целью ***карты для ЭКДИС и карты других видов должны храниться в разных частях памяти.***

Файлы карт для ЭКДИС помещаются в так называемую *ENC*-базу данных. В ней не должно быть информации о других видах карт.

Коллекции отличных от ЭНК карт также рекомендуется хранить в разных местах памяти. Например, коллекцию карт фирмы «Транзас» – в ТХ-97 базе данных, карты фирмы «С-МАР» – в базе СМ-93, и т.д.

#### **1.4. Назначение *НИС* с учетом перспективы их развития.**

*НИС* вместе с судоводителем образует эргатическую систему, управляющую движением судна. Навигационно-информационная система помогает вахтенному помощнику оперировать с информацией, необходимой для эффективной проводки судна из пункта отхода в порт назначения, и предоставляет ему результаты обработки в виде, облегчающем судовождение.

В перспективе *НИС* станет полноценной системой поддержки принятия решений по управлению судном. Такая система должна обеспечивать высокий уровень понимания ситуаций и являться консультантом, который дает обоснованные рекомендации для разрешения возникающих при судовождении проблем и способен автоматически активировать те или иные процедуры обеспечения безопасности в критических ситуациях. Чтобы *НИС* стала таким средством, требуется, прежде всего, обеспечить ей возможность

получения всей информации, необходимой для управления судном. Обобщенно эту информацию можно разделить три части:

- Данные, определяющие цель управления с учетом требований к ее достижению;
- Информация о системе управления;
- Сведения о внешней среде.

Рассматривая условия возможности эффективной поддержки решений судоводителя, необходимо отметить, что навигационно-информационная система только тогда может быть полноценным консультантом, когда она:

- Имеет полную и точную информацию о состоянии системы управления и ее внешней среды;
- Может вырабатывать и получать прогнозы состояния объекта управления и внешней среды на определенное время вперед;
- Отображает информацию в форме, обеспечивающей высокий уровень понимания обстановки судоводителем;
- Учитывает требования к достижению цели управления, включая наставления и руководства для плавания во всех районах перехода;
- Способна на основе вышеназванной информации находить допустимые решения возникающих проблем и выбирать из этих решений эффективные.

Из перечисленных задач наибольшую сложность представляет последняя. До настоящего времени *НИС* мало использовалась для выработки решений по управлению судном. В основе этого лежат следующие причины: недостаток у системы информации для формирования эффективных решений, отсутствие для ряда ситуаций методов нахождения этих решений.

В настоящее время созданы условия для получения *НИС* практически всей, требуемой для судовождения информации, и недалек тот день, когда *НИС* будут оперировать ей. Подготавливаются к внедрению в *НИС* и способы для формирования рекомендаций по решению проблем, которые могут появиться в процессе перехода из порта отхода в пункт назначения.

Назовем средства *НИС*, предназначенные для формирования решений возникающих в процессе перехода задач, ***системой консультаций и выработки рекомендаций по целесообразному поведению*** (СКВР). В судовождении трудность создания СКВР определяется тем, что из-за многообразия ситуаций и многочисленности влияющих на процесс управления судном факторов, для решения ряда задач единственными пока являются *эвристические и приближенные методы*, основанные на неформализованных знаниях, накопленных человеком в результате

опыта решения сходных проблем. Поэтому СКВР должна включать в свой состав экспертную систему.

В общем случае под **системой консультаций и выработки рекомендаций по целесообразному поведению** понимается пакет программ для компьютера, который оперирует с алгоритмическими сведениями и неформализованными знаниями в определенной предметной области и способен предлагать и объяснять пользователю разумные решения проблем на основе математического моделирования физических процессов и механизма мышления человека применительно к этой области.

В СКВР входят программы для выработки решений и программы для их объяснений. СКВР должна не только вырабатывать рекомендации по целесообразному поведению, но и обладать способностью **объяснить, почему предложено именно такое решение, и доказать его обоснованность**. Пользователь должен получить всю информацию, необходимую ему для того, чтобы быть уверенным, что решение принято «не с потолка». Входящая в СКВР **подсистема объяснений** является программой, которая позволяет оператору получить ответы на вопросы: «Как было найдено то или иное решение?» и «Почему было принято такое решение?».

Одной из основных характеристик СКВР является ее **производительность**, т.е. скорость получения результата и его достоверность (надежность). СКВР должна за приемлемое время найти решение, которое было бы не хуже, чем то, которое может предложить специалист в этой предметной области. Достоинство СКВР состоит в том, что обычно она вырабатывает решения быстрее специалиста.

Довольно много рекомендаций по судовождению можно получить из существующих наставлений и руководств, представленных в электронном виде, а также **на основе алгоритмических данных** путем прямых аналитических расчетов или с помощью математического моделирования процессов движения судна для прогнозируемых условий. Здесь можно назвать рекомендации:

- по времени начала поворота в стесненных водах в условиях ветра и течения;
- по нахождению маневра расхождения в относительно простых ситуациях;
- по определению режима движения в штормовых условиях;
- по выбору наивыгоднейшего маршрута через океан (с учетом прогнозов погоды, потерь в скорости хода на волнении, постоянных и переменных течений, расхода топлива);
- и для других случаев.

Для некоторых задач рациональные решения *НИС* может пока получить только эвристическими методами с помощью экспертных систем.

**Экспертная система** является частью СКВР. Это программа для компьютера, которая оперирует с неформализованными сведениями в определенной предметной области и способна на их основе путем моделирования механизма мышления человека предлагать и объяснять пользователю разумные решения. Неформализованные сведения принято называть просто *знаниями*.

Экспертная система состоит из базы знаний, механизма логического вывода и подсистемы объяснений. Она отличается от прочих прикладных программ наличием следующих признаков.

Экспертная система моделирует не столько физическую природу и взаимосвязи в определенной проблемной области, сколько **механизм мышления человека** применительно к решению задач в этой области. Это существенно отличает экспертные системы от систем математического моделирования. Естественно, экспертная система не полностью воспроизводит умственную работу специалиста. Но важно, что основное внимание все-таки уделяется моделированию компьютерными средствами методики решения проблем, которая применяется экспертом.

При решении задач в экспертных системах **основными являются эвристические и приближенные методы**. Эвристика, по существу, является *правилом*, представляющим знание, приобретенное человеком в процессе практического опыта решения похожих проблем. Такие методы являются *приблизительными* в том смысле, что, во-первых, они не требуют исчерпывающей исходной информации, и, во-вторых, существует определенная степень уверенности (или неуверенности) в том, что предлагаемое решение является верным.

Экспертная система помимо выполнения расчетов **формирует определенные соображения и выводы, основываясь на тех знаниях**, которыми она располагает. Знания в системе представлены, как правило, на некотором специальном языке и хранятся в ее памяти. Этот компонент экспертной системы принято называть *базой знаний*. В общем случае, **база знаний** - это совокупность фактов, зависимостей и правил, описывающая предметную область и позволяющая отвечать на такие вопросы из этой предметной области, ответы на которые в явном виде не присутствуют в базе.

Для получения рекомендаций, заключений, решений в экспертной системе используется специальный **механизм логического вывода**.

Он представляет собой программу, моделирующую механизм рассуждений и оперирующую знаниями и данными с целью получения новых данных и знаний.

Экспертная система должна обладать способностью **объяснить, почему предложено именно такое решение, и доказать его обоснованность.**

В качестве примеров задач, касающихся судовождения, для решения которых нужна экспертная система, можно назвать:

- Расхождение судов в сложных ситуациях и при непосредственной угрозе столкновения;
- Диагностика работы судовых технических средств, важных в навигационном отношении, и управление ими при нарушениях номинального режима функционирования;
- Диагностика неисправностей в технических системах и ошибок в работе программного обеспечения;
- Извлечение информации из зашумленных первичных данных (в РЛС, в гидролокаторе, в волонооптическом компасе);
- Распознавание критических ситуаций, определение процедур для обеспечения безопасности и их активация.

Суммируя изложенное, следует подчеркнуть — экспертная система содержит знания в определенной предметной области, накопленные в результате практической деятельности человека, и использует их для решения проблем, специфичных для этой области.

На сегодняшний день экспертные системы применяются в промышленности, медицине, финансах, юриспруденции, в других науках и областях человеческой деятельности. И используются они активно, а не от случая к случаю. Многие специалисты и шагу не ступят, чтобы не проконсультироваться у своей экспертной системы.

Появились эти системы и на судах. В качестве примера можно назвать экспертные системы диагностики работы главных двигателей современных судов и интеллектуальные системы новых радаров для выделения полезной информации из первичных радиолокационных данных в условиях интенсивных помех.

Развитие *НИС*, их возможности получать, хранить и обрабатывать основную требуемую для судовождения информацию создали предпосылки для применения СКВР, в том числе и включающих экспертные системы, для целей управления судном. В первую очередь, задача экспертных систем будет состоять в оказании квалифицированной помощи судоводителям в сложных и в критических ситуациях. Эти системы на основе получаемой информации должны распознавать опасные ситуации, рекомендовать, а в крайних случаях автоматически активировать, процедуры для избежания непосредственной угрозы.

Используя возможности СКВР, вахтенный помощник будет получать от системы четкие рекомендации и советы по действиям в сложившейся обстановке, а также пояснения, почему следует выполнить эти действия. В ряде случаев эти рекомендации будут подкрепляться представлением прогнозируемого результата рекомендуемых мероприятий.

Советы и рекомендации в отношении поведения в особых и экстремальных ситуациях могут выдаваться системой по запросу судоводителя, при появлении признаков, указывающих на развитие такой ситуации, при получении по каналам связи предупреждений о возможности ее возникновения.

Следует подчеркнуть, что экспертная система будет лишь помощником судоводителя. Необходимо четко представлять ее ограничения. Эта система способна давать правильные ответы в ситуациях, которые в ней предусмотрены. Но экспертная система не умеет думать. Она может знать очень много в своей области, гораздо больше рядового судоводителя, но при появлении неожиданных, выходящих за пределы ее знаний ситуаций, она становится бессильной, тогда как ум человека может найти правильное решение и в совершенно новых для него обстоятельствах.



## 2. Понятия об электронных картах.

### 2.1. Основные определения.

В этой книге идет речь только о морских навигационных картах. Поэтому при изложении везде термин **карта** означает *морская навигационная карта*.

**Морской навигационной картой** называется плоское, математически определенное, уменьшенное, условно-знаковое изображение земной акватории с прилегающими участками суши, показывающее размещение, свойства, связи объектов и явлений, важных в навигационном отношении.

Навигационная карта может также рассматриваться как обладающая высокой информативностью, пространственным подобием относительно оригинала, метричностью, обзорностью, наглядностью **образно-знаковая модель среды**, в которой происходит движение судна, что делает карту важнейшим ключевым средством судовождения.

**Основные виды данных карт.** Морские навигационные карты включают разнообразные данные, которые обычно делят на два основных типа: *пространственные* и *описательные*.

**Пространственные данные** (картографические, графические), представляют положение и форму географических и навигационно-гидрографических объектов, их пространственные связи с другими объектами.

**Описательные данные** содержат: сведения о свойствах, характеристиках географических и навигационно-гидрографических объектов, заметки для мореплавателей и т.д. Главным образом – это символическая (текстовая) информация. Иногда описательные данные включают поясняющие вспомогательные графические изображения: вид навигационных знаков, вид приметных ориентиров, вид входа в бухту с определенного направления и т.д.

Кроме этих типов сведений, выделяют еще *метаданные* (данные о данных).

**Метаданные** - это общие сведения о наборе пространственных и описательных данных карты или коллекции карт. Метаданные карты могут включать: идентификатор выпускающего карту агентства, дату издания карты, масштаб карты, горизонтальный и вертикальные датумы, единицы измерения высот и глубин и т.д.

**Составные части карты.** Различают следующие основные части навигационной карты: математическая основа, картографическое изображение, легенда карты.

**Математическая основа карт** – это математические правила, по которым строятся карты; масштаб и картографические проекции.

**Картографической проекцией** называется математически определенный способ отображения поверхности земного эллипсоида на плоскости. Картографическая проекция устанавливает аналитическую зависимость между географическими координатами точек земного эллипсоида и прямоугольными координатами тех же точек на карте.

Для составления карты необходимо определить позиции объектов на земной поверхности и численно выразить их в системе отсчета, связанной с Землей. Этими вопросами занимается геодезия. Результаты геодезических измерений (геодезическая сеть) и эллипсоид, являющийся общепринятой в геодезии моделью Земли, лежат в основе определения координат положения объектов на поверхности Земли и трансформации их в координаты карты. Совокупность этих геодезических данных, необходимых для создания карты и определяющих положение объектов по широте, долготе и абсолютной высоте, называется **геодезической основой карты**.

Связанная с Землей координатная система, с которой соотносятся позиции земных и околоземных объектов, называется **геодезической референциальной системой**. Она устанавливается параметрами, определяющими фигуру, размеры и гравитационное поле Земли.

**Картографическое изображение** – это условно-знаковое представление объектов и явлений района карты в выбранной проекции.

**Легенда карты** включает свод использованных на карте условных обозначений, с текстовыми пояснениями к ним. Обычно легенды карт создаются на основе систем классификаций изображаемых объектов и явлений.

**Условные обозначения** (знаки) карты – это графические символы, применяемые на картах для изображения различных объектов, их качественных и количественных характеристик. Различают следующие основные типы условных обозначений:

- Внемасштабные знаки (точечные символы);
- Масштабные обозначения (площадные и линейные);
- Пояснительные знаки.

**Точечный символ** (point symbol) определяет объект карты, который слишком мал, чтобы показать его на экране линией или контуром; либо отмечает объект, вообще не имеющий площади, например, высшую точку горного массива.

**Линейные знаки** (line symbols) представляют объекты, длина которых выражается в масштабе карты, но слишком узкие, чтобы можно было изобразить их площадью; или объекты вообще не имеющие ширины, например изобаты.

**Площадной символ** (area symbol) определяет однородную территорию (остров, район и т.п.), ограниченную замкнутой ломаной линией.

Следует отметить относительность используемых при определении условных обозначений понятий «малость», «узость». Например, на карте одного масштаба река может выглядеть как линейный объект, а на карте другого масштаба, как площадной.

**Электронные карты.** Навигационная карта является ключевым элементом всех систем, обеспечивающих проводку судна из порта отхода в порт назначения. На протяжении многих лет в прошлом, да и в настоящее время, традиционно используются бумажные навигационные карты. Требования, которым должно удовлетворять содержание этих карт, представлены в публикации Международной гидрографической организации: MP-004, Chart Specification of the IHO.

В настоящее время параллельно с бумажными картами, а иногда и вместо них, начали использоваться электронные карты.

**Электронная карта – ЭК** (electronic chart – EC) представляет собой программно-управляемое картографическое изображение, визуализированное с использованием программных и технических средств в принятых для карт проекции и системе условных знаков.

Электронная карта строится на основе данных бумажных карт, результатов геодезических съемок или баз данных *географических информационных систем*.

Электронной картой называют иногда и набор цифровых данных для ее построения.

Совокупности цифровых данных для построения электронных карт представляются на носителях информации в специальных форматах.

**Формат электронной карты** в общем случае определяется как способ машинной реализации представления ее данных. Различают **форматы для обмена** данными карт и **внутрисистемные форматы** для оперирования с информацией карт внутри *НИС*.

## **2.2. Геодезическая основа ЭК.**

В общем случае объект на карте характеризуется горизонтальными координатами (широта, долгота) и вертикальной координатой (высота или глубина). Для отсчета координат картографических объектов

используется та или иная референцная система, основой которой является геодезический датум.

Под **датумом** (исходными геодезическими датами) в геодезии понимается совокупность параметров, которые характеризуют референц-эллипсоид и его расположение в теле Земли, определяют геодезические координаты и их связь с астрономическими координатами. Имеется три типа геодезических датумов – горизонтальный, вертикальный и комбинированный (горизонтальный с вертикальным).

Горизонтальный датум определяет размеры и фигуру Земли, исходный пункт и ориентацию координатной системы, используемой при отсчете горизонтальных координат на картах земной поверхности.

Вертикальный датум представляет собой уровенную поверхность, с которой соотносятся высоты и/или глубины и/или береговая черта на карте. На навигационной карте такой датум может быть один (общий для высот, глубин и береговой линии), два (отдельно для высот с береговой чертой и для глубин) либо три (отдельно для высот, для глубин, для береговой черты). Вертикальный датум для батиметрических данных называется **нулем глубин карты**.

В настоящее время в мире имеется свыше двухсот горизонтальных датумов и различные вертикальные системы отсчета.

Широта и долгота объекта (в том числе и судна) на бумажной или электронной карте напрямую зависят от горизонтального датума этой карты. Одна и та же точка на Земной поверхности в разных датумах имеет неодинаковые координаты, причем отличие между ними может превышать сотни метров. На такую же величину может увеличиться погрешность в определяемом по GPS положении судна при нанесении его на карту, если не учитывать датум. Таким образом, **неучет датума карты при определениях по GPS может привести к ошибке, превышающей 1000 м.**

Чтобы избежать больших погрешностей определений, датум, в котором предоставляет координаты приемник GPS, должен быть таким же, как и на карте. Для этого в приемнике GPS обеспечивается возможность выдачи координат в разных датумах. Однако и здесь необходимо помнить, что **представление в GPS данных в датуме, отличном от WGS84, может увеличить погрешность определений на десятки метров из-за ошибок, присущих пересчету координат из одного датума в другой.**

### 2.2.1. Понятие о геодезической системе отсчета горизонтальных координат карты.

**Горизонтальный геодезический датум** представляет собой базис для геодезических съемок и для отсчета горизонтальных координат на картах.

В горизонтальный датум нередко включают следующие параметры: астрономические и геодезические широты и долготы исходного пункта геодезической сети, направление из исходной точки на один из смежных пунктов, параметры (большая полуось и сжатие) референц-эллипсоида, высоту геоида в исходном пункте над поверхностью референц-эллипсоида.

Исходными пунктами геодезических датумов часто являются определенные точки астрономических обсерваторий, геодезические координаты которых находят путем астрономических наблюдений, освобожденных от влияния уклонения отвеса.

**Обобщенно горизонтальный датум представляют 8-ю параметрами:** два параметра описывают размеры референц-эллипсоида, три параметра определяют позицию центра эллипсоида относительно центра Земли, остальные три параметра характеризуют ориентацию трех осей эллипсоида относительно осей Земли.

В каждой стране при составлении морских навигационных карт в качестве их основы выбирается тот или иной референц-эллипсоид, т.е. эллипсоид, имеющий наилучшее приближение к поверхности Земли на территории данной страны.

**Референц-эллипсоидом** называют земной эллипсоид определенных размеров, являющийся вспомогательной математической поверхностью, к которой относят результаты всех геодезических измерений на поверхности Земли, на которую проектируют все пункты опорной геодезической сети и к которой относят топографические и гидрографические съемки и составляемые по ним карты земной поверхности.

В табл. 2.1 представлены основные референц-эллипсоиды и значения определяющих их параметров.

В России и на Украине для составления морских навигационных карт используется геодезическая референцная система «Пулково-42», отнесенная к эллипсоиду Красовского. До недавнего времени в США применялась Северо-американская система (NAD27), базирующаяся на эллипсоиде Кларка (1886 г). В настоящее время там используется Новый северо-американский геодезический датум «NAD83», основанный на эллипсоиде GRS 80. Во многих странах Западной Европы применяются референц-эллипсоиды Хайфорда и Международный 1924 года. Для английских карт побережий

Британских островов использованы датумы с эллипсоидами Эри и Кларка.

Таблица 2.1.

Параметры референц-эллипсоидов.

Эллипсоид	Большая полуось	1/сжатие
Австралийский национальный	6378160	298.25
Бесселя 1841 (Намибия)	6377483.865	299.1528128
Бесселя 1841	6377397.155	299.1528128
Индонезия 1974	6378160	298.247
Кларка 1866,	6378206.4	294.9786982
Кларка 1880,	6378249.145	293.465
Красовского 1940	6378245	298.3
Международный 1924	6378388	297
ПЗ90 (SGS90 или PE90 )	6378136	298.257839303
Фишера 1960	6378155	298.3
Хога 1960	6378270	297
Эверест (Индия 1956)	6377301.243	300.8017
Эверест (Малайзия 1969)	6377295.664	300.8017
Эверест (Пакистан)	6377309.613	300.8017
Эри 1830,	6377563.396	299.3249646
Эри модифицированный	6377340.189	299.3249646
Южно-американский 1969	6378160	298.25
GRS 80	6378137	298.257222101
WGS 72	6378135	298.26
WGS 84	6378137	298.257223563

**Астрономические и геодезические координаты.** Поясним отличие между астрономическими и геодезическими координатами.

Для астрономических координат места на Земле одним из определяющих элементов является направление в этой точке отвесной линии (силы тяжести). Для геодезических координат вместо отвесной линии используется перпендикуляр (*нормаль*) к поверхности референц-эллипсоида в рассматриваемой точке.

В общем случае направление силы тяжести не совпадает с направлением нормали к поверхности референц-эллипсоида. Это объясняется особенностями фигуры Земли и используемой в картографии ее геометрической модели – референц-эллипсоида.

Действительную поверхность суши и моря (на определенный момент времени) называют ***топографической поверхностью***. Она имеет весьма сложную форму. Для решения практических задач, где необходимо учитывать форму Земли, используют ее различные модели: сфероид, эллипсоид, геоид.

**Геоид** - фигура Земли, ограниченная поверхностью, к которой отвесные линии всюду перпендикулярны, и которая проходит через точку начала отсчета высот, закрепленную на высоте среднего уровня моря. Эта поверхность близка к уровням морей и океанов в состоянии покоя и равновесия.

Геоид можно вообразить в виде тела, поверхность которого под действием гравитационного поля Земли с учетом центростремительного ускорения от ее вращения образовали бы воды Мирового океана, распространенного на весь земной шар. В зависимости от характера причин, определяющих форму, геоид можно рассматривать как “физическую” модель Земли. Отметим два важных свойства геоида. В любой точке на его поверхности:

- потенциал гравитационного поля одинаков (равнопотенциальная поверхность);
- направление силы тяжести перпендикулярно поверхности геоида.

**Земной эллипсоид.** Ввиду крайне неравномерного распределения плотности масс в толще Земли поверхность геоида является нерегулярной – очень сложной для математического описания. Поэтому для расчетов в картографии используют аппроксимацию геоида **эллипсоидом вращения** – «геометрической» моделью Земли. Эта модель применяется при вычислении длин, площадей, геодезических широт, долгот, азимутов, для расчетов картографических проекций и решения других задач.

Модели Земли в виде геоида и эллипсоида вращения поясняются схемой на рис. 2.1.

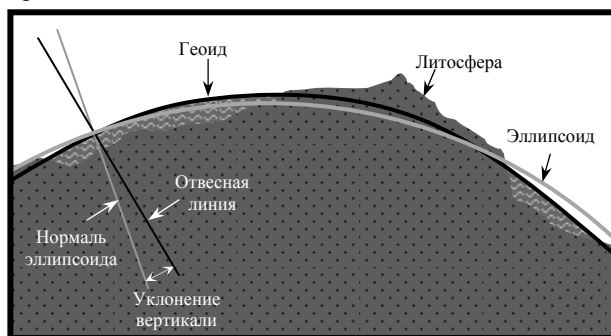


Рис. 2.1. Схема поверхности Земли и ее моделей.

На поверхности эллипсоида вращения, в отличие от геоида, направление отвеса (силы тяжести Земли) не совпадает с направлением перпендикуляра (нормали) к поверхности эллипсоида. Расхождение между направлением отвесной линии (вертикали) и направлением нормали называется **уклонением (погрешностью) отвеса (вертикали)** в рассматриваемой точке. Уклонение отвеса на земной поверхности редко превышает 30”.

Погрешностью отвеса объясняется отличие между астрономическими и геодезическими координатами.

Перед формулировкой определений для астрономических и геодезических координат, напомним значения терминов: земная параллель и земной меридиан. **Земной параллелью** называется линия на поверхности Земли, в точках которой значения широты равны. **Земной меридиан** является геометрическим местом точек на поверхности Земли, в которых значение долготы одинаково.

**Геодезическая широта** точки – это угол между *нормалью к поверхности референц-эллипсоида* в этой точке и плоскостью геодезического экватора. Геодезическая параллель является окружностью на поверхности эллипсоида и лежит в плоскости, параллельной плоскости геодезического экватора.

**Геодезическая долгота** точки равна углу между проекцией нормали на плоскость геодезического экватора и плоскостью гринвичского геодезического меридиана. Геодезический меридиан представляет собой линию, образованную пересечением поверхности эллипсоида с плоскостью, проходящей через его ось вращения и рассматриваемую точку.

**Астрономической широтой** называется угол между *отвесной линией* и плоскостью небесного экватора. Вызываемая погрешностью отвесной линии разность между астрономической и геодезической широтой в разных точках земной поверхности неодинакова. Например, в Соединенных штатах несовпадение названных широт может достигать 25". Из-за изменения величины и направления уклонения отвеса в точках земной поверхности астрономическая параллель представляет собой сложную кривую линию, точки которой не находятся в одной плоскости.

**Астрономическая долгота** места – это угол между проекцией отвесной линии на плоскость небесного экватора и плоскостью небесного меридиана Гринвича. Расхождение между астрономической и геодезической долготой в США достигает 18". Из-за погрешностей отвеса астрономический меридиан является сложной кривой линией на поверхности Земли, точки которого не лежат в одной плоскости.

Астрономическая широта и долгота точки получаются непосредственно из наблюдений высот светил в горизонтной системе координат, определяемой отвесной линией. Геодезические координаты находятся по астрономическим данным путем коррекции погрешности отвесной линии.

Геодезические координаты также называют **географическими координатами**.



### 2.2.2. Виды горизонтальных геодезических систем.

Горизонтальные датумы могут простираться через континенты или охватывать только небольшую ограниченную территорию. Различают локальные, региональные и всемирные геодезические системы координат.

**Локальные датумы** лежат в основе геодезических референчных систем небольших участков земной поверхности. В качестве примера можно привести датум “Bissau Base North West and Pillar”.

**Региональные геодезические системы** относятся к обширным районам Земли. В качестве примеров таких систем координат можно назвать: Советскую 1942 года (Pulkovo 1942), Европейский датум 1950 года (ED50), Британскую систему 1936 г, Токийский датум, Индийский датум, Новый североамериканский датум 1983 г. (NAD83 – New North American Datum of 1983). Следует отметить, что если горизонтальный датум относится к территории государства, то он называется *государственным* или *национальным*.

**Всемирный датум** определяет геодезическую систему координат для всего земного шара. Примерами глобальных датумов являются американские геодезические референчные системы WGS72, WGS84 и российская система ПЗ90 (SGS90 – Soviet Geocentric Coordinate System 1990). Используется и следующее английское сокращенное название последней системы: PE90 – Parameters of Earth.

Всемирные датумы основываются на определенных с помощью спутниковых измерений эллипсоидах, оптимальных по критерию минимума отклонения от поверхности геоида в целом.

Используются и другие классификации для геодезических референчных систем. Например, выделяют *государственные*, *межгосударственные* и *международные* горизонтальные датумы.

Создание геодезических сетей обширных районов земной поверхности зависит от возможностей технических средств, используемых при геодезической съемке. Когда эти средства были оптическими, опорная геодезическая сеть могла включать только пункты, три из которых в любом месте находятся в зоне прямой видимости. Применение в геодезических работах радиотехнических систем высокой точности, таких как РСВТ, Десса, Nifix и др. дало возможность значительно увеличить расстояние между пунктами. Появление космической техники для точного определения позиций объектов на поверхности Земли привело к возможности создания всемирной геодезической системы.

Полученные до 1950 года горизонтальные геодезические датумы были локальными или региональными. Начиная с пятидесятых годов, эти геодезические системы стали не удовлетворять целям применения

появившегося в те годы вооружения, которое требовало геодезическую систему отсчета мирового масштаба. Введение в действие в конце пятидесятых годов навигационной спутниковой системы «Транзит» позволило в 1960 г. Министерству Обороны США создать путем объединения на основе спутниковых наблюдений различных региональных геодезических сетей Мировую геодезическую референциальную систему (World Geodetic System of 1960 – WGS60). Эта система уточнялась в 1966, 1972, 1984 году. В настоящее время используется система координат WGS84, которая получила широкое распространение во всем мире и является международной.

WGS84 принята за стандартную при расчетах позиций определяющихся объектов в GPS. В WGS84 рекомендуется составлять официальные векторные ЭК. Расчеты кинематических параметров объектов в ГЛОНАСС ведутся в советской мировой геодезической референциальной системе ПЗ90.

Список геодезических референциальных систем, которые использовались при составлении карт земной поверхности в разных странах, приведен в конце книги в Приложении 2. Там же указаны значения  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  – смещения центра референц-эллипсоида от центра эллипсоида WGS84 и погрешности  $eX$ ,  $eY$ ,  $eZ$  определения смещения.

В Приложении 3 перечислены геодезические референциальные системы навигационных карт, входящих в коллекцию Британского адмиралтейства. Такое большое количество горизонтальных датумов для карт, издаваемых одной организацией, объясняется тем, что на многие районы мира английские карты составлялись по иностранным источникам без приведения к единой геодезической основе.

На бумажных морских картах сведения о горизонтальном датуме могут быть приведены под ее нижней рамкой.

### **2.2.3. Перевод данных карты из одного горизонтального датума в другой.**

**Общие сведения.** Преобразование данных о позиции картографических объектов из одной геодезической референциальной системы в другую носит название *конвертирования (трансформации) датумов*.

Конвертирование датумов в настоящее время выполняется различными методами. Количество используемых для этой цели переходных параметров, связывающих один датум с другим, может быть от трех до шести.

Для перевода данных из одного датума в другой созданы различные программные средства. В качестве примера можно указать две программы такого назначения: MADTRAN и GEOTRANS-2.

Для трансформации локальных и региональных датумов в WGS84 и обратно Международная гидрографическая организация рекомендует использовать параметры эллипсоидов, значения переходных величин и формулы, приведенные в публикации этой организации S60 – “User’s handbook on Datum transformations involving WGS84”, 3-е изд., июль, 2003 г. В случае уточнения значения переходных величин будут корректироваться.

Принцип преобразования координат объектов из одного датума в другой на основе трех параметров  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  представлен на схеме (рис. 2.2). Здесь  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  – смещение по прямоугольным координатам центра референц-эллипсоида датума **B** относительно центра референц-эллипсоида датума **A**.

Между географическими и прямоугольными координатами существует следующая зависимость:

$$\left. \begin{aligned} X &= (N + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ Y &= (N + h) \cos \varphi \sin \lambda \\ Z &= [N(1 - e^2) + h] \sin \varphi \end{aligned} \right\},$$

где  $N, e$  - главный радиус кривизны и эксцентриситет эллипсоида;  
 $h$  – отклонение объекта от поверхности эллипсоида по высоте.

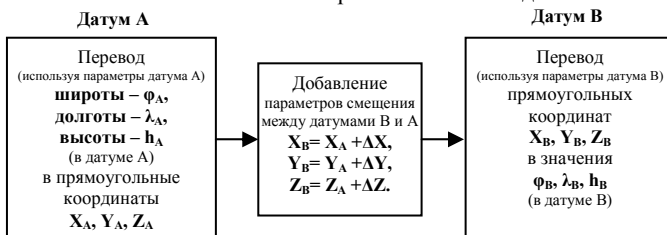


Рис. 2.2. Схема перевода данных из датума А в датум В.

**Метод М.С.Молоденского.** Для пересчета широты, долготы и высоты над эллипсоидом из одного датума в другой могут использоваться стандартные формулы профессора М.С.Молоденского, основанные на учете трех параметров  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ .

Допустим, широту  $\varphi_{(A)}$ , долготу  $\lambda_{(A)}$ , высоту  $h_{(A)}$  объекта в датуме **A**, характеризуемого большой полуосью  $a_{(A)}$  и сжатием  $f_{(A)}$ , требуется перевести в датум **B** ( $a_{(B)}, f_{(B)}$ ). Т.е. необходимо найти значения  $\varphi_{(B)}, \lambda_{(B)}, h_{(B)}$ .

Согласно методу М.С.Молоденского решение получается следующим образом.

Определяется квадрат эксцентриситета эллипсоида **A** и разности параметров эллипсоидов:

$$e_{(A)}^2 = 2f_{(A)} - f_{(A)}^2, \quad \Delta a = a_{(B)} - a_{(A)}, \quad \Delta f = f_{(B)} - f_{(A)}.$$

Находятся главные радиусы кривизны эллипсоида **A** в точке объекта:

$$N_{(A)} = \frac{a_{(A)}}{\sqrt{1 - e_{(A)}^2 \sin^2 \varphi_{(A)}}}, \quad M_{(A)} = \frac{a_{(A)}(1 - e_{(A)}^2)}{(1 - e_{(A)}^2 \sin^2 \varphi_{(A)})^{3/2}}.$$

Затем рассчитываются поправки для перевода координат объекта из датума **A** в датум **B**:

$$\Delta \varphi = \frac{K_{\varphi 0} + K_{\varphi 1} \Delta a + K_{\varphi 2} \Delta f}{M_{(A)} + h_{(A)}};$$

$$\Delta \lambda = \frac{-\Delta X \sin \lambda_{(A)} + \Delta Y \cos \lambda_{(A)}}{(N_{(A)} + h_{(A)}) \cos \varphi_{(A)}};$$

$$\Delta h = K_{h0} + K_{h1} \Delta a + K_{h2} \Delta f;$$

где  $K_{\varphi 0} = -\Delta X \sin \varphi_{(A)} \cos \lambda_{(A)} - \Delta Y \sin \varphi_{(A)} \sin \lambda_{(A)} + \Delta Z \cos \varphi_{(A)}$ ;

$$K_{\varphi 1} = \frac{N_{(A)} e_{(A)}^2 \sin 2\varphi_{(A)}}{2a_{(A)}}; \quad K_{\varphi 2} = 0.5 \left[ \frac{M_{(A)}}{1 - f_{(A)}} + N_{(A)} (1 - f_{(A)}) \right] \sin 2\varphi_{(A)};$$

$$K_{h0} = \Delta X \cos \varphi_{(A)} \cos \lambda_{(A)} + \Delta Y \cos \varphi_{(A)} \sin \lambda_{(A)} + \Delta Z \sin \varphi_{(A)};$$

$$K_{h1} = a_{(A)} / N_{(A)}; \quad K_{h2} = (1 - f_{(A)}) N_{(A)} \sin^2 \varphi_{(A)}.$$

Координаты объекта в геодезической системе отсчета **B** получаются путем исправления координат  $\varphi_{(A)}$ ,  $\lambda_{(A)}$ ,  $h_{(A)}$  найденными поправками:

$$\varphi_{(B)} = \varphi_{(A)} + \Delta \varphi; \quad \lambda_{(B)} = \lambda_{(A)} + \Delta \lambda; \quad h_{(B)} = h_{(A)} + \Delta h.$$

## 2.2.4. Пути улучшения отсчета горизонтальных координат картографических объектов.

Основные усилия для улучшения решения вопросов, связанных с использованием координат объектов на поверхности Земли, направлены на устранение имеемых недостатков в этом отношении. Основными из них являются:

- Недостаточное качество карт;
- Использование карт с разными горизонтальными геодезическими основами.

**Недостаточное качество карт** определяется неточностью и низкой подробностью горизонтальных геодезических съемок местности, на основе которых составлены навигационные карты. В судовождении в настоящее время применяются карты, основанные на съемках, проведенных в разные годы и в далеком прошлом. Качество многих из этих карт не удовлетворяет требованиям пользователей.

Единственным методом устранения рассматриваемого недостатка являются новые геодезические съемки всех районов, где точность позиций объектов и подробность карты не удовлетворяет современным требованиям. Несмотря на большой прогресс в методах и в аппаратуре для производства геодезических работ, решение этого вопроса в полном объеме требует много времени и значительных средств.

**Многочисленность горизонтальных геодезических датумов.** Как уже упоминалось, расхождение между координатами объектов в разных геодезических системах может превышать один километр, а ошибки трансформации датумов достигают десятков метров. Поэтому использование карт с различными геодезическими основами является в ряде случаев источником дополнительных ошибок в определениях места судна.

Для современных геодезических систем отличие в координатах невелико. Разность между позициями объектов в системах WGS84 и ПЗ90 не превышает 15 метров, а между положением в WGS84 и WGS72 – 17 м. Отличие в координатах Европейской геодезической системы и WGS84 достигает 85 м, а координаты точек в Токийском датуме могут быть сдвинуты относительно WGS84 на расстояние, до 350 м.

Между тем, разность координат в системе WGS84 и в системе карты одного из районов в Эгейском море, основанной на съемке 1862 г, доходит до 2,5 миль. В некоторых местах Красного моря береговая линия и навигационные опасности нанесены на карты с ошибками, достигающими 5 миль. Из применяемых в настоящее время карт, основанных на съемках, которые проводилась в далеком прошлом, преобладающая часть относится к островам Юго-восточной Азии. Наибольшая зафиксированная разность между координатами позиции объекта в WGS84 и на карте, составленной по данным старой съемки, составляет 7 миль.

Учитывая, что спутниковая навигационная система GPS, которая работает в WGS84, стала основной для навигации морских судов, начиная с 1982 г. при переиздании карт гидрографические службы ряда стран добавляет на картах поправки по широте и долготе для приведения GPS-определений к геодезическому датуму карты. Запись об этом “Satellite-Derived Positions” обычно располагается около заголовка карты. Текст этой надписи может быть - “Positions obtained from satellite navigation systems referred to (название датума) must be

moved X.XX minutes (Northward/Southward) and X.XX minutes (Eastward/Westward) to agree with this chart”.

Необходимо обратить внимание, что геодезическая основа ряда карт, составленных по старым съемкам, содержит большие погрешности, не позволяющие выполнить с требуемой точностью перевод данных карты в современные геодезические системы. В результате эти карты не могут быть представлены в системе WGS84. В таких случаях на бумажных картах может быть помещена информация о невозможности приведения к WGS84: “Adjustments to WGS cannot be determined for this chart”, либо - “The differences between satellite-derived positions and positions on this chart cannot be determined”, или указано, что поправки могут быть значительными - “Differences may be significant to navigation”.

Наличие большого количества горизонтальных датумов и существующие ошибки пересчета из одного датума в другой поставили на повестку дня вопрос об использовании в мире единой системы отсчета горизонтальных координат. В качестве международного датума выступает в настоящее время система WGS84. Гидрографические службы многих стран переиздают свои навигационные карты в системе WGS84. Например, чтобы избежать проблем с пересчетом датумов, гидрографические службы США все электронные карты, растровые и векторные, выпускают в системе WGS84 или NAD83, которая очень близка к WGS84.

Принятие всеми странами единой геодезической референционной системы для карт и для радионавигационных позиционных систем позволит в перспективе устранить отличие горизонтальных датумов как потенциальный источник погрешностей в положении судна.

### **2.2.5. Вертикальные геодезические датумы.**

**Вводные сведения.** Информация о вертикальных координатах (высоте и глубине) объектов на земной поверхности требуется штурманам для решения многих практических задач судовождения. Особенно важны для обеспечения безопасного плавания сведения о глубинах.

Вследствие влияния приливообразующих сил глубина в каждой точке моря не остается постоянной со временем. При значительных колебаниях моря принято отделять определенную часть глубины (в пределах величины прилива) от основной толщи воды, которая не захватывается изменениями уровня. Только постоянная компонента глубины наносится на карту. Таким образом, сведения о глубинах на карте являются неполными.

В процессе опыта плавания на мелководье сложился принцип определения глубины путем учета трех составляющих:

- Глубины на карте,
- Компоненты периодически повторяющихся изменений уровня, обусловленных астрономическими причинами;
- Составляющей непериодических изменений уровня под влиянием атмосферных процессов (сгонно-нагонные и другие явления).

Величина второй компоненты при плавании вблизи берегов в морях с приливами прогнозируется с помощью таблиц приливов, специальных программ для расчета приливных уровней и ряда других пособий. Материалы о высоте приливного уровня представляют прямое дополнение карты. **Высоты приливов должны быть вычислены в той же системе, в какой даются глубины на карте.** Иными словами, чтобы результат расчета глубины был верным, постоянная и переменная ее часть, обусловленная астрономическими причинами, должны отсчитываться от одного уровня – **нуля глубин карты.** Этот уровень назначается по определенным правилам.

Касаясь третьей компоненты, обусловленной влиянием атмосферных процессов, необходимо отметить следующее. Закономерности сгонно-нагонных явлений очень сложны, а вызываемые ими изменения уровня моря весьма малы. Ощутимую для судовождения величину они имеют только в малом числе судоводных акваторий. Поэтому учитывать колебания уровня, вызванные гидрометеорологическими причинами, судоводителям приходится редко (но обязательно там, где они существенны). При назначении нуля глубин такими колебаниями уровня моря пренебрегают.

**Понятие о вертикальных датумах.** Нулевая поверхность, от которой отсчитываются высоты и/или глубины на Земле, называется **вертикальным датумом.** Обычно на картах для высот береговых объектов и батиметрических данных применяются разные вертикальные датумы. Таких датумов может быть и три: для высот, для глубин, для береговой черты. Это определяется с одной стороны практической целесообразностью, а с другой – трудностью учета ряда факторов.

**Для отсчета высот топографических объектов** обычно используется поверхность геоида, которая проходит через точку начала отсчета высот, закрепленную на высоте среднего уровня моря.

**Для измерения глубин и высот осыхающих объектов** в качестве вертикального датума применяются *нули глубин карты*, соответствующие тому или иному уровню моря (для морей с приливами – обычно уровни малых вод).

Традиционно в разных странах для целей определения высот и глубин в картографии производится привязка к согласованному по

определенным правилам уровню моря, который принимается за ноль высот и/или глубин. Поскольку на высоту поверхности моря влияют приливообразующие силы Луны и Солнца, то уровень, принимаемый за нулевой, определяется обычно по наблюдениям за период 18.6 или 19 лет. Этот промежуток выбран на том основании, что большой цикл изменения приливообразующих сил Луны равен 18.6 года, а солнечных – 1 год. Кроме того, с годичным периодом происходят изменения уровня океана, вызываемые изменением плотности воды от нагревания Солнцем. Необходимо также отметить, что средний уровень океана, хотя и очень медленно, но меняется из-за таяния льдов, вызванного потеплением климата, и вследствие погружения земной коры.

Приливные уровни, принимаемые при составлении карт за ноль высот/глубин в разных странах, отличаются. Это может быть:

- Средний уровень моря (MSL – mean sea level);
- Наинизший из возможных по астрономическим причинам уровень (LAT – lowest astronomical tide);
- Средняя малая вода (MLW – mean low water);
- Средняя малая вода в сизигию (MLWS – mean low water springs);
- Наинизшая малая вода в сизигию (lowest low water springs);
- И другие приливные уровни.

В настоящее время существует достаточно много вертикальных датумов. В качестве примеров можно назвать: Кронштадтский датум (Россия), Австралийский высотный датум 1971 года - AHD(71), Канадский геодезический вертикальный датум (CGVD 1928), Датскую вертикальную референсную систему (DVR90), Финский датум (N60), Итальянскую систему отсчета вертикальных координат (Genova 1942), Японский нулевой уровень (Mean Sea Level of Tokyo bay), Норвежскую систему отсчета вертикальных координат (NN1954), Северо-американский вертикальный датум (NAVD88) и другие.

Сведения об уровнях, от которых отсчитываются высоты и глубины на бумажных морских картах, обычно приводятся в их заголовках. Все касающиеся этих датумов оговорки помещаются в примечаниях.

**Вертикальные датумы бумажных морских карт России и Украины.** Исходным значением вертикального датума России и Украины является ноль Кронштадтского футштока, совпадающий со средним уровнем Балтийского моря за период 1825-1840 гг. Проходящая через эту точку поверхность геоида определяет систему отсчета высот объектов на территориях этих стран.

**Ноль глубин.** За начало отсчета глубин *в морях без приливов*, а также там, где средняя амплитуда приливов меньше 50 см, принимается средний многолетний уровень моря.



*На морях с приливами*, где средняя амплитуда приливов равна или превышает 50 см, датумом глубин является наименьший теоретический уровень (теоретический ноль глубин), соответствующий наименьшему из возможных по астрономическим причинам уровню моря (LAT).

**Ноль высот.** Высоты объектов на морских картах *для морей без приливов* даются относительно среднего уровня моря. Таким образом, для морей без приливов датумы для высот и для глубин совпадают.

Для морей с приливами датум высот отличается от нуля глубин. *В морях с приливными явлениями* высоты отсчитываются от уровня полных сизигийных вод.

### **2.2.6. Совершенствование отсчета вертикальных координат.**

Для морского судовождения наиболее актуальным является вопрос качества данных глубин акваторий. Работы, проводимые для улучшения знания глубин, направлены на устранение имеемых в этом отношении недостатков. Основными из них являются:

- Недостаточная точность и подробность батиметрических данных карт;
- Несовершенство современных методов учета влияния приливных явлений на глубины;
- Использование карт с разными датумами глубин.

**Недостаточная точность и подробность батиметрических данных.** Причиной несовершенства информации карт о глубинах, являются недостатки промерных работ, на которых основаны карты. Для морских навигационных карт используются сведения о глубинах, полученные при промерных работах, проведенных в различное время, с разной аппаратурой и с неодинаковой точностью. На многих картах данные о глубинах не удовлетворяют современным требованиям. В настоящее время на подходах к портам требуется знать глубины *с точностью до дециметра*.

Главный путь устранения рассматриваемого недостатка – выполнение высококачественных промерных работ в районах, где информация о глубинах не удовлетворяет современным требованиям. В первую очередь это относится к подходам к основным портам. Несмотря на появление многолучевых высокоточных эхолотов, значительно увеличивших производительность промерных работ, решение этого вопроса требует длительного времени, больших затрат труда и значительных средств.

**Несовершенство учета приливных явлений.** В общем случае на подходах к портам, на мелководье в морях с приливами батиметрическая информация на карте является недостаточной для целей судовождения. Чтобы получить полные данные, судоводитель должен рассчитать высоту приливного уровня в интересующем его

месте и исправить значение глубины на карте. Это представляет определенное неудобство.

Улучшение решения вопросов, связанных с получением полной информации о глубинах на подходах к портам, проводится путем создания специальных *математических моделей уровня (ММУ)*, позволяющих для любого места на подходной карте либо на карте гавани рассчитать на заданное время с требуемой точностью глубину моря.

В настоящее время для ряда акваторий такие модели разработаны и имеются программные средства, которые позволяют при отображении электронных карт показывать глубины относительно уровня моря, рассчитанного на текущий (или заданный судоводителем) момент времени.

Для составления ММУ, обеспечивающих требуемое качество данных о глубине на задаваемое время, необходимо наличие точных подробных батиметрических данных для рассматриваемой акватории и подтвержденная наблюдениями достоверная информация о приливных уровнях моря в удалении от берегов. Пока такой информации для подходов ко многим основным портам нет. Необходимы высокоточные и подробные промерные работы, чтобы ее получить. Эти работы в настоящее время выполняются в развитых в экономическом отношении странах.

Информация о приливных уровнях в удалении от берегов имеется, например, для Северного моря. Здесь можно назвать немецкий и английский атласы, которые дают в готовом виде поправки к глубинам на водные часы по Дувру. Пока наблюдениями приливных уровней охвачены в основном пункты у берегов.

Для расчета глубин с учетом приливов в удалении от берегов могут использоваться и чисто теоретические модели изменений уровня, но достоверность получаемых по ним результатов может быть недостаточна.

В действующих требованиях МГО к ЭКДИС определено, что **на отображаемых картах значения глубин не должны исправляться высотой прилива**. Это объясняется тем, что в морях с приливами отсчитываемые от нуля карты значения глубин в преобладающем большинстве случаев меньше значений глубин от текущего уровня моря в процессе его колебания под действием приливообразующих сил. Поэтому при недостаточном качестве имеемой информации о глубинах, *показ батиметрических данных от нуля глубин карты потенциально менее опасен отображения их значений от текущего (либо на заданный момент) уровня*.

Для будущих поколений ЭКДИС, когда качество батиметрической информации станет выше, планируется показывать значения глубин на

подходных картах и картах гаваней от рассчитываемого на текущий или на заданный момент времени уровня, а также отображать прогнозируемые значения глубин по намеченному маршруту на ожидаемое время прихода судна в его точки. Последнее позволит получить полную картину о глубинах под килем для процесса проводки судна в порт в соответствии с выбранным планом.

**Различие вертикальных датумов.** Использование государствами разных вертикальных датумов, а также отличие в одном районе датума высот от нуля глубин, создает определенные неудобства и является потенциальным источником ошибок. Например, они могут возникнуть, когда ноль глубин на карте не совпадает с уровнем отсчета высот приливов.

Отличие вертикальных датумов государств приводит к нарушению на земном шаре непрерывности системы отсчета вертикальных координат объектов в горизонтальном направлении. Несовпадение датумов глубин и высот вызывает нарушение непрерывности отсчета этих координат в вертикальном направлении. Поэтому все более необходимой становится ***единая непрерывная (бесшовная) постоянная во времени всемирная система отсчета вертикальных координат.*** Она уже требуется для таких практических приложений как мониторинг изменений береговой черты, делимитация территориальных вод, разграничение экономических и других водных районов государств, а также для других целей. Желательна такая система и для будущих поколений ЭКДИС, в которых планируется отображать надводную и подводную обстановку в трех измерениях. Разрывов в системе отсчета вертикальных координат на грани перехода от подводной к надводной обстановке здесь быть не должно.

В настоящее время создана специальная международная группа для решения вопросов, связанных с разработкой единого международного вертикального датума.

Характеризуя вертикальные датумы, следует отметить, что средние уровни моря в разных местах Земли с той или иной точностью представляют поверхность геоида. Она имеет возвышения и понижения относительно референц-эллипсоида (см. рис. 2,1). В результате, например, средний по отношению к эллипсоиду уровень моря во Франции отличается от среднего уровня в Китае. Разность между локальными MSL может достигать 100 м.

Поэтому моделью Земли для единого вертикального датума может быть геоид. Эта модель создается математически на основании измерений высот объектов и силы тяжести в разных точках Земли. До недавнего времени с требуемой точностью ее получить не удавалось. На современном этапе имеемые технологии позволили уточнить поверхность геоида до 1 метра. В основе этих технологий лежит

возможность измерения с помощью GPS отклонений по высоте объектов на Земле от поверхности эллипсоида WGS84. Национальным картографическим агентством ВМС США (NIMA) были проведены такие измерения, рассчитаны и опубликованы значения вертикальных отклонений геоида от эллипсоида WGS84 с шагом  $0.25^0$  по широте и долготе.

Таким образом, NIMA был получен первый основанный на геоиде (Earth Geoid Model - EGM) комбинированный датум – WGS84-EGM96 для отсчета горизонтальных и вертикальных координат.

### **2.3. Проекция морских навигационных электронных карт.**

Морские навигационные ЭК обычно отображаются в проекции Меркатора. В отдельных случаях карты представляются в гномонической проекции.

Меркаторская проекция – это равноугольная цилиндрическая проекция, предложенная в 16 веке фламандцем Г.Кремером (Меркатором) и используемая до сих пор. Различают *нормальную, поперечную и наклонную меркаторские проекции*. Из них для представления навигационных ЭК в основном применяются две первые. С точки зрения судовождения главными достоинствами меркаторских проекций являются:

- возможность измерять натуральные, неискаженные углы;
- зависимость частных масштабов только от положения точки, но не от направления измеряемой по небольшим частям искомой длины.

В системах с векторными данными задача построения карты в заданной проекции возлагается на программное обеспечение системы. С этой целью применяются те или другие методы получения значений экранных координат картографических объектов по их географическим координатам.

#### **2.3.1. Нормальная проекция Меркатора.**

**Основные понятия.** Нормальная проекция Меркатора (НПМ) относится к классу цилиндрических равноугольных проекций, в которых параллели и меридианы являются взаимно перпендикулярными параллельными прямыми, а расстояния между меридианами пропорциональны соответствующим разностям долгот. Эта проекция используется для построения ЭК в диапазоне широт от 0 до  $85^0$ . Околополюсные районы в ней не могут быть отображены. Наибольшим достоинством НПМ для целей судовождения является представление локсодромии прямой линией.

НПМ получается проектированием земного эллипсоида на боковую поверхность цилиндра, касательного к эллипсоиду по линии экватора (рис. 2.3,а). Ось этого цилиндра совпадает с осью Земли. Затем боковая поверхность цилиндра разрезается по образующей и разворачивается на плоскость (рис. 2.3,б).

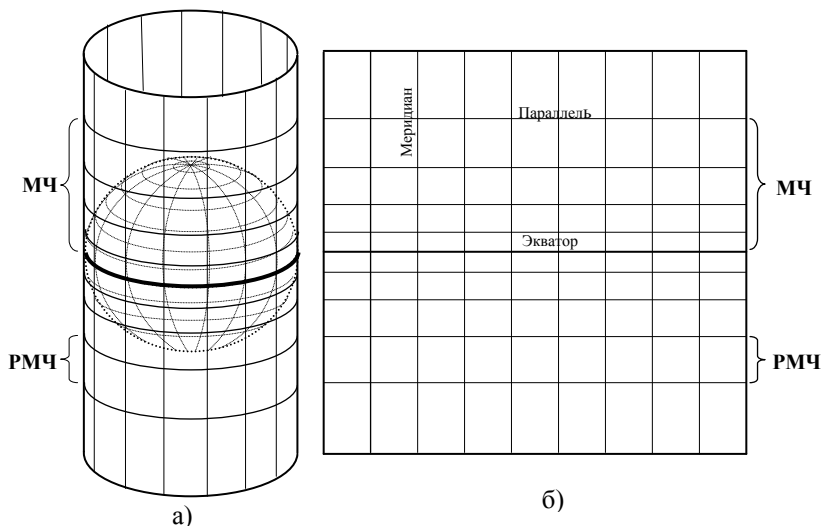


Рис. 2.3. К пояснению нормальной проекции Меркатора.

В нормальной меркаторской проекции меридианы являются прямыми параллельными линиями, перпендикулярными к экватору. На поверхности цилиндра проекции меридианов проходят через точки касания земных меридианов с цилиндром, перпендикулярно к плоскости экватора. Расстояние  $X$  в НПМ между двумя меридианами с долготами  $\lambda$ ,  $\lambda_0$  равно

$$X = a(\lambda - \lambda_0); \quad (2.1)$$

где  $a$  – большая полуось земного эллипсоида.

Земные параллели в НПМ – также прямые линии, перпендикулярные к меридианам. Ввиду того, что на земном эллипсоиде меридианы сходятся с приближением к полюсам, с ростом широты длина земной параллели между двумя меридианами становится меньше. Это изменение пропорционально уменьшению радиуса параллели  $r(\varphi)$ , который с учетом сжатия эллипсоида определяется формулой:

$$r(\varphi) = \frac{a \cos \varphi}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}}, \quad (2.2)$$

где  $e$ —эксцентриситет Земного эллипсоида.

В результате, масштаб проекции по параллели  $\mu_\varphi(\varphi)$  в НПМ увеличивается с ростом широты:

$$\mu_\varphi(\varphi) = \frac{a}{r(\varphi)} = \sec \varphi (1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}. \quad (2.3)$$

Приближенно можно считать изменение  $\mu_\varphi(\varphi)$  пропорциональным секансу широты.

В равноугольной проекции в каждой точке масштаб по параллели  $\mu_\varphi(\varphi)$  равен частному масштабу по любому направлению, естественно, и масштабу по меридиану  $\mu_\lambda(\varphi)$ . В НПМ это достигается путем расчета расстояния от проекции экватора до проекции параллели с широтой  $\varphi$  на боковой поверхности цилиндра по формуле

$$Y = aU(\varphi); \quad (2.4)$$

где

$$U(\varphi) = \ln \tan \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \left( \frac{1 - e \sin \varphi}{1 + e \sin \varphi} \right)^{e/2}. \quad (2.5)$$

Следует заметить, что НПМ не является перспективной проекцией, так как элементы Земли не проектируются на боковую поверхность цилиндра с помощью лучей, исходящих из одной точки.

В НПМ расстояние  $Y$  по меридиану от экватора до параллели с широтой  $\varphi$ , выраженное в экваториальных милях, называется **меридиональной частью** (МЧ) этой параллели. Расстояние  $\Delta Y$  между двумя параллелями называется **разностью меридиональных частей** (РМЧ). Ввиду увеличения масштаба с широтой, величина РМЧ, соответствующая одинаковому значению разности широт, с ростом широты в НПМ увеличивается (рис. 2.1, б).

Для построения на экране карты в НПМ необходимо найти прямоугольные экранные координаты картографических объектов. Обозначим эти координаты  $x, y$ . Примем за их начало центр экранной области. Учитывая (2.1)-(2.5), можно найти следующие формулы для расчета значений  $x, y$  элементов ориентированной «по норду» карты:

$$\left. \begin{aligned} x &= M_0 r(\varphi_0)(\lambda - \lambda_0) \\ y &= M_0 r(\varphi_0)[U(\varphi) - U(\varphi_0)] \end{aligned} \right\}; \quad (2.6)$$

где  $\varphi_0, \lambda_0$  — параллель и меридиан, проходящие через центр экрана дисплея;  $M_0$  — масштаб по параллели  $\varphi_0$  (масштаб карты).

При ориентации карты «по курсу» прямоугольные экранные координаты картографических объектов рассчитываются по формулам

$$\left. \begin{aligned} x_c &= x \cos K - y \sin K \\ y_c &= x \sin K + y \cos K \end{aligned} \right\},$$

где  $x_c, y_c$  – экранные координаты объекта при ориентации карты «по курсу».

В навигационно-информационных системах для расчета экранных координат  $x, y$  применяются и приближенные формулы, обеспечивающие погрешность вычислений, которая не превышает половины размера пиксела. В этом случае ЭК, построенные по результатам расчета положения элементов карты по точным и приближенным формулам, являются идентичными. В качестве упрощенных приближений к меркаторской проекции используются линейное и таблично-интерполяционное.

**Линейное приближение к нормальной проекции Меркатора** применяется при построении крупномасштабных карт. В его основе лежит представление о Земле как о шаре с радиусом  $R$ , при котором одна минута дуги меридиана равняется одной морской миле. НПИМ при таком условии получается проектированием точек Земного шара на боковую поверхность цилиндра с помощью лучей (линий), исходящих из центра Земли. В этом случае при ориентации ЭК «по норду» расчет экранных координат элементов карты производится по известным приближенным формулам

$$\left. \begin{aligned} x &= M_0 R \cos \varphi_0 (\lambda - \lambda_0) \\ y &= M_0 R (\varphi - \varphi_0) \end{aligned} \right\}. \quad (2.7)$$

**Таблично-интерполяционное приближение к проекции Меркатора** используется при отображении мелкомасштабных карт, когда линейное приближение не обеспечивает требуемую точность. Сущность этого метода состоит в следующем. В картографической базе данных в таблице опорных точек НПИМ помещаются табличные значения широт  $\varphi_k$  (порядка  $300 \div 500$  на интервал  $0 \div 85^0$ ) и соответствующие им рассчитанные по строгим формулам значения  $U_k = U(\varphi_k)$  и  $r_k = r(\varphi_k)$ .

Экранные координаты элементов карты рассчитываются по формулам (2.6), в которых значение  $r(\varphi)$ , находится линейной интерполяцией между значениями  $r_k$ , а значения  $U(\varphi)$ ,  $U(\varphi)$  – интерполяцией между  $U_k$ . При интерполяции значения  $r(\varphi)$ ,  $U(\varphi)$ , соответствующие широте  $\varphi$  ( $\varphi_k > \varphi > \varphi_{k+1}$ ), получаются по формулам

$$\left. \begin{aligned} r(\varphi) &= r_k + \delta r_k (\varphi - \varphi_k) \\ U(\varphi) &= U_k + \delta U_k (\varphi - \varphi_k) \end{aligned} \right\},$$

$$\text{где } \delta r_k = \frac{r_{k+1} - r_k}{\varphi_{k+1} - \varphi_k}, \quad \delta U_k = \frac{U_{k+1} - U_k}{\varphi_{k+1} - \varphi_k}.$$

### 2.3.2. Поперечная меркаторская проекция.

Поперечная проекция Меркатора (ППМ) применяется для создания ЭК околополюсных районов Земли в диапазоне широт от 80 до 90° (рис. 2.4). Земной эллипсоид в этом случае проектируется на поверхность цилиндра, касательного к эллипсоиду по меридиану. Ось такого цилиндра перпендикулярна оси Земли.

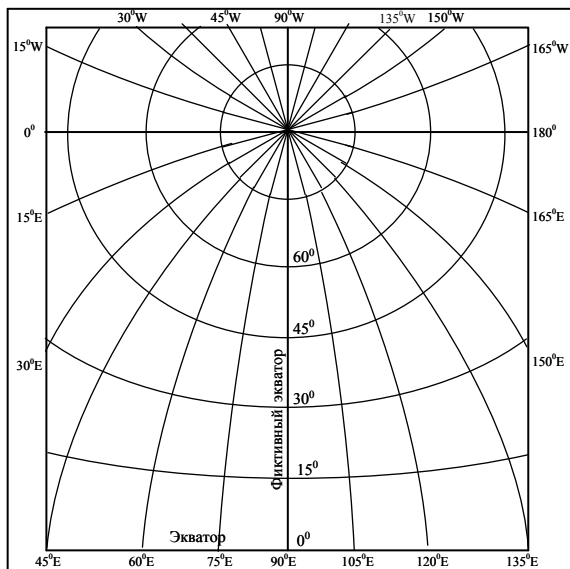


Рис. 2.4. Вид меридианов и параллелей в поперечной проекции Меркатора.

Если принять касательный к цилиндру земной меридиан за фиктивный экватор Земли, полюса этого экватора – за фиктивные полюса Земли, проходящие через фиктивные полюса большие круги – за фиктивные меридианы, а серию параллельных фиктивному экватору малых кругов на поверхности Земли – за фиктивные параллели, то свойства ППМ такой модели Земли будут аналогичны свойствам НПМ. Фиктивные меридианы и параллели на карте в ППМ будут взаимно перпендикулярными системами параллельных линий, а прямая линия будет фиктивной локсодромией, пересекающей фиктивные меридианы под одним углом.

Что касается действительных меридианов и параллелей, то на карте в ППМ они будут кривыми линиями, как и действительная локсодромия. На картах околополюсных районов в ППМ меридианы



близки к радиально расходящимся от полюса прямым линиям, а параллели – к концентрическим окружностям.

Область минимальных искажений Земной поверхности на карте в ППМ лежит в узкой полосе, центральной линией которой является фиктивный экватор.

## **2.4. Форматы данных электронных карт.**

**Понятие об информационном формате.** В общем случае под **форматом** понимается структура информационного объекта.

Формат определяет способ расположения и представления данных в разнообразных объектах: таблицах, файлах, базах данных (БД), принтерах и т.д. Различают форматы данных, адресов, кодов, команд, страниц, строк проверочных последовательностей и т.д.

Любой пользователь, знакомый с компьютером, знает, что программы и данные хранятся в памяти в определенных форматах.

**Формат данных** представляет собой набор правил, соглашений, стандартов для записи и хранения информации.

Форматы, используемые для представления данных в файлах, делятся на *текстовые*, *графические* и *комбинированные* (метафайлы). В настоящее время в обращении находится довольно много форматов разных видов. Что касается графических форматов, то их десятки, а если учесть многочисленные версии этих форматов, то это число уверенно превысит сотню.

Представление графических данных в компьютере можно разделить на две большие ветви: растровую и векторную.

**Растровые форматы.** Растры представляют изображение в виде точек. В их основе лежит битовая карта (матрица), на пересечении строк и столбцов которой располагаются элементы изображения — пиксели. С каждым пикселем связывается числовая характеристика, которая описывает его тон (если изображение черно-белое) или цвет (для цветного изображения), а также яркость. Главным преимуществом растровой формы представления графической информации является простота исходной концепции. Каждый отдельный пиксель изображения представляет самого себя, вне зависимости от его положения и роли, которую он играет в рисунке. Построение изображения состоит в простом воспроизведении на экране информации, хранящейся в памяти.

Самыми распространенными из растровых форматов для графической информации, предназначенной для массового пользователя, являются: TIFF, BMP, GIF, JPEG, PNG.

**Векторные форматы.** Эти графические форматы служат для хранения сведений о векторных изображениях, которые представляют собой совокупность геометрических примитивов: точек, линий, овалов, прямоугольников, дуг и др. Векторные форматы состоят либо из описаний примитивов, либо включают в себя набор инструкций, команд для построения примитивов. Например, чтобы компьютер нарисовал отрезок прямой линии, записывают координаты точек его концов. Для дуги задается центр, радиус, угол и т. д. Не исключается и комбинация этих способов.

В векторном виде хранят информацию системы автоматизированного проектирования, например Autocad, программы, которые создают иллюстративную графику, такие как Coreldraw.

**Комбинированные форматы** (мегафайлы) предназначены для хранения информации о тексте, о растровых и векторных изображениях и о командах визуализации. Такими форматами являются WMF, CGM, EPS. В числе немногих примеров использования мегафайлов в Интернете в первую очередь следует назвать формат PDF (Portable Document Format), предложенный фирмой Adobe.

Для практических задач основными критериями выбора того или иного формата являются - компактность записи, удобство применения при решении задач, совместимость с используемыми программами.

**Конвертирование форматов** (format conversion) - преобразование данных из одного формата в другой, воспринимаемый иной системой (как правило, при экспорте или импорте данных).

Возможность конвертирования графических данных из одного формата в другой существует далеко не для всех форматов.

**Форматы электронных карт.** Чтобы обеспечить эффективную обработку информации, форматы данных обычно ориентируются на какой-либо продукт, программную систему или область применения. Существуют и универсальные форматы (например, американский STDS, английский NTF), однако для конкретных приложений они малоэффективны. Нет универсального формата, который можно было бы рекомендовать на все случаи жизни для данных любого набора и назначения. Поэтому для ЭК используются специальные форматы, отвечающие целям обмена данными этих карт и оперирования с картографической и навигационно-гидрографической информацией в *НИС*.

Ввиду разных типов данных карт для их хранения используются обычно комбинированные форматы. Пространственные данные они представляют в графических форматах, а описательные – в символьных. В символьных форматах хранятся и метаданные.

Электронные навигационные карты, для записи и хранения изображений которых использованы растровые форматы, получили

название **растровых навигационных карт**. В файле такой карты вид района представлен в растровом виде, а надписи (метаданные), относящиеся ко всей карте, хранятся в символьном формате.

Карты, для записи и хранения пространственных данных которых применяются векторные форматы, именуют **векторными навигационными картами**. В файлах векторных карт довольно часто описательная информация тесно увязана с пространственными данными.

Пространственная информация векторных карт состоит из элементарных геометрических объектов трех типов - точек, линий и площадных объектов (полигонов).

В начальный период создания навигационных систем, отображающих электронные карты, не существовало международных требований к форматам карт. Поэтому производители *НИС* использовали для записи и хранения изображений карт разработанные ими графические форматы, растровые или векторные.

Так, для растровых карт Британское адмиралтейство применило специальный формат ARCS. Гидрографические службы США (NOAA) и Канады (CHS) выпускают растровые карты в формате BSB. Свои форматы имеют и растровые карты других гидрографических служб и частных организаций.

Крупный производитель электронных карт фирма «Транзас Марин» производит векторные карты в формате TX-97. Фирма «С–Мар» представляет векторные ЭК в своем формате CM-93/3.

К началу девяностых годов двадцатого века системы с электронными картами получили довольно широкое распространение. Тогда ИМО приняло решение взять под контроль процесс развития систем с электронными картами, так как их недостатки могли оказать негативное влияние на безопасность мореплавания.

ИМО совместно с МГО, МЭК были выработаны требования к системам с электронными картами, удовлетворяющими современному состоянию судоходства. МГО определила стандарты к содержанию официальных электронных карт, к их отображению на экране и к представлению на электронных носителях.

**Формат для обмена официальной векторной картографической информацией.** Для обмена картографической информацией между Гидрографическими организациями, производителями ЭКДИС и мореплавателями Комитетом по обмену цифровыми данными МГО (Committee of exchange of digital data – CEDD) был разработан формат S57. Он описан в специальной публикации МГО S57: ИНО Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, и носит номер, присвоенный этой публикации - S57. Затем два раза этот формат уточнялся.

В настоящее время основным форматом для обмена официальной картографической информацией является *издание 3.1 формата S57*, в котором пространственные данные карт представлены в векторном виде.

**Специальная публикация МГО S57**, в которой описан международный стандарт для обмена картографическими данными, имеет следующие главные разделы.

**Первая часть** является расширенным введением. В ней дается общее представление о формате: назначение, структура, ссылочные документы, определения и т.д.

**Часть вторая** посвящена теоретической модели данных.

**В третьей части** описана структура данных.

**Приложение А** содержит каталог (Object Catalogue) находящихся в обращении классов картографических объектов, соответствующих им характеристик (атрибутов) и полный перечень значений атрибутов. Здесь под *классом* подразумевается определенная группа объектов, эквивалентных по установленным признакам.

**Приложение В** является спецификацией, в которой приведены стандарты классов объектов и их атрибутов. Они должны использоваться при записи изображений карт в файлах с целью обмена данными между Гидрографическими организациями, производителями ЭКДИС, мореплавателями и другими пользователями.

Формат S57/3.1 обладает широкими возможностями, он совместим с другими средствами обмена данными и не ориентирован на определенную разграфку и проекцию карт. Формат S57/3.1 сочетает в себе свойства гибкости и компактности.

Он позволяет: поддерживать несколько уровней обмена цифровыми данными, представлять позиции объектов в географической или прямоугольной системах координат с различными единицами и мерами точности, строить карты в любых проекциях, хранить описательную информацию, метаданные, добавлять новые записи.

Форматом S57/3.1 определен способ хранения данных в виде отдельных программных объектов, включающих в себя сведения о местоположении и все атрибуты. Под *атрибутом* здесь понимается характеризующее пространственный объект свойство, качественное или количественное признание, ассоциированное с идентификатором объекта, но не связанный с его позицией.

При объектной организации данных отдельные элементы из разных файлов могут выбираться и компоноваться перед отображением. Такая возможность позволяет любой выбранный судоводителем район, включающий данные одной или нескольких ячеек, показывать в *НИС* как целую единую карту. Представление

любого района земной поверхности как единого целого изображения называется **бесшовным отображением карт**.

Кроме того, карты в формате S57/3.1 удобно корректировать и обновлять при переиздании. Формат S57/3.1 обеспечивает широкие возможности поэлементной корректуры электронных карт, так как каждый объект, атрибут и другие компоненты карты имеют свои уникальные идентификаторы. Это позволяет изменять, убирать элементы карты и, при необходимости, вставлять новые компоненты, не затрагивая другие объекты карты.

Для неофициальных векторных ЭК требования S57/3.1 не являются обязательными.

Для обмена официальной картографической информацией по каналам телесвязи разработан специальный формат MACDIF (Map and chart data inter change format).

**Внутрисистемные форматы данных.** Следует подчеркнуть, что формат S57/3.1 создан специально для обмена цифровой картографической информацией, а не для целей синтеза карт в НИС.

Ввиду определенных неудобств работы с форматом S57/3.1 внутри ЭКДИС при выполнении ее операций, производители этих систем свободны, согласно публикации МГО S52, создавать для данных СЭНК свои **внутрисистемные форматы**, соответствующие задачам, решаемым конкретной ЭКДИС. Внутрисистемные форматы называют также **форматами СЭНК**.

В любом случае ЭКДИС должна иметь возможность приема (импорта) данных от гидрографических служб в формате S57/3.1 и преобразования (конвертации) их во внутренний формат. Последний, согласно публикации S52 МГО, должен сохранять логическую структуру и состав исходной информации.

Ряд производителей с тем, чтобы упростить использование данных ЭК, создали удобные как для распространения, так и для оперирования внутри НИС, форматы данных. Первым из таких официально признанных форматов является СМ-93/3, разработанный фирмой С-МАР. Он получил одобрение Норвежского классификационного общества Det norske Veritas – DnV. С помощью специальных программных средств данные из формата S57/3.1 могут быть конвертированы в СМ-93/3 и наоборот. Формат СМ-93/3 является внутренним во многих системах с официальными векторными электронными картами. Распространение в формате СМ-93/3 позволяет использовать ЭНК в таких системах без конвертации из формата, в котором они распространяются, в формат СЭНК, в котором они используются в системе.

Касаясь достоинств формата СМ-93/3, необходимо отметить, что он:

- Удобен как внутренний формат для ЭКДИС и одновременно является форматом передачи данных;
- Совместим с форматом S57/3.1. При конвертации данных из S57/3.1 сохраняет содержание и логику информации;
- Обеспечивает автоматическую корректуру, основанную на приеме электронных ИМ через e-mail, Интернет НТТР, Инмарсат, мобильные каналы связи и т.д.;
- Работает со многими операционными системами;
- Экономен в расходе памяти. В среднем объем карт в СМ-93/3 в пять раз меньше, чем в S57/3.1;
- Поддерживает все языки и алфавиты (латинский, кириллицу, арабский, китайский, хинди и т.д.);
- Обеспечивает представление новых объектов при расширении их числа (приливных явлений, данных для рыбаков и т.д.);
- Позволяет наносить на карту текст на любом языке, разных размеров и стилей, горизонтально, вертикально, по любой кривой линии.

Ряд из этих преимуществ позволяет получить также одобренный формат ТХ-97, который использует фирма «Транзас Марин» для своих электронных карт. Внутри ЭКДИС и ЭКС, выпускаемых фирмой «Транзас Марин», официальные векторные карты ЭНК представляются в формате ТХ-97. Поставка ЭНК для систем Транзаса может производиться в этом формате.

## **2.5. Разграфка ЭК.**

**Разграфкой (нарезкой) бумажных карт** называется система деления изображения земной поверхности на листы отдельных карт. Чаще всего для морских карт применяется прямоугольная разграфка, когда изображение земной поверхности в меркаторской проекции с помощью отрезков меридианов и параллелей делится на прямоугольные или квадратные листы.

При рассмотрении электронных карт термин «разграфка» имеет похожий, но несколько иной смысл. Для использования в *НИС* картографические данные представляются в виде информационного массива (картографической базы данных), имеющего свой формат и организацию.

**Картографическая база данных (КБД)** – это предназначенная для целей судовождения совокупность взаимосвязанных картографических сведений на весь Мировой океан либо его определенную часть, представленная в цифровой форме при соблюдении общих правил описания, хранения и манипулирования данными. По аналогии с набором бумажных карт КБД иногда называют *коллекцией электронных карт*.

Массив картографических данных имеет большую размерность. Для удобства хранения и оперирования с таким крупным набором данных картографическая информация разбивается на части, которые помещаются в отдельных файлах. В основе разделения данных лежит тот или иной способ нарезки земной поверхности на отдельные участки (ячейки). Под **ячейкой** обычно понимается элемент разбиения земной поверхности линиями регулярной сети, чаще всего отрезками меридианов и параллелей.

В современных векторных КБД используется представление элементов карты в памяти в виде объектов и регулярно-ячеистый способ организации базы данных, обеспечивающий логическую неразрывность информации файлов. При таком способе хранения информации из содержания файлов можно образовывать совокупности данных для любого вырезанного оператором на карте-схеме мира района и показать его на экране как целую единую карту. КБД, которые обеспечивают такую возможность, называются **бесшовными картографическими базами данных**. Для таких баз термин «разграфка» означает скорее не разбиение изображения земной поверхности на отдельные листы карт, а деление данных в базах в соответствии с той или иной нарезкой земной поверхности на ячейки.

Кратко охарактеризуем следующие виды разграфки, применяемые для электронных карт:

- нарезку гидрографических служб для бумажных карт;
- равномерную разграфку, предложенную МГО;
- нарезку гидрографических служб для ЭНК;
- другие виды разграфки для электронных карт.

#### **Разграфки гидрографических служб для бумажных карт.**

Характерной чертой нарезки гидрографических служб для бумажных карт является перекрытие соседними картами определенной акватории на их стыке и зависимость шага разграфки от широты, что обеспечивает приблизительное выравнивание площадей поверхности карт на разных широтах. Это в определенной степени способствует в случае равномерного распределения картографической нагрузки выравниванию информационных объемов карт.

Нарезки карт, используемые гидрографическими организациями разных стран, имеют отличия. Три гидрографические службы в мире выпускают навигационные карты на весь Мировой океан, но разграфка этих карт неодинакова. Это Британское адмиралтейство, коллекция навигационных карт которого состоит примерно из 3900 карт; Гидрографическая служба США (NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, NIMA - National Imagery and Mapping Agency), полный комплект навигационных карт которой включает порядка 4600 карт; и русская гидрография – 6500 карт. NOAA является

гидрографической службой, которая занимается изданием карт только на воды США. NIMA – это картографическое агентство Департамента обороны США, выпускающее морские навигационные карты для всех районов Мирового океана.

Когда для ЭК используется разграфка гидрографических служб, то обычно нумерация ЭК соответствует номенклатуре бумажных навигационных карт. Однако это необязательно.

**Разграфка МГО.** В равномерной разграфке, предложенной МГО, в качестве разделяющих карты линий используются отрезки меридианов и параллелей с шагом, одинаковым по угловой величине для широты и долготы.

Соседние карты при разграфке МГО стыкуются между собой без перекрытия.

МГО рекомендует использовать следующие параметры разграфки:

- для планов – 7.5';
- карт гаваней – 15';
- карт подходов – 30';
- карт побережья – 1<sup>0</sup>;
- генеральных карт – 5<sup>0</sup>;
- карты мира – 10<sup>0</sup>.

**Разграфка гидрографических организаций для ЭНК.** Для ЭНК применяются нарезки данных, выбранные государственными гидрографическими службами с учетом требований Международной гидрографической организации.

МГО для официальных векторных карт установлен регулярно-ячеистый способ разграфки картографической информации. **Ячейка** определена как наименьший административный блок для географических и навигационно-гидрографических данных, представляющий собой сферическую прямоугольную область, ограниченную двумя параллелями и двумя меридианами.

Данные ячейки следует помещать в отдельный файл (set file). Каждая ячейка должна иметь свой уникальный адрес (идентификатор), по которому однозначно определяется ее место на карте мира.

МГО рекомендует для файлов ЭНК и ее ячеек использовать названия из восьми символов с расширением, имеющих следующую структуру.

*Первые два символа* должны определять производителя ЭНК.

*Третий символ* используется для указания «навигационной цели» карты, т.е. является грубым указателем ее масштаба: 1 – обзорная карта мира, 2 – генеральная карта, 3 – прибрежная карта, 4 – подходы к порту, 5 – гавань, 6 – карта для швартовки (план).

*Четвертый-восьмой символы* являются кодом, определяющим место расположения ЭНК.



*Расширение* («.000», «.001», «.002» или другие значения) обозначает номер корректуры ЭНК.

Приведем для примера несколько кодов производителей электронных карт: RU - Россия, UA - Украина, US - США, DE - Германия, GB - Англия, FI – Финляндия, FR - Франция, JP - Япония, DK - Дания, KP - Корея, CL - Чили.

Используемые разными гидрографическими службами коды для определения положения ячейки карты не являются однообразными. Одни службы используют в этих кодах только цифры, другие – буквы и цифры, или только буквы. Приведем примеры названия файлов ЭК разных гидрографических организаций (без расширений): DE221000, DK2CHWGG, FR301090, US5PR62M, GB100007, CL2AN020, AU314145.

Право выбора размеров ячеек принадлежит производителем ЭНК, однако объем данных ячейки не должен превышать 5Мб. Ячейку не следует делать и слишком малой, чтобы не увеличивать значительно их общее количество.

В первую очередь создаваемые ЭНК должны покрывать подходы к основным портам и главные судоходные пути. Поэтому национальные ГО группируют ячейки в районах основных портов.

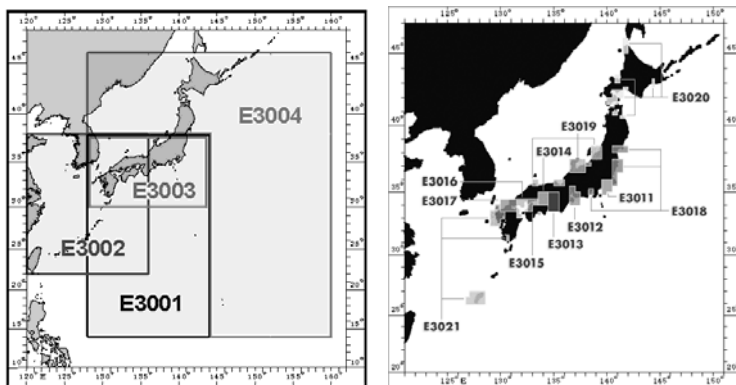


Рис. 2.5. Нарезка ЭНК на воды Японии.

В качестве примера можно привести нарезку, выбранную Гидрографической организацией Японии для мелко и крупномасштабных ЭК своего побережья (рис. 2.5).

Следует отметить, что при регулярной ячеистой разграфке используется два вида отражения картографическими данными элементов земной поверхности:

- Неполное представление;
- Сплошное покрытие.

При *неполном представлении* из имеемого множества важных для судовождения картографических данных в файл(ы) ячейки помещаются только те, которые нужны для отображения карты в масштабе, выбранном для ячейки. Такой способ используется для ЭНК. В результате земная поверхность отражается данными, соответствующими неодинаковым оригинальным масштабам.

При *сплошном покрытии* в файл(ы) ячейки записываются все имеемые для нее важные в навигационном отношении картографические данные. Обычно при записи и хранении они распределяются по «масштабным» уровням. Это позволяет системе показывать на карте любой район с нагрузкой элементами, соответствующей заданному оператором масштабу отображения. Понятие «оригинальный масштаб данных карты» здесь теряет свой смысл.

**Другие нарезки карт.** Кроме названных, существуют разграфки, использованные частными фирмами при производстве векторных карт.

В качестве примера можно указать равномерную разграфку со сплошным покрытием норвежской фирмы «С–Мар». Картографические данные этой фирмы разделены на девять районов. Районы состоят из ячеек, которые имеют размер  $4^0 \times 4^0$ , стыкуются друг с другом без перекрытия и обеспечивают покрытие акваторий всего Мирового океана. Организация КБД этой фирмы обеспечивает бесшовное отображение карт.

Аналогичной чертой обладает и база данных карт фирмы «Navionics» (США). Данные в ней сгруппированы по ячейкам  $5^0 \times 5^0$ .

## ***2.6. Классификация электронных карт.***

При рассмотрении вопросов использования электронных карт применяется их классификация по различным признакам.

**В зависимости от полноты информации,** представляемой на карте, ЭК разделяют на полномерные и упрощенные (стилизованные).

***Полномерные навигационные ЭК*** по нагрузке равноценны официальным бумажным навигационным картам и содержат всю картографическую информацию, необходимую для безопасного и эффективного судовождения.

Для использования полномерных карт требуются обладающие широкими возможностями средства хранения и отображения информации, которыми ряд автоматизированных навигационных систем не обладает. В таких системах могут использоваться ЭК в

упрощенном виде, который позволяет реализовывать имеемая аппаратура.

**Упрощенной (стилизованной) электронной картой** обычно называется схематическое изображение на экране дисплея местности в определенной проекции, не эквивалентное бумажной навигационной карте и не удовлетворяющее требованиям к безопасности мореплавания.

Упрощенные ЭК получают самыми разными способами. Для ввода с бумажных карт в память ЭВМ данных для стилизованных карт в ряде автоматизированных навигационных систем используют специальные кодирующие планшеты – дигитайзеры (chart digitizer).

**В зависимости от юридического статуса** ЭК подразделяются на официальные и неофициальные карты.

**Официальными картами** считаются ЭК, издаваемые государственными гидрографическими организациями.

К **неофициальным картам** относятся все другие электронные карты.

**В зависимости от метода цифрового представления изображения карты в памяти** ЭК делят на растровые и векторные.

**Растровые карты.** Для записи и хранения изображения этих карт используются растровые форматы - метод цифрового представления изображения карты в виде матрицы точек (пикселей). При таком способе представления карты сведений об отдельных картографических объектах в памяти нет.

**Векторные карты.** Изображение этих карт хранится в памяти в векторных форматах. Структура данных векторных карт обычно представляет собой последовательность записей, характеризующих каждый имеемый на карте объект. По этим записям с помощью специальной программы *НИС* сама строит карту на экране дисплея.

**Классификация ЭК в зависимости от масштаба (назначения карты).** Подробность навигационных карт зависит от их масштаба. Масштаб, которому соответствует нагрузка электронной карты, называется ее **оригинальным масштабом**. Масштаб, в котором карта показывается на экране дисплея, именуется **масштабом ее отображения**.

Навигационные карты изготавливаются в разных масштабах, примерно от 1:2500 до 1:15000000 и даже меньше. Как известно, классификации бумажных навигационных карт в зависимости от масштаба, принятые гидрографическими организациями разных стран, в определенной степени отличаются.

Например, бумажные отечественные навигационные морские карты в зависимости от масштаба подразделяются на следующие виды:

- генеральные – 1:1000000 ÷ 1:5000000;
- путевые – 1:100000 ÷ 1:500000;
- частные – 1:25000 ÷ 1:50000;
- планы – 1:25000 и крупнее.

Морские карты, выпускаемые Картографическим агентством (NIMA) Департамента обороны США, включают:

- генеральные карты 1:150000 и меньше;
- прибрежные карты 1:50000 ÷ 1:150000;
- гавани 1:50000 и больше.

Если электронные карты изготавливаются как копии бумажных карт, то они соответствуют классификации гидрографической службы, издавшей эту бумажную карту.

Международная гидрографическая организация для официальных векторных карт (ЭНК), используемых в ЭКДИС, установила следующую классификацию в зависимости от оригинального масштаба:

- карты мира (World) – 1:2500001 и меньше;
- генеральные карты (General) – 1:300001 ÷ 1:2500000;
- прибрежные карты (Coastal) – 1:80001 ÷ 1:300000;
- подходные карты (Approach) – 1:40001 ÷ 1:80000;
- гавани (Harbour) – 1:10001 ÷ 1:40000;
- планы (Plan) – 1:10000 и крупнее.

**Классификация ЭК в зависимости от использования в навигационной системе.** Различают исходные (основные, базовые) и системные электронные карты.

*Исходной (основной, базовой) картой* является ЭНК или цифровые данные других карт, которые размещены в одном файле (или в нескольких), поставляемом государственной или частной организацией.

Данные основной карты обычно не могут быть изменены на судне.

*Системная электронная карта* – это набор данных для отображения откорректированной навигационной карты, представленный во внутреннем формате системы и интегрированный с информацией пользователя. Он является результатом преобразования системой содержания основной ЭК, корректур, и данных, добавленных мореплавателем. Это информация, которая составляет дисплейный файл для отображения в системе откорректированной навигационной карты для целей выполнения с ее помощью навигационных задач.

## 2.7. Характеристика векторных карт.

### 2.7.1. Состав данных векторных ЭК.

**Общие сведения.** Как уже упоминалось, изображение векторных ЭК представляется в памяти в виде последовательности записей, характеризующих каждый имеемый на карте картографический объект (геометрический примитив).

Чтобы иметь возможность управлять составом нагрузки карты, векторные данные распределяются по определенным тематическим уровням (слоям карты). Под *слоем* понимается совокупность однотипных пространственных элементов, относящихся к одной теме или классу объектов, представленная в системе координат, общей для набора слоев. Слой отображается как единое целое.

Содержание одной векторной карты записывается либо в одном файле, с указанием признаков данных различных слоев, либо в нескольких файлах (послойно). К данным векторных карт добавляется специальная программа, позволяющая строить карту в нужной проекции на экране дисплея (генерировать символы картографических объектов, наносить точки, линии, текст, заполнять контуры различными цветами и выполнять другие операции для отображения карты).

Разделение данных векторной карты на несколько слоев позволяет судоводителю приспособить нагрузку карты к обстоятельствам плавания и к решаемым задачам.

Для одного и того же района файл векторной карты меньше по объему файла растровой карты, но в то же самое время данные векторной карты более информативны. Так, например, мировая коллекция порядка 7500 векторных карт может занимать объем всего 500 Мб. В то же время 40 растровых карт прибрежных районов могут потребовать свыше 1000 Мб памяти.

Стоимость векторных карт обычно выше стоимости растровых ЭК, ввиду большей трудоемкости их создания.

Составными частями векторной карты являются картографические объекты. **Картографическим объектом (КО)** называется реальный объект или явление, изображаемое на карте в условном виде; или описание или группа описаний картографических характеристик реального объекта или явления в цифровом виде для отображения его на ЭК. Среди КО различают *точечные* (point), *линейные* (line), *контурные и площадные* (areal).

**Структура файлов векторных ЭК.** Для векторных карт используются файлы с довольно сложной структурой. Они содержат графические данные основного изображения карты в векторном

формате, названия, характеристики, примечания и другие надписи в текстовом формате, и могут включать поясняющие графические изображения в растровом формате, в таком как **.tif** или **.jpg**.

Чтобы избежать ненужных для судоводителей тонкостей, ниже дается обобщенное и упрощенное описание структуры цифровых данных векторных карт.

Обычно в начале файла векторной ЭК помещаются метаданные. Они содержат общие для карты сведения, описание характеристик, признаков текста, обеспечивающих быстрый поиск нужной информации в файле. В эти сведения входят: географический идентификатор (номер карты), название карты, единицы измерения (координат, высот и глубин), горизонтальный геодезический датум, вертикальные датумы, оригинальный масштаб ЭК, минимальный и максимальный масштабы отображения ЭК, дата издания карты, и др.

В описании характеристик и текста приводятся сведения: о типах данных, о приоритетах их отображения и др.

Содержание ЭК в файле обычно задано в виде совокупности записей переменной длины о картографических объектах.

**Запись КО** в общем случае состоит из четырех основных частей (полей): **I, T, M, S**.

Первое поле отводится идентификатору **I (имени)** объекта, позволяющему однозначно определить объект в составе данных ЭК.

Во втором поле помещается **признак T типа объекта**, который присваивается объекту согласно кодификатору и определяет его условное изображение.

В поле **M (метрика)**, находятся значения координат, характеризующих пространственное положение объекта на земной поверхности.

В четвертом поле содержится семантическая характеристика **S (атрибуты)** объекта. Поле **S** может включать географическое название, дальность видимости и другие характеристики объекта.

**Код типа КО** определяется в соответствии с системой классификации и кодирования картографической информации. Эта система должна удовлетворять трем основным требованиям: иметь иерархическую структуру, использовать картографические символы МГО, обеспечивать возможность добавления новых и изменения старых данных. В соответствии с системой классификации картографические объекты разделяются на подгруппы, группы, классы.

**Метрическое описание** включает в себя совокупность координат, полностью определяющих пространственное положение объекта.

Точечный объект на земной поверхности определяется только одной парой координат.

Линейные и площадные КО задаются количеством координат, соответствующем числу образующих их точек.

В целях экономного использования памяти для хранения данных векторных ЭК применяются дельта-координаты (приращения) относительно юго-западного угла карты. В этом случае метаданные карты содержат координаты ее юго-западного угла.

Следует отметить, что метрика – это только географические координаты объектов, безотносительные к проекции карты. Преобразование координат объектов к выбранной проекции является задачей синтеза карты.

**Поле атрибутов объекта** (S) содержит его характеристики. Одной из основных особенностей векторных карт является снабжение данных о каждом объекте связанной с ним полезной навигационной информацией. Эта информация затем может быть вызвана на отображение или представлена автоматически. Характеристики объектов представляются в памяти в символьном виде. Для буя, например, это его цвет, номер, вид, дата установления, характеристики огня и др.

При синтезе ЭК данные метрики используются для графического изображения объекта. Характеристики объектов непосредственно в формировании изображения не участвуют. Они могут выводиться в виде текста.

**Слои векторной карты.** Все объекты векторной электронной карты распределяются по слоям. Такими слоями, например, могут быть: навигационные средства, глубины, внутренние водные пути, искусственные объекты, качество данных, характеристики и т.д. Разделение нагрузки карты на слои позволяет системе, отображающей ЭК, управлять видимостью этих слоев.

Количество информационных слоев векторной ЭК может быть разным. Рекомендуется образовывать слои карты из классов объектов, а не из отдельных их видов. Возможность отображения только той информации, которая требуется в сложившейся ситуации, является одним из важных достоинств векторных карт.

## **2.7.2. Синтез векторных карт и технологии их производства.**

**Построение векторной карты на экране НИС** выполняется с помощью специальной программы. Изображение карты получается путем трансформации содержащихся в ее файлах цифровых данных объектов в графическое изображение карты. Процедура преобразования цифровых данных карты в ее изображение называется **синтезом векторной ЭК** или **визуализацией ее данных**.

**Синтез электронной карты** включает в себя: вычисление размеров экранной области, формирование запросов к КБД и вывод из нее данных основной карты, определение номеров корректурных документов к основной карте и вывод их из памяти системы, селекцию картографических объектов, преобразование географических координат с учетом проекции карты в экранные координаты, генерализацию, отсечение картографических объектов, формирование дисплейного файла.

Программы, выполняющие задачу синтеза изображения ЭК, называются *визуализаторами данных карт*.

Построение карты производится с помощью точек, прямых линий (векторов), ломаных линий и контуров по координатам точек, представляющих метрику картографических объектов.

**Точечные объекты** обычно изображаются с помощью таблицы и генератора условных знаков.

**Линейные КО** представляются линиями (непрерывными, пунктирными, и др.) соответствующего цвета или в виде цепочки условных знаков вдоль линии (например, границы запретных районов).

**Площадные объекты** могут быть с цветовым заполнением контура и без него. Произвольной формы линии на карте (береговая черта, изобаты и др.) задаются набором точек, между которыми они аппроксимируются отрезками прямых. Шаг дискретизации кривых определяется графической точностью исходного материала и разрешающей способностью дисплея.

Вид векторной карты представлен на рис. 2.6.

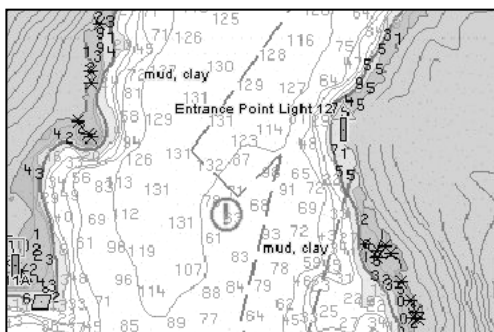


Рис. 2.6. Вид электронной векторной карты.

**Технологии производства векторных карт.** Векторные ЭК до недавнего времени создавались по данным бумажных карт с помощью дигитайзерных технологий. В этих технологиях значительное место занимает ручной труд, что являлось причиной



невысокой скорости производства карт. В результате долгое время не было векторных данных на весь Мировой океан.

В настоящее время векторные карты образуются с помощью более производительных **сканерных технологий**, автоматически выполняющие «векторизацию» бумажных карт и контроль качества получаемых данных. В результате скорость создания векторных карт увеличилась.

Для получения векторных навигационных карт также **могут использоваться данные географических информационных систем (ГИС)**. ГИС - это система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение картографических данных. ГИС содержит сведения об объектах карт в форме их цифровых представлений. По территориальному охвату различают ГИС: глобальные, субконтинентальные, национальные, региональные, локальные или местные.

Векторные карты могут **составляться и непосредственно по результатам геодезических съемок**. В настоящее время съемка местности может выполняться с помощью DGPS, аэро и космической фотометрии районов Земли, вертолетных лазерных измерений и другими способами. Использование результатов современных геодезических съемок для составления ЭК имеет большое значение по следующим причинам:

- Обеспечивается более высокая точность карты, так как исходные данные свободны от погрешностей графического их представления на бумажной карте.
- Электронные карты могут создаваться по результатам новых высокоточных съемок местности, не ожидая, когда будут получены по этим результатам бумажные карты.

Дело в том, что съемка многих районов Земли выполнена давно и ее точность не отвечает современным требованиям. Это обстоятельство снижает эффективность спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС и, соответственно, систем с ЭК. Поэтому в настоящее время производятся обширные работы по уточнению положения картографических объектов в системе WGS84 для многих районов Земли. Программа по определению с высокой точностью позиций КО рассчитана на несколько лет. Результаты ее выполнения могут непосредственно использоваться для создания новых ЭК, а также для улучшения имеемых электронных карт.

### **2.7.3. Официальные векторные карты.**

**Основные особенности.** Официальные векторные карты (ЭНК), представляют собой совокупности цифровых данных, стандартизованные по содержанию, структуре, формату, отображению,

и изданные государственными гидрографическими организациями специально для использования в ЭКДИС.

ЭНК позволяют для различных ситуаций в наглядном виде отображать необходимую картографическую и навигационно-гидрографическую информацию на экране дисплея и выполнять с ней определенные операции для повышения безопасности плавания.

В основу использования ЭНК в судовождении положены следующие правила:

- для ЭНК следует использовать только официальные картографические данные, последнего издания, подготовленные государственными гидрографическими службами;
- точность и полнота ЭНК должны быть не ниже бумажных навигационных карт;
- при разработке ЭНК необходимо учитывать требования МГО;
- координаты объектов ЭНК требуется представлять в системе WGS84;
- содержание и отображение (цвета, символы, характеристики дисплея) ЭНК должны соответствовать публикации S52 Международной гидрографической организации;
- все объекты системной ЭНК требуется распределить по трем категориям ее нагрузки: *базовая, стандартная, полная*;
- данные карты и корректуры к ней должны быть представлены в принятом МГО стандартном векторном формате S57/3.1;
- ЭНК и официальные корректуры следует хранить в памяти системы отдельно в неизменяемом виде;
- государственные гидрографические организации выпускают ЭНК только на свои воды;
- государственные гидрографические службы несут полную ответственность за содержание ЭНК и корректур к ним;
- размножение, регистрация и поставка ЭНК должны соответствовать международным правилам распространения программных продуктов.

ЭНК должна содержать всю информацию официальной бумажной навигационной карты и может, сверх нее, включать дополнительные относящиеся к судовождению сведения.

**Категории нагрузки СЭНК.** Характеризуя категории нагрузки системной ЭНК, необходимо отметить следующее.

***Базовая нагрузка*** – означает уровень информации карты, который не может быть удален с дисплея. Она содержит наиболее важную для безопасного плавания картографическую информацию, которая требуется всегда, во всех географических районах и при любых обстоятельствах.

Базовая нагрузка включает: береговую черту (для полной воды); выбранную капитаном безопасную изобату; в ограниченной безопасной изобатой области отдельные подводные опасности с глубинами, меньшими безопасной; в пределах этой же области

отдельные опасности, такие как мосты, линии электропередач, включая буи и знаки, которые используются или не используются как средства навигации; системы движения; масштаб; вид ориентации карты и режим дисплея; единицы глубин и высот.

**Стандартная нагрузка** – это набор данных, необходимых при навигационной прокладке и планировании пути.

Стандартное содержание карты включает базовую нагрузку, линии осыхания, стационарные и плавучие средства навигации, границы фарватеров, каналов, приметные визуальные и радиолокационные объекты, запретные и ограниченные районы, и некоторые другие сведения.

Стандартная нагрузка должна вызываться для отображения одним действием оператора.

**Полная нагрузка** представляет информацию о всех объектах карты, имеющую в памяти. Отображаемая карта в этом случае содержит стандартную нагрузку и другие картографические данные.

Вся другая информация включает: значения глубин, подводные кабели и трубопроводы, маршруты паромов, элементы всех отдельных опасностей, детали навигационных средств, содержание предупреждений мореплавателям, дату издания ЭК, горизонтальный геодезический датум, ноль глубин, датум высот, географические названия и т.д. Названные компоненты карты могут быть распределены по классам объектов для возможности отображения этих классов в отдельности.

**Вертикальными датумами ЭНК** могут быть нули для глубин и высот, используемые на официальных бумажных навигационных картах.

**Защита официальных векторных карт.** Целью защиты данных электронных карт является:

- Предотвращение неофициального копирования данных ЭНК (пиратского использования),
- Ограничение доступа только к тем картам коллекции, на которые пользователем получено разрешение (селективный доступ);
- Обеспечения гарантии, что данные ЭНК пришли от уполномоченного источника.

Рекомендованные стандарты для защиты информации ЭНК содержатся в публикации МГО: “S63 – IHO Data Protection Scheme”, декабрь 2002 г. Этот документ определяет защитные конструкции и оперативные процедуры, которым необходимо следовать, чтобы гарантировать правильное воплощение предложенной схемы защиты ЭНК в жизнь, а также включает спецификации, позволяющие создавать согласованные системы для работы с данными ЭНК.

**Защита от пиратского использования и селективный доступ** достигаются кодированием информации ЭНК. Согласно стандартам защиты поставщик данных (сервер) предоставляет пользователям данные ЭНК в закодированном виде. ЭКДИС должна их декодировать перед образованием системной карты.

**Подлинность получения данных ЭНК от уполномоченного источника** обеспечивается применением электронной подписи поставщика данных.

Предложенная схема защиты позволяет производить массовое распространение ЭНК на компакт-дисках с идентификационными данными каждого пользователя. Селективный доступ к конкретным ячейкам обеспечивается с помощью специальных ключей, которые устанавливаются для аппаратуры пользователей.

Процедура кодирования должна применяться к «сжатым» файлам ЭНК, чтобы избежать повторения фрагментов информации и уменьшить возможность взламывания кода, примененного к данным ЭНК. Компрессия данных производится сервером перед их кодированием, а декомпрессия выполняется в аппаратуре пользователя после раскодирования полученных данных.

Посылаемые сервером закодированные данные ЭНК на английском языке называются *encrypted ENC data*.

**Состояние коллекции ЭНК.** Пока картами для ЭКДИС все районы Мирового океана не покрыты. Причиной этого являются: довольно позднее принятие формата S57/3 – ноябрь 1996 г., высокие требования к данным ЭНК и сложность их составления, недостаточность ресурсов гидрографических служб многих государств для производства и распространения таких карт.

Данные ЭНК в настоящее время имеются для акваторий европейских стран, а также России, США, Японии, Кореи, Гонконга, Сингапура, Канады, Чили и ряда других государств. Процесс покрытия картами для ЭКДИС всех вод этих стран и процесс организации корректуры этих карт пока полностью не завершены.

В качестве примера можно отметить, что Национальная Администрация океанов и атмосферы США (NOAA) планирует закончить работу по производству карт ЭНК на свои воды в 2005 году. Уже в настоящее время NOAA представила возможность получения своих ЭНК через сеть Интернет бесплатно.

Файлы ЭНК большинства гидрографических служб защищены от копирования и требуют разрешения на использование. Обычно, для этого необходимо указать определенный код при первом инсталлировании карты в ЭКДИС. Некоторые гидрографические службы передают данные ЭНК (ячейки S57) без защиты на копирование. Разрешения на их использование получать не требуется.

#### 2.7.4. Другие виды векторных карт.

Векторные карты выпускаются также частными фирмами и другими организациями.

Крупнейшим производителем векторных электронных карт является фирма «**Транзас Марин**». Коллекцией ее ЭК охвачены все районы Мирового океана. Карты этой фирмы выпускаются, распространяются и используются внутри ЭКС в векторном графическом формате TX-97. Имеются программные средства для конвертации данных из формата S57/3.1 в формат TX-97 и, наоборот, с соблюдением всех требований МГО.

Норвежская фирма «**С-МАР**» разработала коллекцию векторных карт SDK-PRO, покрывающих воды всего Мирового океана. Ячейки карт этой фирмы имеют размер  $4^0 \times 4^0$  по широте и долготе. Данные карт представлены в векторном формате CM-93/3. Этот формат является внутрисистемным и одновременно служит форматом для передачи данных карт. ЭКС фирмы «С-МАР» могут работать с ЭНК и обеспечивают их конвертацию из формата S57/3.1 в формат CM-93/3.

**Картографическое агентство Департамента обороны США (NIMA)** производит цифровые карты DNC – Digital Nautical Chart. Они базируются на содержании традиционных навигационных бумажных карт, выпускаемых NIMA. DNC соответствуют стандартному формату Департамента Обороны - VPF (Vector Product Format), совместимому с принятым НАТО цифровым форматом для карт. Горизонтальным датумом всех карт является WGS84. Используется три вертикальные датума. Высоты объектов отнесены к среднему уровню моря, береговая линия соответствует среднему уровню полных вод. Глубины отсчитываются от уровня малой воды, принятого за ноль глубин на бумажном прототипе электронной карты.

Данные DNC разделены на 12 слоев.

В 1998 году Администрация Военно-морского флота США представила докладную о военно-морской версии ЭКДИС – ECDIS-N. Эта система отвечает стандартам ИМО к ЭКДИС, и удовлетворяет дополнительным требованиям Департамента обороны США. Работу по созданию коллекции карт DNC на весь Мировой океан NIMA планирует закончить в 2004 году.

Бесшовную базу данных векторных карт со сплошным покрытием предоставляет и фирма «**Navionics**» (США). В этой базе картографические данные на все акватории Земного шара хранятся по слоям как логически неразрывные массивы, соответствующие ячейкам  $5^0 \times 5^0$ .

## 2.7.5. Корректурa карт ЭКДИС.

**Общие сведения.** Для поддержания ЭНК на уровне современности предусмотрены операции по их обновлению (корректуре). Как известно, различают корректуры *официальные*, источником которых являются гидрографические службы, и *местные*, поступающие от авторитетных местных служб (береговой охраны, лоцманской службы и т.д.).

**Официальные корректуры** издаются в виде еженедельных выпусков. Они могут быть локальными (для добавления, удаления, замещения КО или их атрибутов) и пространственными (для полной замены одной или нескольких карт). Локальные корректуры делятся на постоянные и временные (с указанием срока действия).

**Местные корректуры** – это извещения для обновления карт, выпускаемые прибрежными местными властями, традиционно с использованием широкоэвещательных каналов. Такие корректуры обычно касаются кратковременных представляющих опасность для судоходства явлений, таких как: временный выход из строя огня, смещение буя со штатного места и т.д. Они должны рассматриваться как временные или предварительные до тех пор, пока не выйдет официальная корректура.

Использование ЭКДИС предполагает наличие средств для корректуры ЭНК. Руководство по средствам и методике корректуры ЭНК представлено в Приложении 1 Публикации МГО S52: Guidance on Updating ENC, Edition 3, Dec. 1996;

При организации корректуры электронных карт, руководствовались следующими положениями:

- обновлению (Update) должна подвергаться системная ЭК, данные основной электронной карты следует сохранять в неизменном виде;
- корректуры должны быть стандартизованы по структуре, системе классификации и кодирования. Формат передачи данных должен соответствовать формату S57/3.1;
- обновление ЭК должно включать использование не только постоянных, временных и предварительных Извещений мореплавателям, но также относящихся к карте навигационных и метеорологических предупреждений Navarea и Navtex;
- текстовую часть корректур ЭК необходимо подготавливать на английском языке;
- вносимая корректура не должна ухудшать электронную карту;
- сведения о внесенной корректуре следует сохранять в памяти системы и отображать по запросу оператора;
- ответственность национальных гидрографических организаций за корректуры ЭК должна быть эквивалентной той ответственности, которую они несут за обновление бумажных карт.

Откорректированные данные представляет системная электронная карта СЭНК, отображаемая на экране дисплея. Для ввода официальных корректур в память ЭКДИС активируется специальная утилита (набор функций). С помощью этой же утилиты *содержание корректурного документа может быть представлено в текстовом виде* для целей ознакомления в случаях необходимости.

Перед отображением СЭНК образуется ее файл, включающий данные ЭНК, относящиеся к ней официальные корректуры и информацию оператора. Данные оператора должны храниться в пользовательском файле, который вызывается из памяти при образовании СЭНК.

**Методы корректуры ЭНК** разделяются на три группы: *ручная, полуполуавтоматическая, автоматическая.*

**Ручное обновление ЭК** выполняет оператор с пульта системы. Корректирующая информация в этом случае может представляться в традиционном для ИМ печатном виде.

Вручную вводятся обычно неофициальные корректуры к ЭНК. Для них в ЭКДИС выделяются специальные *пользовательские слои информации*, которые в виде файлов хранятся в памяти системы. Чтобы не путаться в дальнейшем, оператор должен созданному «пользовательскому» файлу присваивать название, соответствующее содержанию. По желанию судоводителя пользовательский слой может показываться вместе с картой либо не отображаться.

Для облегчения выполнения ручной корректуры ЭКДИС снабжается специальным программным средством – *Редактором пользовательского слоя*. Он позволяет судоводителю самостоятельно создавать картографические объекты и имеет функции для нанесения точечных, линейных, площадных картографических объектов, добавления текста и выполнение операций по корректуре карт. Набор таких операций может включать в себя: перенос КО, редактирование характеристик КО, удаление КО либо его характеристики, включение КО либо его характеристики, переименование объектов, создание текстовых заметок, нанесение линий, секторов и др.

Изображения условных знаков точечных объектов (буев, вех, маяков, и т.д.) хранятся в памяти системы в «библиотеке» символов для ручной корректуры. Для нанесения на карту судоводитель может выбрать любой из этих условных знаков, поместить в требуемом месте и придать им нужную ориентацию, размеры и цвет.

Оператор может заполнять пользовательский слой корректурными объектами на фоне отображаемой карты с помощью курсора, координаты позиции которого показываются на периферии экрана. Координаты нанесенных оператором объектов сохраняются в файле пользовательского слоя.

Кроме создания объектов непосредственно на карте, программа обычно предоставляет возможность цифрового ввода (либо редактирования) координат точечных объектов в таблице, которую можно вызвать на экран.

Пользовательские слои не привязаны к конкретным картам. Создав объекты на фоне одной карты, их можно увидеть и поверх любой другой карты, если координаты элементов пользовательских слоев находятся на ней. Накладывать на карту одновременно можно и несколько слоев оператора.

Пользовательские слои и возможности их редактора применяются также для *подъема электронных карт*. С их помощью можно показать на карте опасные секторы, ограждающие изолинии, выделить приметные объекты, нанести текстовые заметки и т.д.

Следует отметить, что информация файлов пользователя не имеет юридического статуса данных ЭНК и официальных корректур.

При **полуавтоматической корректуре** действия оператора ограничиваются установкой носителя корректурной информации (дискеты, оптического диска) в считывающее устройство. Требуется, чтобы на носителе данные корректур были представлены в формате S57/3.1. Компакт-диск должен содержать имеющую корректуру на все ячейки S57 Мирового океана.

Например, региональный ЭНК координационный центр – PRIMAR, карты и корректуры к ним передает на двух компакт-дисках. На первом носителе расположены ЭНК из информационной базы центра на время, указанное на ярлыке диска. На втором носителе информации находятся корректуры к этим картам. На корректурном диске помещаются также данные новых ЭНК, изданных после выпуска первого диска.

Полуавтоматический способ корректуры ЭК применяется, когда судовой компьютер не имеет адреса электронной почты, или имеет его, но выход на этот адрес затруднен. В такой ситуации используется два пути доставки Извещений мореплавателям.

Согласно первому корректуры в форматированном виде поставляются по почте на дискетах, дисках или других носителях в порты, какие укажет судоводитель. Информация карт и корректур к ним на компакт-дисках и других носителях обычно имеет защиту.

Во втором случае эта информация передается через судового агента в порт. Перед заходом в порт судоводитель формирует запрос на получение Извещений мореплавателям и записывает его на дискету. С приходом в порт эта дискета передается судовому агенту. Судовой агент со своего офисного компьютера отправляет полученный запрос, используя электронную почту. Обычно время обработки запроса организацией, поставляющей электронные Извещения, не превышает



трех часов. Получив ответ, агент записывает его на дискету либо на другой носитель и передает на судно. На судне корректурная информация с дискеты загружается в базу данных системы с ЭНК.

**Автоматическая корректура** ЭНК осуществляется по каналам мобильной или спутниковой связи. Для ее доставки обычно используется электронная почта всемирной компьютерной сети Интернет. Передаваемая корректурная информация должна быть в формате, соответствующем формату S57/3.1.

Автоматическая корректура является наиболее целесообразным способом обновления ЭК. В этом случае пользователь должен быть подключен к электронной почте и оборудован современными средствами телекоммуникации: спутниковой или мобильной связью. Гидрографической или другой уполномоченной организацией корректурная информация в форматированном виде направляется по электронному адресу судна. Получение и регистрация корректур происходит автоматически после проверки содержимого почтового ящика.

При подключении берегового телефона на судне, стоящего у причала в порту, появляется возможность доставки корректурной информации через E-mail по телефонной линии.

При вводе корректур в ЭКДИС применяются методы защиты и контроля целостности получаемых данных. Принимаемая корректурная информация регистрируется и по требованию может предоставляться оператору. Система следит за последовательностью принимаемых корректурных документов и сообщает оператору, когда очередное извещение пропускается.

ЭКДИС должна отвергать корректуры, если они выпущены организацией, не уполномоченной передавать информацию о ячейке S57 земной поверхности, к которой относятся корректуры.

Обычно гидрографическая организация, поставляющая электронные Извещения мореплавателям по электронной почте, предоставляет два вида обслуживания пользователей.

Первый вид услуг – **регулярная доставка еженедельных выпусков**. Судоводитель должен подписаться на предоставление ему такой услуги. После этого гидрографическая организация регулярно по электронному адресу судна будет пересылать форматированные извещения мореплавателям.

Второй вид услуг – это **отсылка корректурной информации по запросам клиентов**. Возможны случаи, когда по той или иной причине еженедельный выпуск извещений не доходит до потребителя и требуется его повторная отправка. Кроме этого, может быть ситуация, что пользователь не подписался на еженедельные выпуски ИМ, но желает получить некоторые из них или только часть еженедельного

выпуска ИМ, относящуюся к району его плавания. Для таких ситуаций предусматривается доставка корректурной информации по запросам клиентов. Отсылаемые форматированные сообщения автоматически загружаются в память системы.

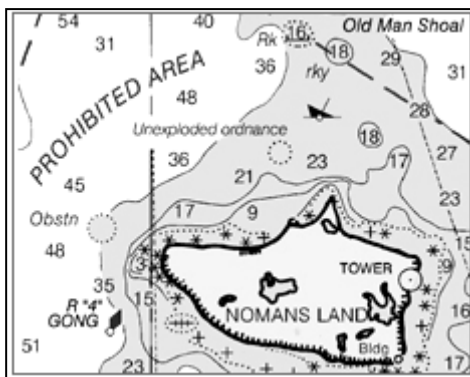
## **2.8. Особенности растровых электронных карт.**

### **2.8.1. Основные сведения о растровых картах.**

**Общие понятия.** Изображение растровой карты представляется в памяти миллионами точек (пикселей). Каждый пиксель является мельчайшей компонентой изображения карты с определенным цветом и уровнем яркости. При таком представлении карты сведений об отдельных картографических объектах в памяти нет.

Все данные растровой карты содержатся в одном слое. Как и на бумажной карте, содержание ее электронной копии – растровой карты, не может быть изменено с целью приспособления к условиям и к обстоятельствам плавания.

В памяти при растровом хранении изображений представлены данные обо всех точках поверхности карты, что изначально определяет большой объем ее файла.



**Рис. 2.7. Вид электронной растровой карты.**

Построение растровой карты является простым воспроизведением на экране дисплея хранимой в памяти информации о точках карты. Вид растровой карты показан на рис. 2.7.

Хотя растровая карта и является точной копией бумажной, она имеет и отличия от нее. Цвет и уровень яркости пикселей может быть изменен при выводе данных растровой карты на экран. В результате

растровые карты могут отображаться разными палитрами цветов. Это позволяет приспособить растровую карту к уровню освещенности.

На судах применяются как официальные (РНК), так и неофициальные (РК), растровые карты. Неофициальные растровые карты, например, имеются для европейского побережья и вод Южной Америки. Их производят фирмы, занимающиеся изготовлением электронных карт, и некоторые производители ЭКС. Напомним, что системы с официальными растровыми картами обозначаются РКДС, а с неофициальными – РКС.

Ввиду большого объема, занимаемого растровыми картами, в настоящее время на твердый диск в системе обычно помещаются карты на районы планируемого рейса, а остальные карты хранятся на компакт-дисках.

Официальные и неофициальные растровые карты изготавливаются в разных графических форматах. Форматами официальных РНК карт, например, являются:

- ARCS (Британское Адмиралтейство);
- Seafarer (Австралия);
- BSB (США - NOAA/Maptech, Канада – государственная ГО).

#### **Понятие о технологии производства растровых карт.**

Производство растровых карт проще, чем векторных карт. Исходной для образования файлов карт в растровых форматах служит информация официальных бумажных карт. Растровые карты получают сканированием цветного изображения бумажных карт с добавлением основы для отсчета координат. Последняя операция представляет по существу привязку пикселей к географическим координатам. Основа карты может наноситься вручную либо рассчитываться на компьютере. Полученная растровая карта является точной электронной копией (факсимиле) бумажной карты.

Благодаря наличию основы, на растровой карте может выполняться планирование пути с расчетом необходимых элементов, ведение исполнительной прокладки и получение географических координат любой точки на карте.

Сканирование бумажной карты выполняется с высоким разрешением, например, один из стандартов для РНК – 254 пиксела на дюйм.

Растровая карта наследует датымы бумажной карты.

Как и для ЭНК, при отображении РНК в различных условиях освещенности могут использоваться различные палитры цветов (ясный день, пасмурный день, сумерки, ночь). С этой целью при отображении карты по определенному правилу преобразуется числовая характеристика пикселей, которая описывает их цвет и яркость.

Сканерная технология получения растровых карт является высокопроизводительной, так как практически не включает ручного труда.

Трудности производства векторных ЭК на начальном этапе развития электронных карт с одной стороны, и желание уже в то время использовать преимущества ЭК с другой, обусловили работы по более легкому *растровому направлению* создания ЭК. Британское Гидрографическое управление стало первой в мире государственной организацией, которая с 1993 г. стала создавать официальные растровые карты и снабжать ими морские суда. С весны 1994 г. оно ввело в свой состав новую службу – ARCS (Admiralty Raster Chart Service – Обслуживание адмиралтейскими растровыми картами). Разработанный для адмиралтейских карт растровый формат получил сокращенное название – ARCS.

Практически все бумажные навигационные карты Британского адмиралтейства представлены в электронном растровом виде и доступны пользователям. Они помещены на 11 компакт дисках, каждый из которых содержит приблизительно 350 навигационных карт. Доступ к картам контролируется лицензионным соглашением, заключаемым между судном и гидрографической организацией. Может быть такая ситуация, когда на судне имеется компакт-диск с растровыми картами, но доступны для использования не все карты.

Официальные растровые карты выпускаются и гидрографической службой США (NOAA). Графический формат для растровых карт этой службы получил сокращенное название BSB.

Работая с неофициальными растровыми картами, необходимо учитывать, что не все они имеют поправки для приведения к WGS84. Поэтому *следует быть особо внимательным, используя GPS для определений позиции судна на растровых картах.*

## **2.8.2. Официальные растровые карты для ЭКДИС.**

**Основные сведения.** Ввиду того, что картами для ЭКДИС не покрыты все районы плавания, на 44 сессии ИМО в 1998 г. субкомитет по безопасности навигации своей Резолюцией MSC.86 (70) дал согласие на внесение в Требования к ЭКДИС добавочного приложения 7 по растровым картам. Эта резолюция разрешает работу ЭКДИС в двух режимах: ЭКДИС и РКДС (*с официальными растровыми картами*). Режим растровых карт предписано использовать только в районах, на которые нет официальных векторных карт – ЭНК. В режиме с растровыми картами ЭКДИС должна работать с соответствующим комплектом бумажных откорректированных карт.

Ключевым элементом РКДС являются официальные растровые навигационные карты. Они должны соответствовать Стандартам МГО, которые представлены в специальной публикации этой организации: S61 - Product specification for raster navigational charts, 1999.

Растровая навигационная карта – это точно отражающие официальную бумажную карту цифровые данные, которые создаются (или распространяются) государственными гидрографическими организациями.

Информацию РНК разделяют на два вида:

- само графическое изображения карты;
- основные характеристики карты и относящиеся ко всей карте надписи, помещенные на поле карты либо за рамкой и представленные в виде текста и таблиц с текстом.

Для хранения РНК используется либо комбинированный формат, или ее данные распределяются между двумя файлами, в одном из которых изображение карты представлено в растровом формате, а в другом находятся относящиеся ко всей карте текстовые данные (надписи, таблицы) в символьном формате.

**Изображение РНК.** Разрешающая способность цифрового изображения РНК (количество точек на дюйм) и любой метод, используемый для сжатия данных РНК или оперирования с ними, должны быть такими, чтобы обеспечивалось четкое отображение всей информации, которая находилась на исходной бумажной карте.

Как представлять изображение карты и ее метаданные (в одном или в нескольких файлах) решает самостоятельно каждая национальная гидрографическая организация, выпускающая РНК.

Вид растрового формата, в котором хранится изображение карты в файле, также определяется каждой национальной гидрографической организацией.

Точность цифровых данных РНК должна позволять показывать место судна на экране с точностью, по крайней мере, не худшей, чем при отметке его вручную на бумажной карте.

**Метаданные.** Цифровой формат для хранения метаданных РНК определяется национальными гидрографическими организациями, издающими РНК.

Текстовые метаданные предписано вставлять во все РНК. Если изображение карты включает врезки, т.е. содержит изображения нескольких районов, то метаданными дополняется каждая такая врезка.

Любая РНК должна содержать следующие метаданные:

- Идентификатор агентства, выпускающего карту;
- Номер РНК;
- Номер исходной бумажной карты, если он отличен от номера РНК;
- Дату издания РНК;

- Дату последней корректуры или номер учетного последнего Извещения мореплавателям;
- Предыдущие корректуры или номера Извещений мореплавателям;
- Масштаб карты;
- Вид ориентации карты;
- Тип проекции и соответствующие ей параметры;
- Горизонтальный датум;
- Величину смещения горизонтального датума по отношению к WGS84 или ПЗ90, если датум карты не совпадает с ними;
- Вертикальные датумы;
- Единицы измерения высот и глубин;
- Разрешающую способность изображения в пикселях на миллиметр или в пикселях на дюйм;
- Механизм, такой как параметры и алгоритм, позволяющий географические координаты конвертировать в РНК (пиксельные) координаты и наоборот;
- Палитры цветов для дня, сумерек и ночи;

Для дневной палитры растровых карт необходимо использовать такие же цвета, как и на исходной бумажной карте.

Цвета отображаемой официальной растровой карты для сумерек и ночного времени должны быть настолько, насколько возможно, близки к цветам ЭНК.

Официальные растровые карты обязательно дополняются поправками для приведения спутниковых определений к датуму карты.

Кроме перечисленной выше, любая другая относящаяся ко всей карте информация (заметки, диаграммы, таблицы, включая сведения о качестве карты), представляющая интерес для мореплавания, также должна быть записана в текстовом формате. Эти метаданные должны отображаться четко, просто и быстро даже в тех случаях, когда место на бумажной карте, где расположены эти данные, не находится на отображаемой части электронной карты.

Современные технологии позволяют наложить на растровые карты радиолокационное изображение. Эта возможность реализована в современных РКДС.

Наличие в РНК сведений о горизонтальном датуме позволяет системе сигнализировать о его расхождении с датумом GPS или другой позиционной системы. При неизвестном датуме карты смещение ее координатной системы по отношению к WGS84 можно учесть в РКДС путем привязки места судна к положению пикселей РНК.

### **2.8.3. Принцип корректуры растровых карт.**

**Общие понятия о корректуре РК.** Для обновления содержания растровых карт применяются, так называемые «технологии заплаток». До недавнего времени использовался только полуавтоматический способ корректуры, характеризуемый вводом данных с дискет или

компакт-дисков. На современном этапе реализуется и автоматический способ обновления растровых карт через спутниковые каналы связи.

Принцип «технологии заплаток» заключается в следующем. Нахождение матрицы пикселей изображения РНК в электронной памяти позволяет на выбранные места карты помещать новую информацию. Ежедневное извещение мореплавателям кодируется так, чтобы покрывать в местах корректировки изображение карты растровыми пятнышками (заплатками) определенного размера. Например, Британской гидрографической службой используется размер корректирующего пятна в один квадратный дюйм. На этих пятнышках и помещается корректирующая информация. При отображении карты она заменяет в месте корректировки данные основной карты.

Корректировка с помощью «заплаток» может иметь несколько вариантов. Выделяют «статическую» и «динамическую» корректировку.

**При статическом обновлении** данными с корректирующего компакт-диска изменяется содержание всех файлов растровых карт, находящихся на жестком диске.

**При динамической корректировке** первоначальное содержание файлов растровых карт на жестком диске не изменяется. Эти файлы и файлы корректировок хранятся отдельно друг от друга в неизменном виде. Внесение корректировки осуществляется только при отображении карты на дисплее.

Для обновления растровых карт Британского адмиралтейства используется полуавтоматическая динамическая корректировка. Ежедневные извещения мореплавателям для всей коллекции карт помещаются на диске CD-ROM. Корректирующие компакт-диски распространяются через агентов.

**Корректировка официальных РНК.** Касаясь корректировок официальных растровых карт, необходимо отметить следующее.

Кроме «заплаток» к карте, представляющих изображение малого обновленного участка карты, корректировки к РНК должны включать метаданные, содержащие ряд сведений по корректировке.

Если изображение карты имеет врезки, т.е. состоит из нескольких районов, то необходимы текстовые данные, определяющие, к главному изображению, либо к какой врезке, относятся корректировки.

В корректирующую информацию РНК должны быть включены и следующие метаданные:

- Идентификационный номер агентства, издавшего корректировку;
- Номер корректировки;
- Дата корректировки;
- РНК, к которым должны быть применены корректировки;
- Дата выпуска карты, к которой относится корректировка;
- Любые изменения в метаданных РНК;

- Достаточная информация, обеспечивающая возможность автоматического обновления РНК и отображения откорректированной карты.

#### 2.8.4. Достоинства и ограничения растровых карт.

**Преимущества растровых карт** заключаются в следующем:

- легкость изготовления;
- простота визуализации;
- покрытие всех вод Мирового океана;
- соответствие изображения виду бумажной карты, что уменьшает вероятность ошибок интерпретации данных.

Благодаря легкости изготовления растровых карт РКДС получили широкое распространение в мире. В одних США находится в эксплуатации свыше 6000 таких систем.

Осваивать растровые карты также проще, так как они полностью дублируют хорошо знакомые судоводителям бумажные карты.

**Недостатки растровых карт.** Основным недостатком представления навигационных карт в растровых форматах является отсутствие в памяти информации о картографических объектах. Из-за этого даже современные системы с официальными растровыми картами (РКДС) не могут сравниться с ЭКДИС.

Поскольку режим РКДС не имеет полных функциональных возможностей ЭКДИС, ИМО выпустило специальный циркуляр SN/Circ.207. – Differences between RCDS and ECDIS. – 7, Jun, 1999, объясняющий различия между ЭКДИС и РКДС режимами. В этом циркуляре ИМО обращает внимание судоводителей на следующие ограничения РКДС.

Растровые системы **не дают возможности организовать автоматическую сигнализацию об опасных ситуациях по данным карты**. Определенные сигналы об опасностях могут генерироваться РКДС *по введенной пользователем информации*, например:

- об отклонении от маршрута на величину, превышающую заданную;
- о приближении к введенной оператором линии опасной изобаты и к отдельным отмеченным маркерами опасностям;
- о пересечении районов со специальными условиями плавания, если предварительно нанесены их границы или в памяти системы имеется базы данных этих районов.

Так как растровые карты создавались по бумажным картам с разными системами отсчета координат, то их горизонтальные датумы отличаются. **Данные растровых карт не могут быть пересчитаны на другой датум**. На это следует обращать внимание при использовании РНС и СНС, работающих в геодезической системе, отличной от карты. Несоответствие датумов выражается в смещении позиции судна. На растровой карте эта разница наиболее заметна при пересечении символом судна сетки карты.



**Нагрузка растровой карты не может быть упрощена** или убрана с целью ее приспособления к навигационным обстоятельствам или к решаемой задаче. Вся информация растровой карты находится в одном слое. При отображении карты нет возможности ее изменить.

РНК может отображаться в оригинальном масштабе и в других масштабах, при этом все элементы карты, включая надписи, изменяются пропорционально изменению масштаба. В результате, **чрезмерное увеличение или уменьшение масштаба может серьезно ухудшить разборчивость изображения.**

Без выбора различных по масштабу карт, **возможность просмотра районов по пути следования может быть ограничена.** Это приводит к неудобствам при определении дистанций, пеленгов и при идентификации отдаленных объектов.

При изменении ориентации растровой карты на дисплее происходит поворот всех приведенных на ней надписей и символов. В результате, **ориентировка РНК иначе, чем «по норду», ухудшает разбор текста и символов на карте.**

Применение РНК сопровождается **затруднениями в получении дополнительной информации.** На растровой карте невозможно использовать отличительные особенности нагрузки карты для организации получения дополнительной информации о картографических объектах путем наведения на них курсора.

**Невозможно автоматически выделить безопасную изобату** судна или безопасные глубины и показать их на экране, если только не отметить их вручную при планировании пути.

К этому также можно добавить следующее. По объему файл растровой карты значительно больше файла векторной карты, содержащего данные одного с растровой картой района.

Системы с растровыми картами рассматриваются ИМО как промежуточные, способные восполнить потребность судоводителей в ЭК на этапе, пока работы по созданию полной коллекции карт для ЭКДИС и снабжению ими судов не будут полностью завершены.

## **2.9. Электронные каталоги карт и книг.**

В памяти *НИС* может находиться несколько коллекций электронных карт:

- официальные векторные карты – ЭНК;
- электронные карты фирмы «Транзас»;
- ЭК фирмы «С-Мар»;
- официальные растровые карты той или иной гидрографической службы;
- и другие.

Обычно каждая картографическая база включает файл с перечнем карт этой коллекции и файл со списком имеемых на судне ее данных. Принятая для той или иной коллекции система обозначения карт называется их **номенклатурой**.

Дополнительно для упрощения судоводителям работы с картографическими базами *НИС* разработаны специальные программы – **Электронные каталоги карт** или **Электронные каталоги карт и книг**. В качестве примера таких средств можно привести программные продукты фирм «Транзас» и «Моринтех».

Следует отметить, что имеются также программы для облегчения подбора, учета и выполнения других задач с бумажными картами.

**Назначение электронных каталогов.** Электронные каталоги карт и книг служат для облегчения ориентирования в данных картографических баз, упрощения подбора и просмотра карт и пособий, формирования пользовательских списков для различных целей, возможности заказа и получения материалов через глобальную сеть Интернет.

**Организация пользовательского интерфейса.** Методы организации оперирования с картографическими данными и формы их отображения в образцах *Электронных каталогов*, разработанных разными фирмами, имеют определенные отличия. Ниже освещается лишь один из вариантов пользовательского интерфейса этих программ. Средства взаимодействия с оператором конкретных электронных каталогов могут не совпадать с этим вариантом в тех или в других деталях.

В электронном каталоге для работы с данными обычно используется форма, включающая два окна, образованных делением экрана вертикальной линией. Размеры окон можно менять, сдвигая разделяющую их линию вправо или влево.

**Левое окно** обычно предназначается для отображения «дерева» тех или иных категорий данных и работы с ним.

В **правом окне** помещается пространственная информация, отображающая на фоне карты-схемы нарезку и номера карт или пособий в том или в другом районе. Иначе говоря, в правом окне показывается *сборный лист* любого вырезаемого на земной поверхности района. Этот сборный лист характеризует место, нарезку и номенклатуру карт (пособий) в выбранном районе.

**Левое окно.** В этом окне имеются закладки для выбора категорий данных. Ими могут быть:

- Карты;
- Книги;
- Промерные планшеты;
- Пользовательские списки;

- И другие категории.

Для примера на рис. 2.8 показаны закладки, для подключения трех категорий данных.

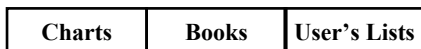


Рис. 2.8. Категории данных.

После запуска программы в левом окне экрана показывается главное дерево каталогов (названий картографических баз).

Главное дерево каталогов, например, может содержать следующие ветви:

- Бумажные карты;
- База данных ЭНК;
- База данных «Транзаса»;
- База данных «С-Мар»;
- База данных растровых карт ARCS;
- И другие.

Один из вариантов этого дерева представлен на рис. 2.9.

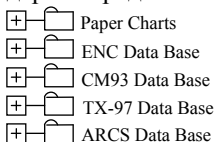


Рис. 2.9. «Дерево» коллекций карт.

Охарактеризуем принцип использования каталога для работы с картами.

При выделении на дереве каталогов названия конкретной базы данных раскрывается список ее подкаталогов. Например (рис. 2.10), при выделении базы ЭНК, появляются две поддиректории: Крупных регионов (Extra Large Regions) и Стран (Countries).

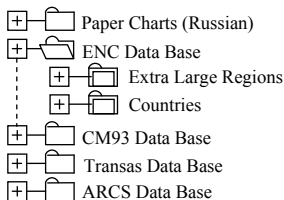


Рис. 2.10. Пример выделения директории.

Поддиректория «Extra Large Regions» содержит перечень пятидесяти крупных регионов Земного шара, по которым сгруппированы карты. Такими регионами, например, могут быть:

- Северная Европа;

- Средиземное море;
- Берег западной и южной Африки;
- Арктическое побережье.
- Западная часть Индийского океана;
- Побережье Китая, Кореи и Японии;
- Индонезия, Австралия, Новая Зеландия и Океания;
- Берег Северной и Центральной Америки;
- Побережье Южной Америки.

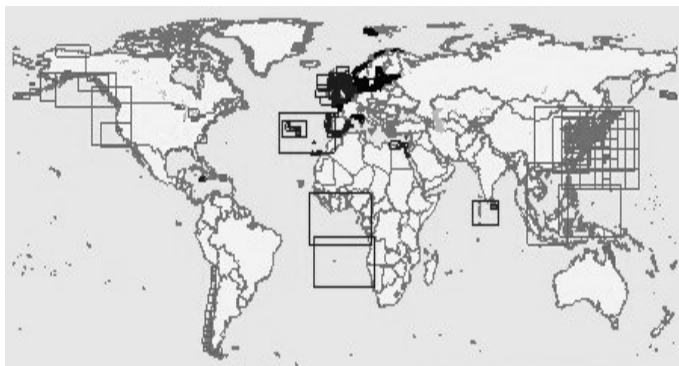
Поддиректория «Countries» включает список стран, на побережья которых имеются карты.

Названные поддиректории могут включать в себя и более мелкие.

**Правое окно.** В правом окне могут отображаться:

- нарезка карт (пособий) на карте-схеме выбранного участка;
- содержание пользовательских списков в форме текста либо в графическом виде на фоне карты-схемы;
- выбранные электронные карты.

При работе с картами в правом окне показывается карта-схема выбранного района с контурами («бланками») карт. Если позволяют размеры, то в углу «бланка» приводится номер карты.



**Рис. 2.11.** «Бланки» ЭНК на карте-схеме мира.

Когда в левом окне с помощью дерева каталогов выбирается та или иная коллекция карт, то в правом окне обычно появляется изображение карты мира с контурами карт выбранной коллекции. В качестве примера на рис. 2.11 приведена карта мира с нарезкой официальных векторных карт ЭНК.

При подключении поддиректории конкретной страны, в правом окне отображаются контуры карт для ее побережья. В качестве примера на рис. 2.12 приведена нарезка ЭНК США.

С помощью курсора на карте-схеме может быть выделена любая область и представлена в увеличенном виде в соответствии с размерами правого окна. При этом «бланки» карт на схеме выделенной области становятся крупнее. Увеличение можно сделать таким, чтобы были четко видны «бланки» с номерами карт самого крупного масштаба.

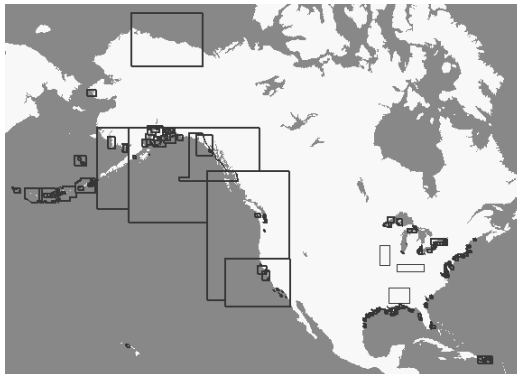


Рис. 2.12. Контуры официальных векторных карт США.

На рис. 2.13 показан пример отображения бланков электронных карт фирмы «Транзас» для вырезанного оператором на карте мира района (Черное море).

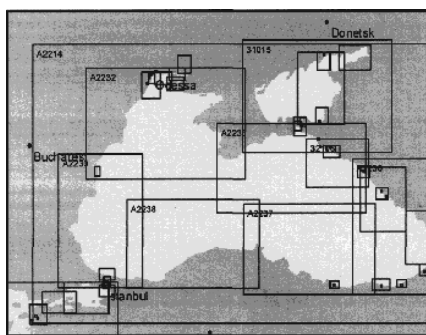


Рис. 2.13. Контуры ЭК фирмы Транзас на схеме района, вырезанного оператором.

С помощью курсора и манипулятора при подключении соответствующей функции любую карту можно вызвать на отображение для просмотра или для ведения на ней исполнительной прокладки.

Программа позволяет открыть дополнительное окно со списком названий и основных данных карт, «бланки» которых отображены на экране.

**Другие возможности.** Программные средства электронного каталога позволяют отпечатать схему нарезки карт, отображенную в правом окне, и список попавших на эту схему карт.

Имеется возможность производить *поиск записей карт по различным признакам*: по номеру, по масштабу, по координатам точки, по маршруту, по атрибутам и т.д. Результаты поиска могут отображаться в правом окне в виде списка, либо «бланками» на фоне карты-схемы.

С помощью электронного каталога можно составлять и хранить в памяти *пользовательские списки*: имеемых на судне карт определенной коллекции; карт и пособий для конкретных переходов, перечни заказываемых новых карт и т.д. Пользовательские списки могут включать записи о картах разных баз данных.

Названия пользовательских списков могут показываться в левом окне экрана в виде дерева. Любой из них можно сделать активным и представить его записи в правом окне в текстовом виде либо отобразить «бланками» карт на фоне карты-схемы.

## **2.10. Распространение ЭК и корректур к ним.**

Ответственность за распространение официальных электронных карт и корректур к ним возложена на государственные гидрографические службы.

Для решения вопросов, связанных с административными, техническими, финансовыми и юридическими аспектами распространения и корректуры ЭНК, в 1992 г. ИМО сформировала Комитет по созданию Мировой коллекции данных навигационных карт (WEND - Worldwide Electronic Navigational Chart Database). Названный комитет разработал основные принципы и концептуальную модель сбора, производства и распространения ЭНК. Эта модель предусматривает создание по всему миру Региональных координационных центров ЭНК (RENC – Regional ENC Coordinating Center), которые должны нести ответственность за сбор данных для ЭНК от национальных ГО, интегрирования этих данных, а также распространение ЭНК и корректур к ним. Согласно разработанной концепции мореплаватели должны были иметь возможность получать ЭНК и корректуры к ним в любом месте земного шара через сеть, связанную со всеми Региональными центрами. Однако воплощение этой модели в жизнь затянулось, так как многие государственные

гидрографические службы из-за слабости своих ресурсов оказались не в состоянии выполнять предусмотренную комитетом WEND работу.

По линии WEND был создан (в период до 2004 г.) только один региональный центр - International Center for Electronic Navigational Charts (IC-ENC). Он представляет собой кооперативное предприятие Гидрографических служб для ускорения распространения официальных векторных карт. На конец 2003 года его база данных включала ЭНК Англии, Бельгии, Германии, Голландии, Египта, Индии, Испании, Португалии, Шри-Ланки, Южной Африки.

С апреля 2002 года в Европе при Норвежской гидрографической службе работает другой центр сотрудничества государственных ГО по распространению ЭНК - «Primar Stavanger». На момент написания книги он имел официальную базу ЭНК, изготавливаемых в девяти странах Европы: Дании, Латвии, Норвегии, Польше, России, Финляндии, Франции, Швеции, Эстонии. Эта база содержит более 400 файлов карт, выпускаемых в России для Балтийского, Баренцева, Черного морей.

Обратиться в центры «Primar Stavanger» и «IC-ENC» можно через их вебсайты: **www.primar-stavanger.org** и **www.ic-enc.org**. Карты, хранящиеся в базах данных этих центров, можно получить и через уполномоченных дистрибьюторов гидрографических организаций ряда европейских стран.

Ввиду того, что сеть распространения ЭК через региональные центры пока не создана, их поставку выполняют сами гидрографические службы, напрямую либо через своих дистрибьюторов. Способы распространения данных ЭК у разных Государственных ГО отличаются и зависят от политики индивидуальных ГО в отношении электронных карт.

Официальные векторные карты для своих прибрежных вод издаются Главным управлением навигации и океанографии Министерства обороны России (ГУНиО МО). Распространение этих карт и корректур к ним проводит информационный провайдер ГУНиО фирма *Моринтех* через сеть Интернет (сайт – **www.dkart.ru**) и электронную почту (адрес – **ntm@morintech.spb.su**).

Официальные навигационные электронные карты для ЭКДИС на воды Украины (Черное и Азовское моря) можно приобрести в организации “Укрморкартография”, e-mail: **ukrmaps@i.kiev.ua**.

Из крупных поставщиков официальных электронных навигационных карт в растровых форматах можно назвать:

- Британское адмиралтейство;
- Гидрографическую службу США (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA);
- Гидрографическую службу Канады;

- Гидрографическую службу Австралии.

Все эти гидрографические службы выпускают и поставляют также официальные векторные карты ЭНК своих побережий.

Британское Адмиралтейство имеет коллекцию растровых карт для всего Мирового океана (свыше 3800 карт), а также выпускает на свои воды ЭНК. Программа по образованию ЭНК находится в стадии выполнения. Она включает создание ЭНК основных портов Англии и подходов к ним, карт Английского канала и части Северного моря, а также, в соответствии с имеемым двухсторонним соглашением с Египтом, карт Суэцкого канала и соответствующих частей Средиземного и Красного морей. Британская гидрографическая организация распространяет электронные карты через сеть своих дистрибьюторов, перечень и адреса которых можно найти на сайте: **www.ukho.gov.uk**.

Американская гидрографическая организация NOAA на воды США выпустила порядка 200 официальных векторных карт. В 1994 году этой организацией с официальных бумажных карт были отсканированы 1000 растровых карт, которые покрывают все прибрежные воды США. Карты NOAA распространяются бесплатно через вебсайт ее Береговой службы (**nauticalcharts.noaa.gov** или **chartmaker.ncd.noaa.gov**).

Другая служба США, американское военное картографическое агентство NIMA, выпускает электронные карты на весь Мировой океан для нужд Департамента обороны в векторном формате VPF. Она планирует закончить создание полного комплекта таких карт в 2004 г.

Сведения об электронных картах, издаваемых Гидрографической службой Канады (CHS) можно найти на сайте: **www.digitalocean.ca**.

Растровые и векторные карты, выпускаемые Гидрографической службой Австралии (AHS), и корректуры к ним, могут быть получены через сеть ее поставщиков (Seafarer Product Distributors), список которых можно найти на вебсайте AHS: **www.hydro.gov.au**. Если необходимо, корректурная информация поставляется также на компакт-дисках.

На сайте **www.jha.or/kaizu/u\_o.htm** Гидрографической ассоциации Японии, поставщике ЭНК, можно найти информацию об официальных японских электронных картах, публикуемых Береговой охраной этой страны (Jahan Coast Guard).

Сингапурские ЭНК можно заказать через электронную почту по адресу – **jamie@mpa.gov.sg**.

Адреса других государственных гидрографических организаций, поставляющих электронные карты, при необходимости, легко можно найти по их названию в сети Интернет.



Кроме поставок напрямую от государственных гидрографических организаций, ЭНК могут распространяться и через других многочисленных дистрибьюторов и сервисных провайдеров. Так, например, карты для ЭКДИС можно приобрести через фирму «Softchart International» ([www.softcharts.com](http://www.softcharts.com)), которая продает карты побережий Греции, Корсики, Туниса, Алжира, Марокко, Средиземноморского побережья Франции и др. Другим официально уполномоченным поставщиком является фирма “PC Maritime Ltd.” ([www.pcmaritime.co.uk](http://www.pcmaritime.co.uk)). Покупку ЭК через эту фирму можно произвести по электронной почте: [commercial.sales@pcmairitime.co.uk](mailto:commercial.sales@pcmairitime.co.uk).

Из частных организаций крупнейшими производителями и поставщиками электронных морских навигационных карт являются фирмы «Транзас» и «С-МАР».

Коллекция фирмы «Транзас» насчитывает более 7500 карт в векторном формате TX-97. По своему качеству эти ЭК не уступают официальным электронным картам для ЭКДИС. На судах, имеющих навигационно-информационные системы, которые работают с картами фирмы «Транзас», новые карты и корректуры к ЭК могут получаться с использованием сети «Интернет» через вебсайт [www.transas.com](http://www.transas.com). Корректуры через Интернет для полной коллекции карт Транзаса передаются каждые две недели. Обновление карт может выполняться также с помощью компакт-дисков с корректурой, которые каждые три месяца выпускаются Транзасом для всей коллекции карт. Кроме этого, на гибких дисках эта фирма поставяет двухнедельные корректуры. Фирма «Транзас» является также распространителем электронных карт ряда Гидрографических организаций.

Фирма «С-МАР» выпустила пакет векторных карт SDK-PRO на весь Мировой океан в формате CM-93/3. Глобальное покрытие этими картами поверхности Земли разделено на 9 непересекающихся зон:

1. Северная Европа;
2. Средиземное море;
3. Берег западной и южной Африки;
4. Арктическое побережье Европы и Азии, Охотское море и Камчатка;
5. Западная часть Индийского океана, Суэцкий канал, Красное море, Аравийское море и залив;
6. Побережье Китая, Кореи и Японии;
7. Индонезия, Австралия, Новая Зеландия и Океания;
8. Берег Северной и Центральной Америки, Мексиканский залив и Карибское море;
9. Побережье Южной Америки.

Поставку карт фирма «С-МАР» производит через свои отделения во многих странах, например, в Норвегии (вебсайт: [www.c-map.no](http://www.c-map.no), электронная почта – [market@c-map.no](mailto:market@c-map.no)). Эта фирма является также

официальным распространителем электронных карт и корректур к ним многих Государственных ГО.

Официальные векторные карты в формате обмена S57/3.1 конвертируются в форматы TX-97 и CM93/3, используемых фирмами «Транзас» и «С-МАР» в качестве внутренних СЭНК-форматов для выпускаемых ими систем.

Предписанным форматом для передачи пользователям данных ЭНК является S57/3.1. Все ЭКДИС должны принимать данные в этом формате и конвертировать их во внутрисистемный формат.

Как дополнительный вариант, официальные векторные электронные карты могут поставляться в форматах СЭНК. Такое решение было принято на 16-ой Международной гидрографической конференции (Монако, апрель 2002 г.) и внесено в качестве дополнения в параграф 3.3 Стандарта S52 МГО. В настоящее время ряд поставщиков ЭК распространяют официальные векторные карты как в формате обмена МГО (S57/3.1), так и в форматах СЭНК, используемых в аппаратуре покупателей. В последнем случае не требуется при вводе данных ЭНК в ЭКДИС конвертировать их из формата обмена во внутренний формат системы.

Кроме того, необходимо упомянуть, что на компакт-дисках данные официальных векторных электронных карт поставляются в незакодированном (S57) и в закодированном (S63) виде.

## 3. Информационное обеспечение *НИС*.

### 3.1. 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 информационной 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 информации 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.

### **3.2. 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.

### **3.3. Статические базы данных.**

**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 превалирующих, 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.

### **3.4. Динамические базы данных.**

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.

### **3.5. Базы знаний.**

В связи с планами превращения *НИС* в мощные системы информационной поддержки принятия решений, проводятся работы по дополнению *НИС* экспертными системами. Они позволят *НИС* стать консультантами вахтенного помощника в вопросах судовождения. Основой такой экспертной системы является база знаний, которая пополнит состав информационного обеспечения *НИС*.

**База знаний** (БЗ) – это совокупность фактов, зависимостей и правил в некоторой предметной области, на основе которых можно производить рассуждения. Обычно БЗ представляет собой набор элементов, формализующих опыт специалистов в конкретной предметной области, и позволяющих давать на вопросы о ней ответы, которые в явном виде не содержатся в БЗ.

Разрабатываемые для *НИС* базы знаний предназначаются для распознавания ситуаций, выработки рекомендаций, касающихся действий судоводителя в особых и экстремальных ситуациях. В базу знаний войдет информация, содержащаяся в официальных правилах, инструкциях, наставлениях и рекомендациях. Это правила плавания в районах со специальными условиями, на подходах к конкретным портам, при прохождении определенных узкостей и каналов, при пониженной видимости; рекомендации по расхождению с тропическими циклонами, по штормованию, по плаванию во льдах и т.д. Это также сведения о действиях, которые требуется предпринимать в аварийных ситуациях, при обеспечении непотопляемости и в других случаях. Но самое главное, БЗ будет аккумулировать знания опытных судоводителей, на основе которых с учетом многочисленных наставлений и руководств могут быть определены эффективные пути решения возникающих проблем в конкретной ситуации с пояснением, почему предложено такое решение и доказательством его обоснованности.

Кроме того, база знаний может содержать информацию, необходимую для выполнения диагностики судовых систем и механизмов, навигационной аппаратуры и решения ряда других задач.

Советы и рекомендации в отношении поведения в особых и экстремальных ситуациях могут выдаваться системой по запросу судоводителя, при появлении признаков, указывающих на развитие такой ситуации, при получении по каналам связи предупреждений о возможности ее возникновения.

### **3.6. Защита информации.**

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.

## 4. 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.

### 4.1. 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** ( $\Delta Y$ ) 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  $\varepsilon$  прибора. Если  $\varepsilon$  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**.

## **4.2. 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.

### **4.2.1. Требования к позиционным системам.**

Международная морская организация установила стандарты оснащения судов позиционными средствами и выработала требования к точности и дискретности обсерваций, которые должны гарантировать

навигационную безопасность и эффективность проводки судна из порта отхода в порт назначения. ИМО также определила стандарты к Всемирной радионавигационной системе (ВРНС) как к единому источнику информации для всех задач мореплавания, решение которых основано на использовании данных о позиции судна. Это, прежде всего, задачи: непрерывного представления места судна на электронных картах, управления движением по заданной траектории, контроля соблюдения режима плавания и мониторинга судов в море, поиска и спасения и ряд других.

**Стандарты снабжения судов аппаратурой высокоточных позиционных систем** содержатся в переработанной главе 5 (Правило 19) Конвенции СОЛАС, которая вошла в действие 1 июля 2002 года. В ней предусмотрено обязательное оснащение морских судов, независимо от их вместимости, позиционными датчиками (аппаратурой GPS, ГЛОНАСС, GPS/ГЛОНАСС, или приемоиндикаторами другой РНС, покрывающей район плавания судна), которые с требуемой точностью автоматически вырабатывают и непрерывно представляют текущие географические координаты судна. Следует подчеркнуть, что это бортовое оборудование *должно отображать географические координаты судна*, а не величины измеряемых радионавигационных параметров.

**Требования к обсервациям, выработанные для предупреждения посадок на мель**, представлены в Резолюции ИМО А.529(13) от 17.11.1983 г. - "Accuracy Standard for Navigation". Этот документ содержит требования к точности и дискретности определений текущего места в зависимости от скорости судна и расстояния до ближайшей опасности. Критерием для оценки точности обсерваций выбрана радиальная погрешность с вероятностью  $P=0.95$ . В соответствии с Рекомендациями по организации штурманской службы на судах Украины эта погрешность обозначается буквой *R*.

Согласно принятой ИМО резолюции в открытом море и в прибрежных районах *R* не должна превышать 4% расстояния до препятствия, и быть не большей 4-х миль. Для стесненных вод требования к точности и дискретности обсерваций ставятся в зависимость от местных условий.

Чтобы упростить расчеты стандартов точности для различных акваторий, в текст Резолюции включена специальная таблица и построенные по ее данным два графика. В таблице определено допустимое время плавания по счислению в зависимости от разных значений расстояний до опасности и погрешностей обсерваций. Значения допустимого времени рассчитаны в предположении, что:

- эксплуатационные характеристики ГК и лага соответствуют требованиям ИМО,

- счисление не корректируется по предыдущим наблюдениям,
- погрешности навигационных приборов имеют нормальное распределение,
- течение и дрейф учитываются традиционными методами с соответствующей им точностью.

**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.

При выработке стандартов к позиционным системам на основе требований к ним морских пользователей, вначале, в 1995 году, ИМО были установлены минимальные технико-эксплуатационные требования к ВРНС и ее компонентам, а также определен порядок



признания таких систем в ИМО - Резолюция А.815(19), 1995 г. Этим документом предписана необходимость: одобрения ВРНС в ИМО, глобальность зоны действия ВРНС, непрерывность определений позиций объектов, удовлетворение установленным системным стандартам. В частности, согласно этой Резолюции в открытом море и в прибрежных водах ВРНС должна была обеспечивать определения места судна с 95%–погрешностью, не превышающей 4% расстояния до препятствия, но не большей 4 миль. Для стесненных акваторий следовало иметь точность обсерваций не хуже 10 м.

По истечению определенного времени с целью удовлетворения возросших требований пользователей ИМО разработала новые стандарты для ВРНС (Резолюция ИМО А.915(22), 2001 г). Согласно этому документу во всех районах плавания точность определений места по данным ВРНС должна быть не ниже 10 метров.

Приведенные в этой Резолюции требования к ВРНС представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

#### Минимальные требования морских пользователей к общей навигации.

	Системный уровень параметров				Уровень параметров для пользователей			
	Абс. 95% погрешность	Целостность			Доступность, % за 30 суток	Непрерывность, % свыше 3 часов	Зона действия	Дискретность, с
		Гориз. м.	Предел защиты, м	Время оповещения, с				
Открытое море	10	25	10	$10^{-5}$	99.8	–	Глобальная	1
Прибрежные воды	10	25	10	$10^{-5}$	99.8	–	Глобальная	1
Подходы к портам и стесненные воды	10	25	10	$10^{-5}$	99.8	99.97	Региональная	1
Порты	1	2.5	10	$10^{-5}$	99.8	99.97	Локальная	1
Внутренние водные пути	10	25	10	$10^{-5}$	99.8	99.97	Региональная	1

#### 4.2.2. Среднеорбитальные спутниковые системы GPS и ГЛОНАСС.

Из действующих позиционных систем к стандартам для ВРНС наиболее близки по своим характеристикам среднеорбитальные спутниковые навигационные системы: GPS и ГЛОНАСС.

В 1996 г. по заявкам правительств США и России ИМО одобрила системы GPS и ГЛОНАСС с объявленными точностями: 100 м – у GPS, 45 м – у ГЛОНАСС. Приемоиндикаторы среднеорбитальных СНС включены в состав обязательной судовой навигационной аппаратуры, предусмотряемой главой 5 СОЛАС.

С 2000 г. по решению Правительства США был отменен ввод погрешностей искусственного происхождения в данные GPS, и точность ее аппаратуры для гражданских судов повысилась до 35÷45 м.

В 2000÷2002 году были разработаны методы коррекции неучитываемых ранее факторов, влияющих на точность GPS. Реализация этих методов в современных ПИ для гражданских судов позволила довести точность определений позиции по данным GPS до 10÷15 м.

Приемоиндикаторы среднеорбитальных СНС и аппаратура *НИС* с электронными картами выгодно дополняют друг друга. Их совместное применение позволяет отображать положение судна в реальном масштабе времени, что имеет особенное значение в стесненных водах. При использовании бумажных карт требуется определенное время для переноса места судна с приемоиндикатора СНС на карту, что вызывает запаздывание в отображении текущей позиции. Кроме того, на бумажной карте нет возможности отображать положение судна непрерывно, в динамике.

При использовании *НИС* с электронными картами на судне может быть установлен недорогой приемник СНС, так как дополнительные навигационные задачи в этом случае будут решаться самой *НИС*.

При работе GPS, ГЛОНАСС в дифференциальном режиме *НИС* оказывает значительную помощь судоводителю при плавании в стесненных водах, предоставляя с высокой точностью (1÷5м) в реальном времени положение судна на ЭК. Расширение сети опорных станций DGPS способствует значительному повышению роли *НИС* в обеспечении безопасного судовождения в ограниченных акваториях.

**Краткая характеристика GPS.** Спутниковая навигационная система Министерства Обороны США - GPS, называется также NAVSTAR (Navigation System using Timing and Ranging).

Система состоит из 24 навигационных искусственных спутников Земли (НИСЗ), наземного командно-измерительного комплекса и аппаратуры потребителей. Она является глобальной, всепогодной, навигационной системой, обеспечивающей определение координат объектов с высокой точностью в трехмерном околоземном пространстве.

Спутники GPS помещены на шести средневысоких орбитах (высота 20183 км) и имеют период обращения 12 часов. Плоскости орбит расположены через 60<sup>0</sup> и наклонены к экватору под углом 55<sup>0</sup>. На каждой орбите находится 4 спутника. 18 спутников – это минимальное количество для обеспечения видимости в каждой точке Земли не менее 4-х НИСЗ.

Система предназначена для обеспечения навигации воздушных и морских судов и определения времени с высокой точностью. Она может применяться в режиме двухмерной навигации – 2D (определение навигационных параметров объектов на поверхности Земли) и в трехмерном режиме – 3D (измерение навигационных параметров

объектов над поверхностью Земли). Для нахождения трехмерного положения объекта требуется измерить навигационные параметры не менее 4-х НИСЗ, а при двухмерной навигации – не менее 3-х НИСЗ.

В GPS используется псевдодальномерный способ определения позиции и псевдораздально-скоростной метод нахождения скорости объекта. Для повышения точности результаты определений сглаживаются с помощью фильтра Калмана.

Спутники GPS передают навигационные сигналы на двух частотах:  $F_1=1575,42$  и  $F_2=1227,60$  МГц. Режим излучения - непрерывный с псевдощумовой модуляцией. Навигационные сигналы представляют собой общедоступный C/A-код (coarse and acquisition code), передаваемый только на частоте  $F_1$ , и защищенный P-код (precision code), излучаемый на частотах  $F_1, F_2$ .

В GPS для каждого НИСЗ определен свой уникальный C/A-код и уникальный P-код. Такой вид разделения сигналов спутников называется *кодовым*. Он позволяет бортовой аппаратуре распознавать, какому спутнику принадлежит сигнал, когда все они осуществляют передачу на одной частоте.

GPS предоставляет два уровня обслуживания потребителей: точные определения (PPS – Precise Positioning Service) и стандартные данные (SPS – Standard Positioning Service). PPS основывается на точном коде, а SPS – на общедоступном. Уровень обслуживания PPS предоставляется военным и федеральным службам США, а SPS – массовому гражданскому потребителю.

Кроме навигационных сигналов, спутник регулярно передает сообщения, которые содержат информацию о состоянии спутника, его эфемеридах, системном времени, прогнозе ионосферной задержки, показателях работоспособности.

**Бортовая аппаратура** GPS состоит из антенны и приемоиндикатора. ПИ включает в себя приемник, вычислитель, блоки памяти, устройства управления и индикации. В блоках памяти хранятся необходимые данные, программы решения задач и управления работой приемоиндикатора.

В зависимости от назначения используется два вида бортовой аппаратуры: специальная и для массового потребителя.

**Специальная аппаратура** предназначена для определения кинематических параметров ракет, военных самолетов, кораблей и специальных судов. При нахождении параметров объектов в ней используются P и C/A коды. Эта аппаратура обеспечивает практически непрерывные определения с точностью: местоположения объекта –  $5\div 7$  м, скорости –  $0.05\div 0.15$  м/с, времени –  $5\div 15$  нс.

**Аппаратура для массового потребителя**, в том числе и для гражданских морских судов, уступает по своим характеристикам

специальной аппаратуре. Навигационные параметры объектов определяются в ней с использованием только C/A-кода. Эта аппаратура проще и дешевле специальной, но, тем не менее, способна обеспечивать довольно высокую точность обсерваций.

На начальном этапе эксплуатации GPS Министерство Обороны США посчитало предоставление такой точности всем без исключения потребителям потенциально опасным, и искусственно увеличивала погрешности местоопределения до 100 м. С этой целью для режима SPS формировались ошибки искусственного происхождения (погрешности режима селективного доступа), вносимые в сигналы на борту спутников. С 2000 г. Правительством США ввод искусственных ошибок в данные GPS был отменен.

Координаты места судна рассчитываются в бортовой аппаратуре GPS в системе WGS84. При необходимости они могут быть пересчитаны и выданы приемоиндикатором в других горизонтальных датумах.

**Погрешности и ограничения.** Основными источниками погрешностей, влияющих на точность бортовой аппаратуры GPS для массового потребителя, являются:

- Ионосферные погрешности, обусловленные задержками в распространении радиоволн в верхних слоях атмосферы, которые приводят к ошибкам обсерваций порядка  $20 \div 30$  м днем и  $3 \div 6$  м ночью.
- Тропосферные погрешности, причиной которых являются искажения в прохождении радиоволн через нижние слои атмосферы. Они не превышают 30 м.
- Эфемеридная погрешность, обусловленная разностью между расчетным и действительным положениями спутника, которая меньше 3 м.
- Погрешность измерения расстояния до спутника, обычно не превышающая 10 м.

Существенной проблемой, снижающей эффективность системы GPS, является недостаточное качество навигационных карт, составленных на основе геодезических съемок невысокой точности.

**Краткая характеристика системы «ГЛОНАСС».** Российская глобальная спутниковая навигационная система (ГЛОНАСС) состоит из 24 НИСЗ, наземного командно-измерительного комплекса и аппаратуры потребителей. Она является глобальной, всепогодной, навигационной системой, обеспечивающей определение координат объектов с высокой точностью в трехмерном околоземном пространстве.

Спутники ГЛОНАСС помещены на трех средневысоких орбитах (высота 19100 км) и имеют период обращения 11 часов 15 минут. Плоскости орбит расположены через  $120^0$  и наклонены к экватору под углом  $64.8^0$ . На каждой орбите находится 8 спутников.

Каждый спутник передает данные о своем точном положении и о позициях других НИСЗ. Спутники излучают навигационные сигналы на двух несущих частотах: F1 и F2. Режим излучения - непрерывный с псевдощумовой модуляцией. В отличие от GPS, каждый спутник ГЛОНАСС имеет свои значения F1 и F2. Значения частот F1 всех спутников ГЛОНАСС лежат в диапазоне 1602.6÷1615.5 МГц и отличаются у НИСЗ на величину, кратную 0.5625 МГц. Соответственно, значения частот F2 находятся в интервале 1246.4÷1256.5 МГц и не совпадают у спутников на величину, кратную 0.4375 МГц.

Навигационные сигналы представляют собой C/A-код, передаваемый только на частоте F1, и P-код, излучаемый на частотах F1, F2. В отличие от GPS, где коды P и C/A у спутников разные, в ГЛОНАСС они одинаковы для всех НИСЗ. Таким образом, в отличие от применяемого в GPS кодового метода в ГЛОНАСС реализован **частотный метод различения навигационных сигналов** спутников.

Аппаратура пользователей включает оборудование, необходимое для сопровождения спутников, определения позиции, скорости и времени по данным орбит спутников и измерениям навигационных параметров. Для приема навигационных сигналов используется 24 частотных канала. В среднем точность определения положения с помощью специальной бортовой аппаратуры ГЛОНАСС составляет 8 метров. Если GPS имеет наилучшую точность в средних широтах, то ГЛОНАСС – в высоких.

В бортовой аппаратуре ГЛОНАСС положение определяющегося объекта рассчитывается в геодезической системе ПЗ90 (SGS90). При необходимости место объекта может быть представлено в другом горизонтальном датуме.

СНС «ГЛОНАСС» работает пока с неполным составом НИСЗ. В 2003 году на орбите находились 11 спутников этой системы. Программой Российской Федерации предусматривается к 2006 году довести состав спутников до 18, а после 2006 г – до 24.

Несмотря на неполный состав ГЛОНАСС, приемники СНС, способные использовать навигационные сигналы обеих систем GPS и ГЛОНАСС, уже в настоящее время позволяют уменьшить погрешности GPS. Повышение точности и надежности определений достигается путем увеличения числа наблюдаемых спутников, улучшения геометрии их расположения, а также за счет использования обоих кодов ГЛОНАСС, что дает возможность более точно учесть ионосферную погрешность.

**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).

Таблица 4.2.

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	Псевдодалномерный	Псевдодалномерный
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	36 68 0,4 0,68	28 40 0,3 1,4

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 (см. §4.5).

### **4.2.3. Перспектива спутниковых систем навигации.**

Развитию спутниковых навигационных систем уделяется первостепенное внимание. Это объясняется, прежде всего, их универсальностью. СНС дают возможность получить информацию практически обо всех кинематических параметрах судна: о позиции, о путевом угле и путевой скорости, о курсе судна, о параметрах килевой и бортовой качки. Кроме обеспечения судоводителей чисто навигационными данными, СНС позволяют решать задачи радиосвязи и управления потоками судов, осуществлять привязку систем единого времени, использоваться для синхронизации работы оборудования.

**Интеграция среднеорбитальных СНС.** Ближайшая (2003÷2005 гг.) перспектива развития среднеорбитальных СНС связана с их интеграцией. Под интеграцией спутниковых навигационных систем понимается использование их общего радионавигационного поля при независимом управлении этими СНС. По этому направлению создается глобальная навигационная спутниковая система ГНСС (GNSS). Она строится путем интеграции систем GPS, ГЛОНАСС с дополнением их подсистемами стационарных спутников:

- EGNOS (the European Geostationary Navigation Overlay Service) в европейском регионе;
- WAAS (the American Wide Area Augmentation System) в американском регионе;
- MSAS (the Japanese Multi-functional Satellite Augmentation System) в Японии.

EGNOS, WAAS, MSAS представляют собой широкозонные дифференциальные подсистемы, в которых передача поправок производится через стационарные спутники Инмарсат-3. В регионах, обслуживаемых этими подсистемами, точность определения положения будет не хуже  $\pm 10$  м.

**Спутниковая навигационная система GALILEO.** СНС GALILEO является европейским вкладом в GNSS. При создании этой системе обеспечивается как возможность автономной работы, так и способность к взаимодействию с другими СНС (GPS, ГЛОНАСС) в рамках GNSS. В полном объеме функционирование GALILEO начнется с 2008г.

GALILEO является гражданской глобальной, всепогодной, радионавигационной системой, предназначенной для обеспечения навигации береговых, морских и воздушных объектов в трехмерном околоземном пространстве. СНС GALILEO состоит из созвездия 30 НИСЗ, наземного командно-измерительного комплекса и аппаратуры потребителей.

Спутники GALILEO будут помещены на трех средневысоких орбитах (высота 23222 км). Плоскости орбит расположены через  $120^0$  и наклонены к экватору под углом  $56^0$ . На каждой орбите будет находиться 10 спутников.

Каждый спутник излучает: навигационные сигналы, данные о системном времени, свои эфемеридные параметры, альманах всех спутников, прогноз точности данных времени и эфемерид. Спутники способны передавать навигационные сигналы на четырех частотах в L-диапазоне, максимально используя полосу частот радионавигационных спутниковых систем.

GALILEO имеет службу поиска и спасения, позволяющую принимать сообщения от буйев системы КАСПАС-САРСАТ. Она обеспечивает быстрое и надежное обнаружение терпящих бедствие судов.

Бортовая аппаратура для морских судов базируется на использовании навигационных сигналов, излучаемых спутниками на двух частотах. Она обеспечивает определение горизонтальных координат с 95% погрешностью  $\pm 4$  м, вертикальных –  $\pm 8$  м.

СНС GALILEO будет удовлетворять требованиям пользователей к общей навигации, изложенным в резолюции ИМО А.915(22), 2001 г. (см. табл. 4.1).

**Расширение области измерений СНС.** Возможности вводимых в ближайшее время в эксплуатацию спутниковых навигационных систем позволят с требуемой точностью находить все элементы движения судна: навигационные параметры, параметры посадки корпуса, параметры качки. Стоимость таких определений будет ниже, чем при использовании измерительных систем других видов (позиционных датчиков, курсоуказателей, приборов для измерения скорости и проходимого расстояния, указателей скорости поворота, датчиков параметров качки). Это говорит о том, что приемоиндикаторы СНС могут стать на судне главными приборами не только для определения позиции судна в открытом море и в прибрежных водах, но и *основными измерителями всех кинематических параметров судна.*

### **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 (ротором) и картушечные магнитные компасы. Курсоуказатели этих видов ниже называются *традиционными*.

### 4.3.1. Общие сведения о магнитных компасах.

**Магнитное поле Земли** имеет такой вид (рис. 4.1), как будто земной шар представляет собой магнит с осью, направленной приблизительно с севера на юг. Магнитные полюса Земли не совпадают с ее географическими полюсами. Северный магнитный полюс находится приблизительно в точке  $76^{\circ}\text{N}$  и  $100^{\circ}\text{W}$ , а южный – в точке  $68^{\circ}\text{S}$  и  $144^{\circ}\text{E}$ . Геомагнитные полюса лежат не на поверхности Земли, а под ней.

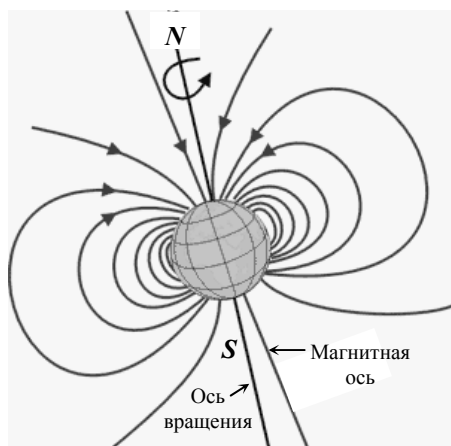


Рис. 4.1. Магнитное поле Земли

Магнитная ось наклонена к оси вращения Земли под углом  $11,5^{\circ}$ . На геомагнитных полюсах напряженность магнитного поля имеет вертикальное направление, а на магнитном экваторе – горизонтальное. В промежуточных широтах силовые линии магнитного поля наклонены под определенным углом к поверхности Земли. Геомагнитное поле может характеризоваться напряженностью  $H$  и магнитной индукцией  $B$ . В системе СИ напряженность магнитного поля измеряется в *амперах на метр* (А/м), а единицей магнитной индукции является *тесла*.

Величина напряженности магнитного поля на земной поверхности очень мала и зависит от координат места. На магнитном экваторе она составляет порядка 26 А/м, а у полюсов – 51 А/м. Магнитная индукция на экваторе равняется примерно 34  $\mu\text{T}$  (микротесла), а у полюсов ее значение достигает 66  $\mu\text{T}$ .

**Картушечные магнитные компасы.** В традиционных морских магнитных компасах для получения значений курса используется свойство магнитной стрелки располагаться вдоль силовых линий магнитного поля. Эти компасы просты по конструкции, надежны, обладают довольно высокой точностью и не требуют для работы никакого вида питания. Принцип действия, конструкция и эксплуатация картушечных компасов хорошо освещены в учебниках и учебных пособиях для судоводителей.

На судах используются картушечные магнитные курсоуказатели многих изготовителей навигационной аппаратуры. В качестве примеров промышленных образцов можно назвать компасы КМ-145, КМ-100, КМ-69, КМС-160, КМС-200 (Россия), магнитный компас “Jupiter” фирмы “С.Plath” (Германия) и ряд других.

**Эксплуатационные требования к магнитным компасам** определены в Резолюции ИМО А.382(X), принятой в 1977 г. Приведем выдержки из этого документа.

Погрешности магнитного компаса необходимо компенсировать. На мостике требуется иметь таблицу и график девиации этого прибора.

Суммарная погрешность компаса, состоящая из погрешности градуировки шкалы, погрешности от несовпадения точки вращения картушки с ее центром и отклонения картушки от направления силовых линий геомагнитного поля, не должна превышать  $0.5^{\circ}$  на любом курсе.

При вращении компаса вокруг вертикальной оси с постоянной скоростью  $1.5^{\circ}/с$  (при температуре компаса  $20 \pm 3^{\circ}C$ ) отклонение картушки не должно превышать  $(36/B)^{\circ}$ , когда диаметр картушки меньше, чем 200 мм. Здесь  $B$  – индукция горизонтальной компоненты магнитного поля Земли в точке расположения компаса, выраженная в микротесла ( $\mu T$ ). Если картушка имеет диаметр 200 мм и более, то отклонение картушки в названных условиях не должно превышать  $(54/B)^{\circ}$ .

Требуется, чтобы погрешность от трения в компасе не превышала  $(3/B)^{\circ}$  при температуре  $20 \pm 3^{\circ}C$ .

Когда горизонтальная компонента геомагнитного поля составляет порядка 18  $\mu T$ , после смещения картушки на  $40^{\circ}$  от меридиана полупериод колебания картушки должен быть, по крайней мере, 12 с. Предписано, чтобы после отклонения картушки на  $90^{\circ}$  от направления на север, время прихода ее в магнитный меридиан с погрешностью в пределах  $\pm 1^{\circ}$  не было больше 60 с..

Компас необходимо снабжать средствами для коррекции полукруговой и четвертной магнитной девиации.

**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 авторулевой, 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:

$$MK = \arctan \frac{H_Y}{H_X} . \quad (2.1)$$

С приближением к магнитным полюсам уменьшается горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля и увеличивается магнитное склонение, 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.

### 4.3.2. Магнетометры.

**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. 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.

**Флюксгейт магнетометры** являются чувствительными элементами большинства морских ЭМК, получивших название *флюксгейт-компасов*. Первые образцы магнетометров этого типа

были созданы еще в 1928 г. Однако требуемую для курсоуказания точность этих приборов удалось получить сравнительно недавно.

FG-магнетометры могут быть разных видов. Классический однокоординатный FG-датчик, показан на рис. 4.2,а. Он измеряет X-составляющую магнитного поля и состоит из тороида и намотанной поверх него внешней (сигнальной) катушки. Тороид представляет собой кольцевую катушку, намотанную на сердечник с формой тора. Внутренняя обмотка FG-датчика является обмоткой управления (возбуждения).

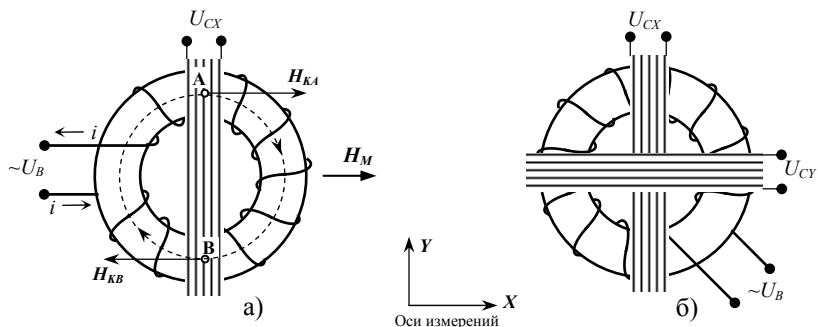


Рис. 4.2. X- и XY- флюксгейт магнетометры.

Сердечник тороида изготавливается из легконамагничиваемого материала (ферромагнетика), чаще всего из пермаллоя. Пермаллой представляет собой сплав железа (19%) и никеля (81%).

**Принцип работы магнетометра** поясняется рис. 4.3 и состоит в следующем. Чувствительный элемент FG-магнетометра является разновидностью феррозонда. На его обмотку возбуждения подается переменное напряжение  $\sim U_B$ . Амплитуда  $U_B$  такова, что в середине каждого полупериода изменения тока возникает магнитное насыщение сердечника.

Интервал времени, в течение которого при изменении тока возбуждения сердечник изменяет намагниченность, обозначим на рисунке 4.3 как участок *I*, а промежуток насыщенного состояния сердечника – как участок *II*.

В момент насыщения сердечника его магнитная проницаемость  $\mu$  резко уменьшается. На участках *II* ее можно считать равной нулю. В промежутках *I* (размагничивания и намагничивания) она возрастает от нуля до некоторого значения  $\mu_0$  и снова уменьшается до нуля по закону, показанному на рис. 4.3.

В общем случае напряжение в сигнальной катушке, согласно закона электромагнитной индукции, равно:

$$U_c = -d\Phi_c / dt ;$$

где  $\Phi_c$  – поток магнитной индукции, проходящий через контур сигнальной катушки.

Величина магнитного потока может быть представлена в виде

$$\Phi_c = k\mu H_M ;$$

где  $k$  – постоянный коэффициент, зависящий от конструктивных параметров магнетометра (диаметра сердечника, числа витков и т.д.);  $H_M$  – перпендикулярная плоскости витков сигнальной обмотки составляющая напряженности магнитного поля.

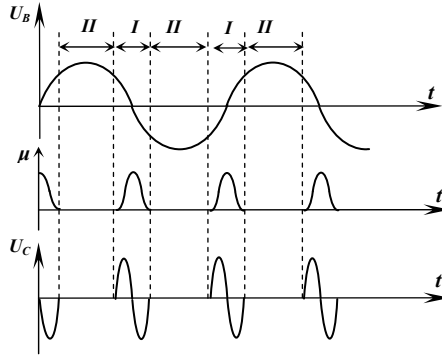


Рис. 4.3. Характеристика работы FG-магнетометра.

Учитывая это, сигнальное напряжение можно представить формулой:

$$U_c = -\frac{d\Phi_c}{dt} = -kH_M \frac{d\mu}{dt} .$$

При прохождении переменного тока  $i$  через обмотку возбуждения в сердечнике возникает магнитный поток  $\Phi$ , значения  $\Phi_A$ ,  $\Phi_B$  которого в точках  $A$  и  $B$  сердечника (см. рис. 4.2,а) равны и противоположно направлены. Таким образом, когда внешнее магнитное поле отсутствует, суммарный магнитный поток, проходящий через сигнальную обмотку, равен нулю, и напряжения в ней нет.

На рис. 4.2,а символами  $H_{KA}$ ,  $H_{KB}$  обозначены векторы напряженности возбуждаемого в сердечнике магнитного поля в точках  $A$  и  $B$ .

Когда перпендикулярно плоскости сигнальной обмотки действует постоянная составляющая  $H_M$  внешнего магнитного поля, то в полупериод изменения тока  $i$  (как показано на рис. 4.2) она сложится с  $H_{KA}$  и вычтется из  $H_{KB}$ . Во второй полупериод тока направления векторов  $H_{KA}$ ,  $H_{KB}$  поменяются на обратные, а направление  $H_M$

останется тем же. В результате суммарный магнитный поток, проходящий через сигнальную обмотку, не будет нулевым.

В промежутках  $I$  изменение этого потока вызовет появление сигнального напряжения:

$$U_C = -kH_M \frac{d\mu}{dt} = -kH_M \sin 2\omega t .$$

Полезный сигнал  $U_C$  (рис. 4.3) имеет вид переменного, несколько искаженного напряжения, частота которого в два раза больше частоты  $\sim U_B$ . Амплитуда сигнального напряжения  $U_C$  пропорциональна напряженности внешнего магнитного поля  $H_M$ .

Таким образом, *значение напряженности внешнего магнитного поля можно найти путем измерения амплитуды напряжения в сигнальной катушке.*

Для получения достаточной чувствительности число витков управляющей и сигнальной катушки должно быть большим 100.

Магнетометр, измеряющий составляющие внешнего магнитного поля по двум ортогональным осям, представлен на рис. 4.2,б. Если на судне этот датчик установить для проведения измерений в горизонтальной плоскости, одну внешнюю обмотку расположить вдоль ДП, а другую - перпендикулярно к ней, то в первой обмотке возникнет напряжение, пропорциональное поперечной  $H_Y$  составляющей геомагнитного поля, а во второй обмотке – пропорциональное продольной компоненте  $H_X$ . По значениям  $H_X$ ,  $H_Y$  по формуле (2.1) определяется курс судна.

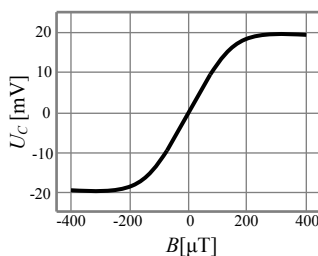
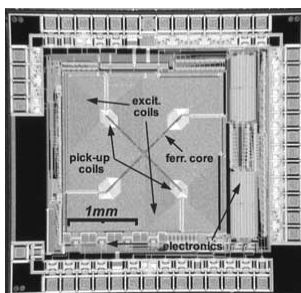


Рис. 4.4. Флюксгейт микродатчик и его характеристика

Размеры обычного двухкоординатного флюксгейт магнетометра невелики, порядка  $4 \times 7$  см<sup>2</sup>. Двухкоординатные микродатчики значительно меньше (примерно  $3,4 \times 5,6$  мм<sup>2</sup>). Однокоординатный микромагнетометр в виде чипа и его характеристика представлены на рис. 4.4.

**MR-магнетометры** основаны на магниторезисторном эффекте. В них используется свойство ферромагнитных материалов (чаще всего пермаллоя) изменять свое электрическое сопротивление  $R$  под действием магнитного поля. Изменение сопротивления пластины из пермаллоя определяется составляющей напряженности магнитного поля  $H_{\perp}$ , ортогональной к линии тока  $i$  (рис. 4.5).

Изменение сопротивления происходит при вариации  $H_{\perp}$  в пределах от  $-H_0$  до  $+H_0$ , где  $H_0$  – значение напряженности магнитного поля, при котором наступает состояние насыщения намагнитченности пермаллоя. Значение  $H_0$  зависит от температуры.

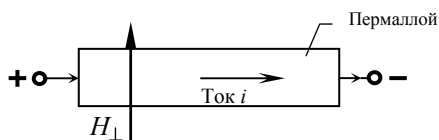


Рис. 4.5. Элемент MR-датчика в виде пластины из пермаллоя.

Максимальное  $\Delta R_m$  изменение сопротивления проводника под влиянием магнитного поля зависит от геометрии проводника и его материала. Для пластины из пермаллоя оно составляет от 2 до 3% от  $R_0$ . Здесь  $R_0$  – сопротивление проводника при  $|H_{\perp}| = H_0$ .

Уравнение, описывающее зависимость сопротивления проводника от значения напряженности магнитного поля, имеет следующий вид:

$$R = R_0 + \Delta R_m \left[ 1 - \left( H_{\perp} / H_0 \right)^2 \right].$$

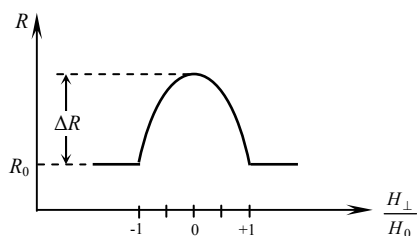


Рис. 4.6.  $R$ - $H$  характеристика пластины из пермаллоя.

$R$ - $H$  характеристика пластины из пермаллоя показана на рис. 4.6.

Для оптимизации характеристик MR-датчика его элементы изготавливаются в виде пластины, состоящей из чередующихся полос из пермаллоя и алюминия, расположенных под углом  $45^{\circ}$  к линии тока (рис. 4.7). Такие элементы называют *зубчатополосными*.

$R$ - $H$  характеристики зубчатополюсных элементов, показанных на рисунках 4.7, а, б, имеют вид, представленный соответственно на рис. 4.8, а, б.

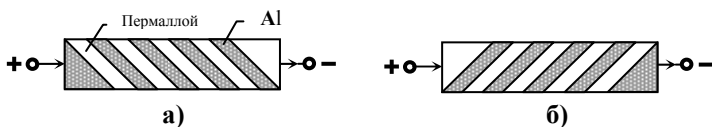


Рис. 4.7. Зубчатополюсные элементы MR-датчика.

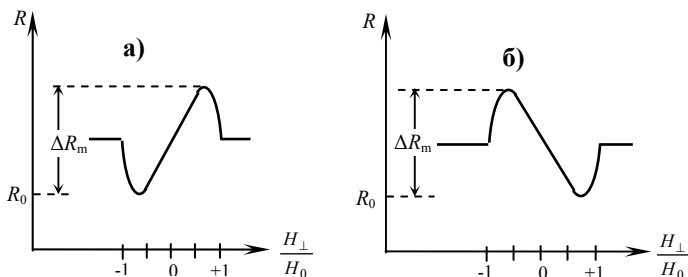


Рис. 4.8.  $R$ - $H$  характеристики зубчатополюсных элементов

Сам MR-датчик представляет собой мостиковую схему (Рис. 4.9), где  $U_{\Pi}$  – постоянное напряжение питания,  $U_C$  – сигнальное напряжение.

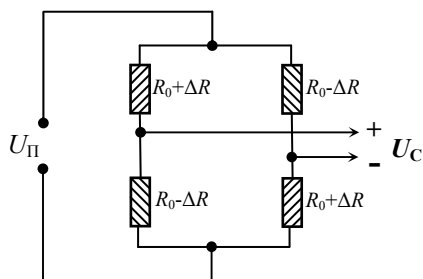


Рис. 4.9. Схема MR-магнетометра.

*Значение напряженности внешнего магнитного поля в MR-датчике получается путем измерения сигнального напряжения  $U_C$ .*

Напряжение питания реальных MR-магнетометров находится в пределах от 2 до 10 вольт. Значение выходного сигнала этих датчиков, при измерении горизонтальной составляющей магнитного поля Земли может достигать 1.5 mV.



**Магнетометры, основанные на эффекте Холла**, используют явление возникновения поперечного электрического поля и разности потенциалов в металле или полупроводнике, по которым проходит электрический ток, при помещении их в магнитное поле, перпендикулярное к направлению тока.

### 4.3.3. Состав электронного магнитного компаса.

Электронные магнитные компасы могут иметь разное построение.

В компасах с двухкоординатными датчиками направления измерений магнетометров ориентируются по осям  $OX$  и  $OY$  декартовой системы  $OXYZ$ , полужестко связанной с судном. Начало этой системы закреплено в центре массы судна. Оси  $OX$  и  $OY$  лежат в плоскости горизонта. Первая из них направлена на нос судна, а вторая – в сторону правого борта. Ось  $OZ$  ориентирована по направлению отвесной линии. Чувствительный элемент этих компасов изменяет свое положение относительно корпуса судна при изменении его посадки и на качке в условиях волнения.

Компасы с системой трех ортогональных магнетометров не имеют движущихся частей. Их элементы не меняют своего положения относительно корпуса судна. При установке на судне компасы ориентируют так, чтобы направления измерений магнетометров совпадали с осями прямоугольной системы координат  $OLBG$ , жестко связанной с корпусом судна. Начало системы  $OLBG$  находится в центре массы судна. Ось  $OL$  лежит в ДП и направлена параллельно линии киля в сторону носа судна. Ось  $OG$  также находится в ДП судна и ортогональна к  $OL$ . Ось  $OB$  перпендикулярна ДП и направлена в сторону правого борта.

Когда судно не имеет крена и дифферента, координатные системы  $OLBG$  и  $OXYZ$  совпадают.

**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. 4.10.

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.

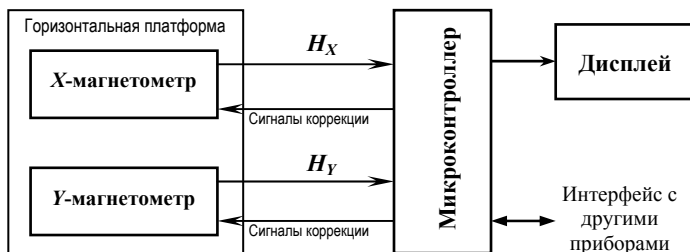


Рис. 4.10. Блок-схема электронного компаса с двумя магнетометрами.

**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. 4.11.

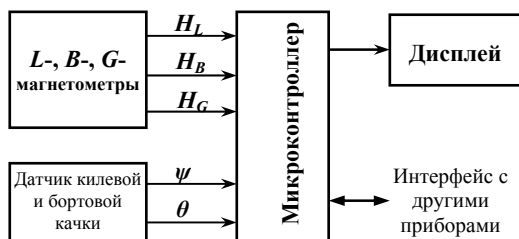


Рис. 4.11. Блок-схема электронного компаса, не имеющего подвижных частей.

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.

#### 4.3.4. 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» компании Aquamatic, «PG-100» корпорации Furuno. ЭМК разных производителей имеют определенные отличия. На рис. 4.12 приведен вид компаса «Azimuth 1000».



Рис. 4.12. 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 информацией 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÷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 приемоиндикатор 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.

## **4.4. Фиброоптические гирокомпасы.**

### **4.4.1. Виды ГК и предъявляемые к ним требования.**

**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 (ротатором), 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**.

**Эксплуатационные стандарты морских гирокомпасов** для обычных и высокоскоростных судов определены соответственно в

резолюциях Ассамблеи ИМО А.424(XI), 1979г. и А.821(19), 1995г. Приведем ряд положений из этих документов.

Установленные на судах ГК должны нормально работать в следующих условиях:

- при скоростях судна до 30/70 узлов (при характеристике стандартов ГК, если приведена дробь, то в числителе указаны значения из требований для обычных судов, а в знаменателе - для высокоскоростных);
- при угловых скоростях поворота до  $20^{\circ}/с$ ;
- в диапазоне широт между  $70^{\circ}N$  и  $70^{\circ}S$ .

Предписано снабжать ГК квалифицированным описанием погрешностей, возникающих от скорости судна, ускорений, изменений курса, состояния моря и т.д.

Считается, что находящийся в горизонтальном положении на стационарной основе гирокомпас *установился*, если любые три его отсчета, взятые с интервалом времени 30 мин, находятся в пределах  $0.7^{\circ}$ .

*Установившееся направление ГК* означает среднее значение из 10-ти отсчетов, взятых через 20-ти минутные интервалы после того, как гирокомпас установился.

*Статической погрешностью ГК* называется разность между установившимся направлением компаса и истинным курсом.

*Динамическая погрешность ГК* представляет собой отклонение показаний курса от установившегося направления компаса.

**В статических условиях** в широтах, вплоть до  $70^{\circ}$ :

- ГК должен приходиться в меридиан в течение времени, не превышающего 6 часов;
- На любом курсе статическая погрешность ГК не должна превышать  $\pm 0.75^{\circ}sec\phi$ . Установившееся значение ГК в этом случае должно определяться как среднее значение из 10-ти отсчетов, взятых через 20-ти минутные интервалы. Среднее квадратическое значение разностей между индивидуальными отсчетами и установившимся направлением должно быть меньше  $\pm 0.25^{\circ}sec\phi$ .
- Повторяемость значений статической погрешности ГК от одного пуска к другому должна быть в пределах  $\pm 0.25^{\circ}sec\phi$ .

**В динамических условиях эксплуатации** к ГК предъявляются следующие требования.

При пуске, выполняемом в соответствии с рекомендациями производителя, ГК должен устанавливаться в пределах 6 часов в широтах вплоть до  $70^{\circ}$  при гармонической бортовой и килевой качке, характеризуемой периодом от 6 до 15 с, амплитудой - до  $5^{\circ}$ , горизонтальным ускорением - до  $0.22m/c^2$ .

Повторяемость установившейся погрешности основного прибора ГК от пуска к пуску должна быть в пределах  $\pm 1^{\circ}sec\phi$ .

В пределах полосы  $10^0$  на разных широтах, вплоть до  $70^0$ , качество показаний ГК в указанных ниже ситуациях должно быть следующим:

- На неизменном курсе при ходе со скоростью до 20/70 узлов после коррекции скоростной погрешности остаточная установившаяся погрешность ГК не должна выходить за пределы  $\pm 0.25^0$ сесф.
- На постоянном курсе при быстром изменении скорости хода до 20/70 узлов погрешность ГК не должна превышать по модулю  $2^0$ .
- На постоянной скорости хода (до 20/70 узлов) при изменении курса на  $180^0$  с угловой скоростью до  $20^0$ /с погрешность ГК должна находиться в пределах  $\pm 3^0$ .
- На любом курсе, особенно  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $315^0$ , переходная и установившаяся погрешность ГК, возникающая из-за регулярной килевой, бортовой качки и рыскания (характеризуемых периодом от 6 до 15 с, амплитудой - до  $20^0$ ,  $10^0$  и  $5^0$  соответственно, горизонтальным ускорением - до  $1\text{м}/\text{с}^2$ ), не должна превышать по модулю  $1^0$ .

Требуется, чтобы расхождение показаний основного прибора гирокомпаса и его репитеров при всех условиях эксплуатации не выходило за пределы  $\pm 0.5^0$ .

**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.

#### **4.4.2. Общие сведения о волоконно-оптических 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 гироскопы (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.

**Принцип определения курса.** В фиброоптическом ГК нахождение курса сводится к определению горизонтальной проекции  $\bar{\Omega}_N$  вектора  $\bar{\Omega}$  угловой скорости вращения Земли (рис. 4.13).

Модуль и направление вектора  $\bar{\Omega}$  рассчитывают по данным трех гиromетров с взаимно ортогональными осями.

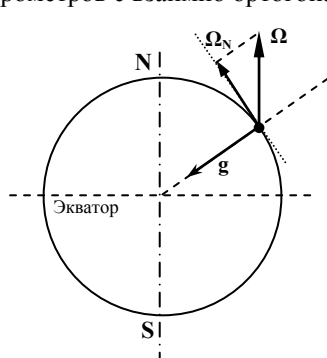


Рис. 4.13 . Принцип определения направления на север.

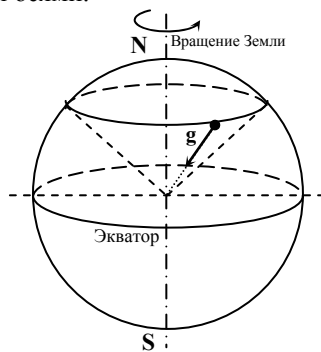


Рис. 4.14. Движение вектора силы тяжести в инерциальном пространстве.

Положение горизонтальной плоскости (или вертикального направления, что одно и то же) может быть найдено разными способами: применением отвеса, с помощью электролитического уровня, путем определения вектора силы тяжести по данным двух акселерометров и т.д. Все эти датчики являются двухкоординатными.

Для расчетов вертикального направления может использоваться и трехкоординатный датчик – система из трех акселерометров с взаимно ортогональными осями.

Чтобы в фиброоптическом ГК рассчитать курс с погрешностью  $0,5^0 \text{sec}\phi$ , угловую скорость Земли необходимо измерить с высокой точностью -  $0,1^0/\text{час}$ , а ускорение силы тяжести – с относительно низкой для современных акселерометров ошибкой  $0,01g$ .

На судне реализация охарактеризованного принципа определения курса затрудняется следующими обстоятельствами. Здесь к вращению



Земли и к ускорению силы тяжести добавляются угловые и линейные параметры движения судна. Вследствие этого оказывается необходимым из результатов измерений выделять  $\bar{\Omega}$  и  $\bar{g}$ . Это сложная задача, так как  $\bar{\Omega}$  значительно меньше угловых скоростей движения судового корпуса при качке и на поворотах, а  $\bar{g}$  возмущается ускорениями в движении судна.

В современных фиброоптических ГК вектора  $\bar{\Omega}$  и  $\bar{g}$  находятся путем фильтрации данных гиromетров и акселерометров с использованием информации о том, что вектор силы тяжести в инерциальном пространстве, продолженный до центра Земли, описывает при ее вращении конус (рис. 4.14.).

Фиброоптические ГК относят к *системам аналитического типа*, так как курс в них получается в результате сложной математической обработки данных.

#### 4.4.3. Принцип работы фиброгиromетров.

Принцип работы ФО-гиromетров основан на инвариантности скорости света и релятивистском эффекте, открытым французским физиком Г.Саньяком (George Sagnac) в 1913 г. Положение об инвариантности скорости света состоит в ее независимости от движения замкнутой среды, в которой свет распространяется. Это положение учитывает, что к распространению света неприменим закон классической механики о сложении скоростей.

Для ясного понимания эффекта Г.Саньяка необходимы хорошие знания специальной теории относительности. Поэтому поясним принцип работы ФО-гиromетров не строго, а в популярной форме.

Допустим (рис. 4.15,а), что в плоскости инерциального пространства с системой координат  $O\xi\xi$  имеется неподвижный фиброоптический кабель (световод) длиной  $L$ , свернутый в виде кольца радиусом  $R$  ( $L = 2\pi R$ ). Примем, что начало и конец кабеля находятся в точке А.

Если в точку А подать свет, то его волна разделится на две. Эти две волны пойдут по оптическому кабелю в противоположных направлениях (будем считать, что первая волна - по часовой стрелке, а вторая - против нее). Обойдя световод, первая и вторая волны встретятся в точке А. Здесь они соединятся и покинут кабель. Время прохождения светом кольцевого пути будет равно

$$T = L / c ,$$

где  $c$  – скорость света.

Допустим теперь, что кольцо световода вращается вокруг своей оси по часовой стрелке с угловой скоростью  $\omega$  (рис. 4.15,б). В момент,

когда точка А оптического кабеля проходит через ось  $O\xi$ , в нее подается свет. Разделившись на две волны, свет пойдет по кабелю относительно инерциального пространства со скоростью  $c$ , не зависящей от скорости вращения световода. Точка А во время движения света по кабелю будет уходить от волны, движущейся по часовой стрелке и идти навстречу волне, огибающей световод против часовой стрелке. Вторая волна достигнет точки А и покинет световод раньше первой волны, так как ее путь  $L_2$  окажется короче расстояния  $L_1$ , проходимого первой волной. Измерив с высокой точностью разность времени прихода волн в точку А, можно найти угловую скорость вращения световода.

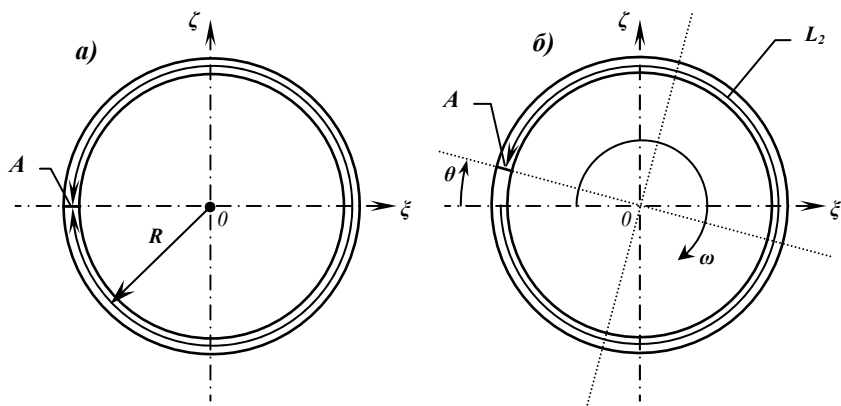


Рис. 4.15. К пояснению принципа работы ФО-гиросметра.

За время обхода кабеля первой и второй волнами света он повернется на угол  $\theta$ , примерно равный

$$\theta = \omega T.$$

Расстояние до точки А, проходимое первой волной, огибающей световод по часовой стрелке, будет равно  $L_1 = L + R\theta$ . Длина пути до точки А второй волны, движущейся по кабелю в противоположном направлении, окажется такой:  $L_2 = L - R\theta$ .

Разность  $\Delta L$  расстояний, проходимых первой и второй волнами света, составит

$$\Delta L = 2R\theta.$$

Обозначим длину световой волны  $\lambda$ . Ей соответствует фазовый угол  $2\pi$ . Тогда величине  $\Delta L$  при выходе света из кабеля в точке А будет соответствовать фазовый сдвиг  $\Delta\Phi$  между первой и второй волнами, равный

$$\Delta\Phi = \frac{2\pi\Delta L}{\lambda} = \frac{4\pi RL}{c\lambda} \omega = \frac{2L^2}{c\lambda} \omega.$$

Угол  $\Delta\Phi$  называют фазой Саньяка.

Из формулы следует, что чем больше длина световода, тем с лучшей точностью можно измерить его угловую скорость (значению  $\omega$  будет соответствовать большее значение  $\Delta\Phi$ ). Поэтому длину оптического кабеля берут равной 500 и более метров и наматывают его в виде катушки, диаметром порядка  $6 \div 12$  см.

На практике в световоде поддерживаются автоколебания генерируемой электромагнитной энергии в оптическом диапазоне, а определение разности между  $L_1$  и  $L_2$  выполняется с помощью интерферометров, измеряющих разность фаз между первой и второй световыми волнами.

#### 4.4.4. Характеристики фиброоптических гироскопов.

Морские фиброоптические компасы изготавливаются в настоящее время рядом фирм и организаций. В качестве примера таких приборов можно привести гироскоп ГГК-1, разработанный Пермской научно-производственной приборостроительной компаний (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. 4.16. Базовая конфигурация ФО-гироскопа «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. 4.16).

**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 см<sup>3</sup>. 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 гиromетра, от приемоиндикатора GPS, электронного магнитного компаса, лага, датчика положения руля. Блок питания и интерфейса имеет размеры 52x34x12 см<sup>3</sup> и вес 15 кг.

**Блок управления и отображения** служит для управления работой прибора и представления его информации. Размеры этого прибора: 29x10x5,5 см<sup>3</sup>. Вес – 0,7 кг.

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

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

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-гиromетр «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.

#### 4.5. 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 двух или трехантенные системы.

В принципе для получения курса необходимо только две антенны. Третья антенна позволяет вместе с курсом судна определить углы килевой, бортовой качки и улучшить точность измерения курса, уменьшив негативное влияние на нее качки и рыскания.

Вид трехантенной системы представлен на рис. 4.17. Диаметр окружности, проходящей через антенны  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , приблизительно равен одному метру.

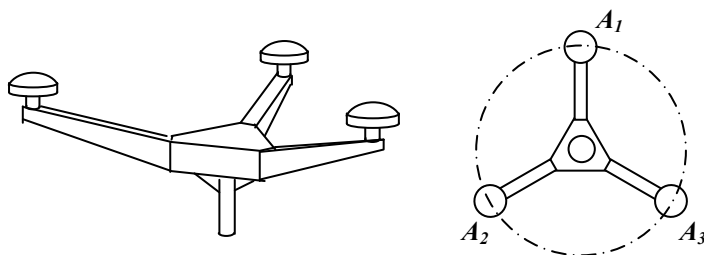


Рис. 4.17. Трехантенная система спутникового компаса.

Для освещения принципа определения курса по данным GPS допустим, что имеются только две антенны  $A_1$ ,  $A_2$ , расположенные в диаметральной плоскости судна (рис. 4.18). Расстояние между антеннами обозначим  $b$ . У реальных спутниковых датчиков курса оно составляет порядка 85 см.

Передача сигналов навигационными искусственными спутниками Земли (НИСЗ) в системе GPS производится на двух частотах:  $F1=1575,42$  и  $F2=1227,60$  МГц. В бортовой аппаратуре GPS для гражданских судов используется только общедоступный C/A-код, которым модулируется частота  $F1$ . Длина волны этой несущей частоты составляет приблизительно 19 см.

При позиционных определениях по координатам судна и по эфемеридам спутников всегда могут быть рассчитаны горизонтные координаты НИСЗ: высота  $h_s$  и азимут  $A_s$ . На рис. 4.18 эти координаты показаны для одного из спутников.

Дистанции, которые проходит сигнал с определенного спутника до антенн  $A_1, A_2$ , отличаются на величину  $\Delta D$ . Эту разность расстояний можно найти, измерив сдвиг фаз  $\Delta\Phi$  несущего сигнала, принимаемого антеннами  $A_1, A_2$ :

$$\Delta\Phi = \Delta\psi + n,$$

где  $n$  – целое число циклов,  $\Delta\psi$  – дробная часть цикла.

Фазовым измерениям присуща многозначность, поэтому измеряется только  $\Delta\psi$ , а  $n$  должно быть определено по дополнительным данным.

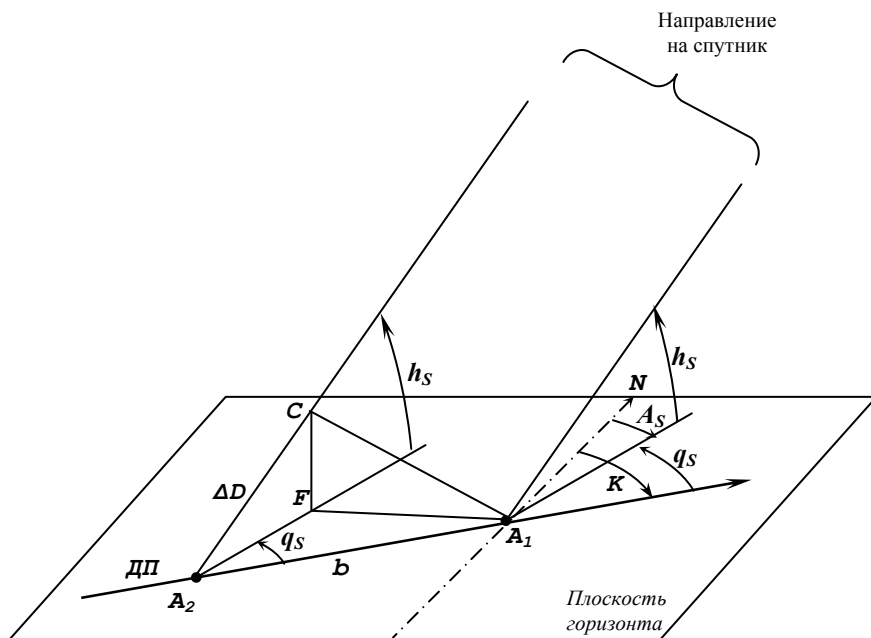


Рис. 4.18. К характеристике принципа работы спутникового компаса.

По значению  $\Delta\Phi$  величина  $\Delta D$  находится по формуле:

$$\Delta D = \lambda \Delta\Phi,$$

где  $\lambda$  – длина волны несущего сигнала.

Зная  $\Delta D$  и высоту  $h_s$  спутника над истинным горизонтом, можно найти курсовой угол  $q_s$  спутника и истинный курс судна  $K$ :

$$A_2 F = \Delta D \cos h_S; \quad q_S = \arccos \frac{A_2 F}{b}; \quad K = A_S - q_S.$$

Значения курса определяются по всем спутникам, находящимся над горизонтом, и усредняются.

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 “Fugino” показано на рис. 4.19. 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 –  $\pm 0.5^{\circ}$ ;
- СКП показаний угла бортовой (килевой) качки –  $\pm 0.5^{\circ}$ ;
- Точное слежение за курсом при скорости поворота – до  $25^{\circ}/с$ ;
- Время прихода в готовность после включения – 4 мин;
- 95% погрешность определения места судна по GPS –  $\pm 10$  м;
- 95% погрешность определения места судна по DGPS –  $\pm 5$  м;
- Интерфейс – МЭК 61162.

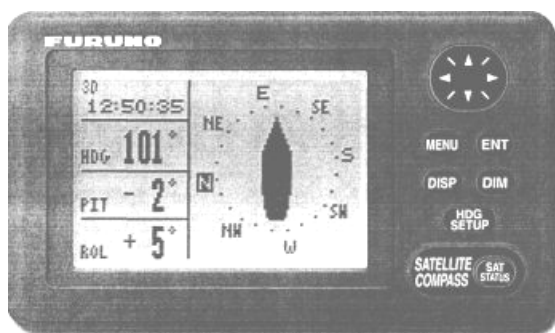


Рис. 4.19. Устройство отображения компаса фирмы “Furuno”.

Другая бортовая аппаратура GPS подобного вида, приемоиндикатор NR230МП фирмы Sercel, обеспечивает точность показаний курса от  $0.03$  до  $0.1^{\circ}$ , а углов бортовой и килевой качки – от  $0.08$  до  $0.2^{\circ}$ . Время прихода в готовность этого приемоиндикатора занимает  $1\div 3$  мин. Обновление показаний координат в приемоиндикаторе NR230МП 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*.



## 4.6. Измерители скорости и проходимого расстояния.

**Лаги** являются датчиками скорости судна и проходимого им расстояния. В настоящее время на судах применяются относительные и абсолютные лаги. Первые измеряют скорость судна относительно воды, а вторые – относительно грунта.

Принципы работы, конструкция и эксплуатация основных видов лагов достаточно полно освещены в литературе для судоводителей. Поэтому здесь дается лишь краткая характеристика этих приборов.

**Требования к лагам.** Минимальные эксплуатационные требования к измерителям скорости и проходимого расстояния определены в Резолюции ИМО А.824(19), 1995г. Ниже приведен ряд положений из этого документа.

Значение скорости в лагах может показываться как в цифровом, так и в аналоговом виде. Информация о проходимом расстоянии должна отображаться в цифровой форме с шагом, не превышающим 0.1 морской мили.

Если лаг имеет режимы измерения скорости «относительно воды» и «относительно грунта», то название используемого в данный момент режима следует показывать на устройстве отображения.

Когда прибор способен определять вектор путевой скорости, то необходимо иметь возможность отображения значения продольной и поперечной ее составляющих.

Погрешность показания скорости на глубокой воде при отсутствии ветра, течения, приливных явлений не должна превышать 2% от скорости судна, или 0.2 узла (в зависимости от того, что больше).

Для таких же условий требуется, чтобы погрешность отсчетов проходимого расстояния была в пределах 2% от его значения или 0.2 морской мили за каждый час (в зависимости от того, что больше).

Если какая-то из причин (состояние моря, глубина под килем, скорость звука в воде, дифферент и т.д.) влияют на показания скорости и проходимого расстояния, то необходимо в документации лага иметь детальное описание этого эффекта.

Эксплуатационные качества прибора не должны ухудшаться при бортовой качке до  $\pm 10^0$  и килевой качке – до  $\pm 5^0$ .

**Электромагнитные лаги.** Лаги современных судов могут измерять скорость на переднем и заднем ходу. Из относительных лагов такой способностью обладают *электромагнитные (индукционные) лаги*. К этому виду измерителей скорости относятся: лаги «ИЭЛ-2», «ЛИ-2», «ЛЭМ-2» (Россия), датчики “Aquaprobe” (EM100) и “Aquacatch” (EM200) фирмы Chernikeeff Instrument Ltd.

(Великобритания), лаг “SAL-EM” фирмы Jungner Marine AB (Швеция), прибор “Naviknot II” фирмы C.Plath (Германия), оборудование “Skipper EML 224” фирмы Skipper Electronics A/S (Норвегия) и ряд других. По своим эксплуатационным характеристикам все эти лаги удовлетворяют требованиям ИМО.

Электромагнитные лаги обычно измеряют продольную составляющую скорости судна. Имеются и двухкоординатные лаги, например, “Skipper EML 224”, который показывает как продольную, так и поперечную составляющие скорости судна. Ряд лагов могут работать как в однокоординатном, так и в двухкоординатном режиме измерения скорости.

Диапазоны значений скорости судна, измеряемых электромагнитными лагами, зависят от вида аппаратуры. Для лагов обычных гражданских морских водоизмещающих судов этот диапазон находится в пределах от  $-20$  до  $+60$  узлов.

Приведем для примера основные эксплуатационные характеристики лага ЛЭМ-2:

- диапазон скоростей: от  $-6$  до  $60$  узлов;
- инструментальная погрешность:  $\leq 0.1$  уз ( $V$  от  $-6$  до  $50$ уз) и  $\leq 0.15$  уз ( $V$  от  $50$  до  $60$ уз);
- погрешность вычисления расстояния  $S$ :  $\leq 0.01$  мили ( $S$  до  $100$  миль), и  $\leq 0.1\%$  ( $S$  свыше  $100$  миль);
- время прихода в готовность после включения: меньше  $5$  мин.

**Гидроакустические доплеровские лаги.** Согласно переработанному правилу 19, главы V конвенции СОЛАС-74 для судов валовой вместимостью  $50$  тыс. рег.т. и более становится обязательным абсолютный лаг для измерения продольной и поперечной составляющих скорости судна относительно грунта. Для измерения абсолютной скорости на морских судах применяются гидроакустические доплеровские и корреляционные лаги.

В зависимости от вида решаемой судном задачи эти измерители скорости подразделяются на лаги для использования на переходах (Speed Log), приборы для швартовки (Docking Log) и комбинированные лаги.

В качестве примеров доплеровских измерителей первого вида можно назвать: аппаратуру «ЛА-53» (Россия), датчики “SRD-331”, “SRD-421/S”, “SRD-401” фирмы Sperry Marine (США), оборудование “DOLOG 20” фирмы STN Atlas Marine Electronics (Германия), лаг “JLN 203” фирмы Japan Radio Co., Ltd (Япония) и ряд других.

Названные приборы с высокой точностью измеряют скорость судна, как на переднем, так и на заднем ходу. Глубины работы этих лагов по грунту могут достигать  $600 \div 800$  м. При плавании на больших глубинах эти лаги работают относительно слоя воды. В этом случае

при измерении скорости не учитывается перемещение этого слоя относительно грунта (течение).

Доплеровский лаг в абсолютном режиме работы имеет точность измерений: скорости – около  $\pm 0.2\%$ , пройденного расстояния –  $\pm 0.2\%$ , угла сноса –  $\pm 0.2^\circ$ .

Приведем характеристики доплеровского лага “DOLOG 20” фирмы STN Atlas Marine Electronics при работе его по грунту:

- диапазон измерения продольной скорости – от  $-5$  до  $+30$  уз;
- диапазон измерения поперечной скорости – от  $-5$  до  $+5$  уз;
- точность измерений скорости –  $0.01$  узла или  $0.2\%$  от измеряемого значения, в зависимости от того, что больше;
- максимальная глубина работы по грунту –  $600$  м.

**Гидроакустические корреляционные лаги.** По сравнению с доплеровскими измерителями скорости и проходимого расстояния корреляционные лаги имеют следующие достоинства:

- одновременно измеряют скорость и глубину под килем;
- на точность измерения скорости судна не влияют условия распространения звука;
- благодаря широким диаграммам направленности, акустические антенны не требуют стабилизировать на качке.

К корреляционным измерителям скорости и пройденного расстояния относятся лаги “SAL-840”, “SAL-860” фирмы Consilium Marine (Швеция).

Корреляционный лаг характеризуется высокой точностью: погрешность измерения скорости лежит в пределах  $\pm 0.1$  уз, пройденного расстояния –  $\pm 0.2\%$ , глубины под килем –  $\pm 1\%$ .

Для примера приведем характеристики доплеровского лага “SAL-860” фирмы Consilium Marine при измерении абсолютной скорости судна:

- диапазон измерения продольной скорости – от  $-8$  до  $+30$  уз;
- диапазон измерения поперечной скорости – от  $-8$  до  $+8$  уз;
- точность измерений скорости –  $0.1$  узла или  $0.5\%$ , в зависимости от того, что больше;
- максимальная глубина работы по грунту –  $300$  м.

В режиме работы относительно воды этот лаг измеряет скорость в диапазоне от  $0$  до  $+30$  узлов. Точность измерения скорости относительно воды составляет  $0.1$  узла ( $V$  до  $10$  узлов) и  $1\%$ , когда  $V$  больше  $10$  узлов. Погрешность в проходимом относительно воды расстоянии лежит в пределах  $1\%$  от его значения.

**Радиодоплеровский лаг.** Этот датчик предназначается для судов с динамическими принципами поддержания, а также для ледоколов. Он служит для измерения продольной, поперечной скорости судна и проходимого им расстояния относительно поверхности моря, льда или суши.

По принципу работы рассматриваемый прибор аналогичен гидроакустическому доплеровскому лагу, только в первом датчике применяются электромагнитные волны, а во втором – ультразвуковые.

Из существующих образцов радиодоплеровских лагов можно назвать «РДЛ-3» (Россия). Этот лаг имеет следующие характеристики:

- диапазон измерения продольной скорости: от 0.5 до 100 уз;
- диапазон измерения поперечной скорости: от –25 до +25 уз;
- погрешность измерения скорости: от  $\pm 0.1$  до  $\pm 0.4$  узла;
- СКП вычисления расстояния  $S$ :  $\pm 0.1\%$  ( $S$  до 100 миль).

По данным измерений скорости этот лаг находит угол дрейфа, приращения к начальным координатам и отображает вычисленные значения.

#### **4.7. Указатели скорости поворота судна, акселерометры, датчики параметров качки.**

Датчики угловой скорости и акселерометры (устройства, измеряющие линейные ускорения) могут быть многих видов и разных классов точности. Целям судовождения гражданских морских судов удовлетворяет названная аппаратура невысокой степени точности.

##### **4.7.1. Датчики скорости поворота судна.**

Согласно правилу 19, V главы конвенции СОЛАС-74 для судов, валовой вместимостью 50 тыс. рег.т. и более, становится обязательным указатель скорости поворота судна (УСП), который относится к датчикам угловой скорости (ДУС). Информация УСП оказывает помощь судоводителю при швартовках, при маневрировании в стесненных водах, при постановках судна в док. Она также нужна в авторулевых для обеспечения требуемого качества стабилизации курса и для автоматического выполнения поворотов.

##### **Требования ИМО к указателям скорости поворота.**

Эксплуатационные требования к датчикам скорости поворота морских судов изложены в резолюции ИМО А.526(13), принятой в 1983 году. Приведем выдержки из этого документа.

УСП может быть отдельным устройством либо входить в состав других навигационных приборов. Он должен показывать угловую скорость при поворотах судна вправо и влево.

Необходимо, чтобы УСП имел линейный масштаб в диапазоне измерений, не меньшем  $\pm 30^{\circ}/\text{мин}$ .

Расхождение отображаемой скорости поворота с ее действительным значением не должно быть больше, чем  $0.5^{\circ}/\text{мин}$  плюс

5% от индицируемого значения скорости. В эту цифру следует включать и влияние скорости вращения Земли.

Бортовая качка судна с амплитудой  $5^0$  и периодом вплоть до 25 с. и килевая качка с амплитудой  $1^0$  и периодом до 20 с. не должны вызывать отклонений в показаниях прибора, превышающих  $0.5^0$ /мин.

Требуется, чтобы после включения УСП приходил в готовность в интервале времени, не превышающем 4 мин.

#### Датчики скорости поворота с классическими гироскопами.

При швартовках крупнотоннажных судов опасными при соприкосновении с причалом могут быть даже малые значения угловой скорости, которые находятся за пределом восприятия человеком. Поэтому УСП должны измерять скорость поворота судна с точностью не ниже, указанной в требованиях ИМО.

Гироскопические УСП измеряют скорость поворота судна относительно инерциального пространства и их данные включают составляющую скорости суточного вращения Земли. Возникающей в результате погрешностью пренебрегают, так как угловая скорость Земли мала.



**Рис. 4.20. Датчик скорости поворота судна фирмы Raytheon.**

До недавнего времени судовые УСП основывались только на классических гироскопах. В качестве примеров таких УСП можно привести: навигационный гиротаксметр «Галс-3» (Россия), датчик “Naviturn” фирмы C.Plath (Германия), указатель “RoT Indicator H-110” (Нидерланды) и другие. Принцип работы, конструкция и эксплуатация УСП с классическими гироскопами достаточно хорошо освещены в специальной литературе для судоводителей.

На рис 4.20 представлен общий вид классического указателя скорости поворота фирмы Raytheon. Он включает основной прибор, устройство отображения и контроля. Этот датчик имеет встроенную

систему проверки своей работы. Его чувствительность составляет  $0.1^0/\text{мин}$ , а разрешение -  $0.3^0/\text{мин}$ . Вес прибора – 3.5 кг. Время прихода в готовность после включения занимает менее 160 с.

**Фиброоптические УСП.** В настоящее время в качестве УСП начали применяться датчики с оптическими и вибрационными гироскопами.

Оптические гироскопы были освещены в параграфе 4.4. Аппаратура невысокой точности этого типа приборов, применяемая для измерения скоростей поворота водоизмещающих судов, является дешевой, благодаря простоте своей конструкции. Можно ожидать, что со временем она вытеснит УСП с классическими гироскопами.

В качестве примера фиброоптических датчиков невысокой точности приведем прибор ВГ951, выпускаемый в России. Он имеет следующие характеристики:

- Диапазон измерений –  $40^0/\text{с}$ ;
- Стабильность нуля –  $0,7^0/\text{с}$ ;
- Уровень шума,  $1/\sqrt{Гц}$  –  $1^0/\text{час}$ ;
- Нестабильность масштабного коэффициента – 0,2%;
- Масса – 680 г;
- Габаритные размеры –  $\text{Ø}150 \times 30$  мм.

**Вибрационные гироскопы.** Вибрационные измерители угловых скоростей могут быть разных видов, разных классов точности, обычного и микроисполнения. На судах и кораблях они уже начали использоваться в датчиках параметров качки.

Чувствительный элемент рассматриваемых датчиков (вибрационный резонатор) при вращении подвержен эффекту Кориолиса. В нем возникает вторичная вибрация, ортогональная по направлению с инициированной вибрацией резонатора. Интенсивность вторичной вибрации пропорциональна угловой скорости поворота чувствительного элемента.

Для создания вибрационных колебаний в резонаторе часто используется пьезоэлектрический эффект. Поэтому чувствительные вибрационные элементы называют также «пьезо», «кремниевыми», «керамическими» или «кварцевыми» гироскопами, хотя фактически имеются и вибрационные датчики, не использующие пьезоэффект.

Наиболее 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.

Благодаря малым размерам и низкой стоимости открываются перспективы широкого использования кремниевых ДУС во многих

областях (автомобили, бинокли, видеокамеры, телескопы, различного вида роботы), не говоря уже о традиционных приложениях, таких как навигационные системы и устройства для судов и самолетов. По своим характеристикам ряд из кремниевых датчиков может быть применен в качестве УСП. Такие приборы уже используются в устройствах для измерения параметров качки морских судов.

Наиболее совершенным видом кремниевых микромеханических устройств для измерения угловых скоростей являются, так называемые, кольцевые виброгироскопы. Рассмотрим их подробнее.

**Состав кольцевого вибрационного датчика угловой скорости.** Кольцевой виброгироскоп (рис. 21,а) состоит из вибрационного кольца, восьми поддерживающих кольцо пружин, управляющих, сигнальных, и настраивающих электродов.

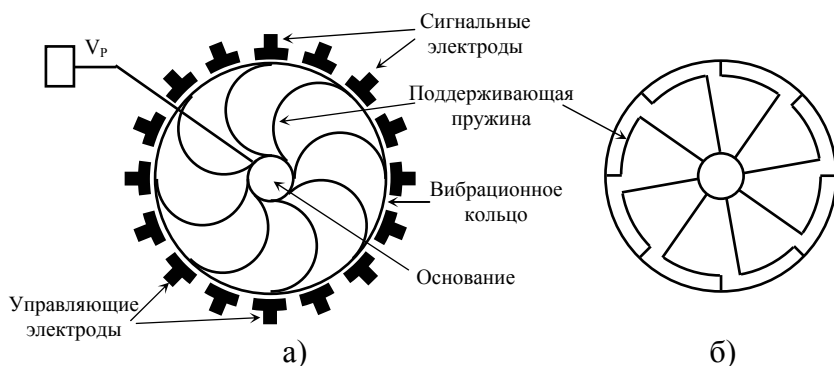


Рис. 21. Структура вибро-гироскопического ДУС.

Вибрационное кольцо и электроды изготовлены из кремниевой пластины с низким сопротивлением ( $0.002 \Omega/\text{см}$ ). На них с помощью фотолитографии нанесена металлическая сетка. На вибрационное кольцо подается поляризованное напряжение  $V_p$ .

Поддерживающие пружины имеют форму полуокружности. Они укреплены на круглой основе внутри кольца. Эта основа и электроды закреплены на стеклянной пластине. В последних видах гироскопов чаще используется вид пружин, показанный на рис. 21,б.

**Принцип измерения угловой скорости.** Поясним принцип измерения угловых скоростей с помощью кольцевого виброгироскопа упрощенно, в популярной форме.

В этом ДУС выделяют два режима вибрации кварцевого кольца. С помощью управляющих электродов, на которые подается переменное напряжение, инициируется первый режим вибрации кольца с постоянной амплитудой  $A_y$  (возбуждаемый режим).

Когда происходит вращение гироскопа вокруг оси кольца с той или иной угловой скоростью  $\omega$ , сила Кориолиса вызывает второй (сигнальный) режим совместной вибрации, отклоненной по направлению от первого на  $45^\circ$ . Направления вибрации кольца в возбуждаемом и сигнальном режимах представлены на рис. 22. Формы кольца, соответствующие четырем фазам его колебаний в этих режимах, показаны на рис. 23.

Амплитуда колебаний кольца во втором режиме пропорциональна  $\omega$ . Таким образом, если по направлению второго режима расположить сигнальный электрод, то максимальный зазор между этим электродом и вибрирующим кольцом будет изменяться пропорционально угловой скорости поворота. Амплитуда  $A_C$  колебаний кольца в этом направлении может быть получена по формуле:

$$A_C = 4K \frac{Q}{\omega_0} A_Y \omega;$$

где  $A_Y$  – амплитуда вибрации кольца в возбуждаемом режиме;  $K \approx 0.37$  – коэффициент, зависящий от геометрии кольца;  $Q$  – фактор качества конструкции гироскопа;  $\omega_0$  – резонансная частота колебаний кольца.

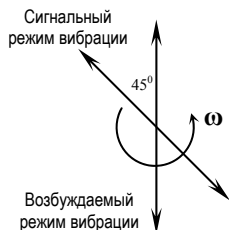


Рис. 22. Направления вибрации первого и второго режимов

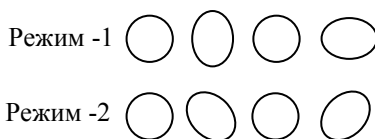


Рис. 23. Формы кольца в четвертных фазах вибрации

Для мониторинга амплитуды  $A_C$  используется емкостный метод измерений. Колебание величины зазора между поверхностями кольца и сигнального электрода приводит к пропорциональному изменению емкости между ними. В результате появляется синусоидальное напряжение на сигнальном электроде с частотой колебаний кольца. С помощью специальной схемы из этого сигнала выделяется компонента, соответствующая амплитуде вибрации  $A_C$ , и по ней получается значение  $\omega$  угловой скорости поворота.

Для возбуждения вибрации кольца может применяться три электрода. Такое же количество используется и для съема сигналов. Обычно четыре электрода служат для настройки (балансировки) гироскопа. Остальные электроды заземлены.

**Достоинствами кольцевых вибрационных ДУС являются:**



- относительно высокая точность измерений;
- низкая чувствительность к внешним ускорениям и ударам;
- малая подверженность влиянию изменений температуры;
- возможность настройки (балансировки) на оптимальный режим;
- малый вес, размеры, стоимость, не требуют обслуживания.

В качестве примера вибрационных микроизмерителей угловой скорости, способных обеспечивать разрешающую способность до  $0,2^{\circ}/\text{мин}$ , можно привести однокристалльный кремниевый микродатчик с кольцевым резонатором фирмы Silicon Sensing Systems Japan Ltd (рис. 4.24).

Его вибрационное кольцо имеет диаметр всего 2.7 мм. Чувствительность этого датчика составляет 140 мV на  $1^{\circ}/\text{с}$ . Микродатчик обладает высокой надежностью, не требует обслуживания.

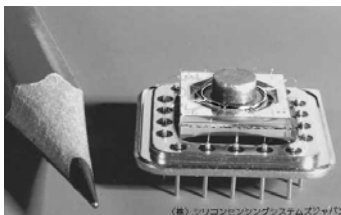


Рис. 4.24. Микродатчик угловой скорости.

#### 4.7.2. Акселерометры.

Акселерометрами называют устройства, которые измеряют линейные ускорения. Эти приборы уже находят применение на морских судах. Можно привести следующие примеры. В современных курсоуказателях, построенных по star-down-технологиям, данные акселерометров служат для определения положения горизонтальной плоскости. В системах мониторинга нагрузок на корпусе акселерометры применены для определения вероятности слеминга и опасных значений ускорений корпуса судна на волнении.

Акселерометры могут быть различных типов: струнные, маятниковые, жидкостные, кварцевые и т.д.

**Принцип измерения ускорений.** В основе работы акселерометров лежит второй закон Ньютона: когда ускорение  $a$  действует на известную «чувствительную массу»  $m$ , возникает сила  $F = ma$ , измерив которую можно получить значение ускорения.

Чтобы измерить силу, в акселерометрах обычно применяют пружину (рис. 4.25). Величина  $\Delta l$  растяжения/сжатия пружины пропорциональна действующей силе, а, следовательно, и ускорению:

$$\Delta l = k_a a ;$$

где  $k_a$  - коэффициент пропорциональности.

Для измерения  $\Delta l$  в современных акселерометрах обычно используется один из трех методов:

- Емкостной;
- Пьезорезисторный;
- Пьезоэлектрический.

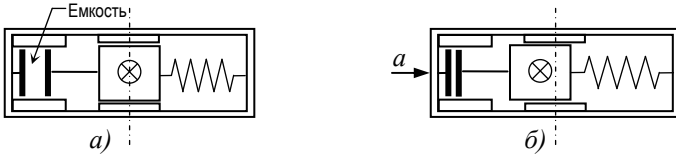


Рис. 4.25. Схема акселерометра: а) в спокойном состоянии; б) под действием ускорения.

На рис. 4.25 показан вариант первого метода. Как известно, емкость плоского конденсатора может быть определена по формуле:

$$C = \varepsilon S / (4\pi d) = \sigma / d ;$$

где  $S$  – площадь поверхности одной обкладки конденсатора;  $d$  – расстояние между обкладками;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость материала, находящегося между обкладками;  $\sigma = 0.25\varepsilon S / \pi$ .

**Кремниевый емкостной акселерометр.** Одним из прогрессирующих видов измерителей ускорений являются кремниевые емкостные акселерометры, благодаря своим малым размерам и низкой стоимости. Они относятся к устройствам невысокой точности. Однако она вполне достаточна для применения этого вида акселерометров в датчиках горизонта гироскопов, построенных по strapdown-технологии, и в измерителях ускорений систем мониторинга нагрузок на корпус судна.

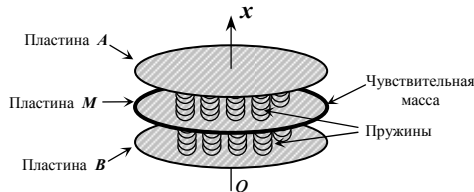


Рис. 4.26. Схема кремниевого емкостного акселерометра.

**Состав прибора.** Акселерометр рассматриваемого вида (рис. 4.26) состоит из трех кремниевых пластин ( $A, M, B$ ) и пружинки между ними. Эти элементы помещены в герметическую камеру, заполненную

специальным «демпфирующим» газом. Внешние пластины  $A, B$  по отношению к корпусу акселерометра неподвижны, а внутренняя –  $M$ , представляет собой чувствительную массу акселерометра. На пластинах с помощью фотолитографии нанесена металлическая сетка.

Пластины являются обкладками двух конденсаторов, обозначим их  $A, B$  в соответствии с названием внешних пластин акселерометра. Емкости  $C_A$  и  $C_B$  этих конденсаторов зависят соответственно от расстояний  $d_A, d_B$  между пластинами А-М и В-М.

**Принцип измерений ускорений.** Акселерометр измеряет ускорения, действующие по оси  $ox$ .

При отсутствии ускорений расстояния между пластинами А-М и В-М одинаковы ( $d_A=d_B=d_0$ ) и емкости  $C_A$  и  $C_B$  конденсаторов равны:  $C_A=C_B=C_0$ .

Когда вдоль оси акселерометра действует ускорение  $a$  (допустим по направлению  $ox$ ), то зазоры между пластинами меняются на одинаковую величину,  $d_A$  - увеличивается, а  $d_B$  - уменьшается:

$$d_A = d_0 + k_a a ; \quad d_B = d_0 - k_a a .$$

Соответственно изменяются и емкости конденсаторов:

$$C_A = \frac{\sigma}{d_0 + k_a a} ; \quad C_B = \frac{\sigma}{d_0 - k_a a} .$$

Если измерить эти емкости, то можно определить ускорение по формуле:

$$a = \frac{d_0(C_B - C_A)}{k_a(C_B + C_A)} .$$

Для получения значений емкости конденсаторов на них подается переменный ток  $i$  частотой  $\omega$ , и измеряется напряжение  $U$  между обкладками конденсаторов. Оно равно  $U = iR_C$ , где  $R_C = 1/(\omega C)$  – сопротивление конденсатора. Отсюда следует, что

$$C = \frac{i}{\omega U} = k_\omega / U$$

где  $k_\omega = i / \omega$ .

**Характеристики акселерометров.** Микроакселерометры могут быть однокоординатными, двухкоординатными и иметь разную точность.

Приведем характеристики одного из кремниевых емкостных измерителей ускорений:

- Диапазон измерений –  $100 \text{ м/с}^2$ ;
- Стабильность нуля –  $0,0001 \text{ м/с}^2$ ;
- Уровень шума,  $1/\sqrt{f_{ш}}$  –  $0,001 \text{ м/с}^2$ ;
- Нестабильность масштабного коэффициента –  $0,15\%$ ;

- Габаритные размеры – 17х11х12 мм<sup>3</sup>.

### **4.7.3. Датчики параметров качки.**

В настоящее время на базе современных технологий созданы различного вида приборы для измерения параметров движения корпуса судна на качке: однокоординатные и двухкоординатные инклинометры, обнаружители угловых движений, датчики линейных перемещений и комбинированные устройства, включая измерители угловых и линейных перемещений по всем шести пространственным степеням свободы.

Применение приборов для получения параметров движения судна на качке, включающих три датчика угловых скоростей и три акселерометра, позволяет оценить вызванные качкой силы на корпусе судна и в креплениях грузов, а также обоснованно выбрать режим штормования. Образцы систем для контроля нагрузок и выбора режимов штормования по измеряемым данным о параметрах движения судна на качке уже созданы.

Ряд приборов для оценки параметров качки основан на использовании кремниевых виброгирометров и акселерометров. Они представляют информацию для определения всех составляющих движения корпуса судна на волнении (Pitch, Roll, Yaw, Surge, Sway, Heave). В качестве примера этого вида датчиков можно привести аппаратуру фирмы Silicon Sensing Systems Japan Ltd, построенную по strapdown-технологии. Она позволяет измерять:

- угловые скорости в диапазоне от 0.1 до 100<sup>0</sup>/с с разрешением 0.1<sup>0</sup>/с,
- углы рыскания, килевой и бортовой качки с точностью 0.1<sup>0</sup>,
- линейные ускорения со средней квадратической погрешностью 0.01 м/с<sup>2</sup>.

## **4.8. Автоматические идентификационные системы.**

### **4.8.1. Общие сведения.**

Автоматическая идентификационная система - АИС (Automatic Identification System - AIS) является техническим средством судовождения, использующим взаимный обмен информацией между судами, между судном и берегом, а также между средством навигации и судном (или береговой станцией), с целью:

- опознавания судов,
- решения задач по предупреждению столкновений,
- контроля соблюдения режима плавания и мониторинга судов в море,
- улучшения характеристик навигационного ограждения.

АИС расценивается как величайшее достижение в навигационной безопасности со времени изобретения РЛС. АИС также называют *автоматическими идентификационно-информационными системами*, подчеркивая этим, что они используются не только для целей идентификации.

Автоматические идентификационные системы позволяют:

- обмениваться информацией между судами при их расхождении в море;
- передавать сведения о судне и его грузе в береговые службы;
- направлять с судна навигационные данные в береговые системы управления движением (СУДС) с целью обеспечения более точной и надежной проводки;
- СУДС оказывать навигационную помощь судам;
- передавать на судно или на береговую станцию информацию с навигационных средств ограждения для их идентификации, своевременного обнаружения, получения точных координат.

По линии АИС с берега могут передаваться навигационные и метеорологические предупреждения на суда, плавающие в прибрежных водах.

АИС работает на двух УКВ частотах: 161,975 МГц (AIS-1, канал 87) и 162,025 МГц (AIS-2, канал 88), выделенных Международным телекоммуникационным союзом. Обмен данными между станциями АИС производится с использованием самоорганизующейся с разделением времени и свободным доступом технологии SOTDMA (Self-Organized Time Division Multiple Access). Эта технология позволяет с большой скоростью передавать блоки составного сообщения с гарантией надежного одновременного обмена данными со многими другими АИС.

Дальность действия АИС зависит от высоты антенны и составляет порядка 20÷30 миль.

На судах АИС должна быть в рабочем состоянии все время, за исключением ситуаций и районов, где требуется обеспечивать защиту информации. В этих ситуациях и районах капитан имеет право отключить АИС для предупреждения возможности использования ее данных в неблагоприятных целях.

#### **4.8.2. Бортовая аппаратура АИС.**

**Типы бортовой аппаратуры АИС.** Судовое оборудование АИС называется «*универсальным транспондером*». Различают бортовую аппаратуру класса А и В.

Оборудование класса А должно полностью удовлетворять требованиям ИМО к АИС и устанавливаться на судах, указанных в правиле 19 главы 5 СОЛАС.

Требования к АИС класса В ниже. Аппаратура этого класса может не в полной мере соответствовать стандартам ИМО. Она проще, дешевле универсального транспондера класса А и предназначена для малых судов, не попадающих под действие конвенции в отношении установки АИС.

**Состав аппаратуры.** Судовое оборудование АИС используется для обмена данными, синхронизации, формирования и коммутации потоков информации.

Универсальный транспондер АИС (Рис. 4.27) состоит из основного блока (Transponder unit), модуля управления и отображения (Multiplexed Keyboard and Display unit), УКВ и GPS антенн.



Рис. 4.27. Комплект бортовой аппаратуры АИС.

**Основной блок** включает приемопередатчик, связной процессор, внутренний GPS приемник, средство контроля достоверности передаваемых и принимаемых данных, встроенную систему автоматической проверки работоспособности.

**В приемопередатчик** входят три независимых приемника (два SOTDMA, один цифрового избирательного вызова: DSC - Digital Selective Calling), один передатчик, который излучает данные, выбирая один из двух SOTDMA-каналов. Он также может использоваться для ответа на запрос по каналу цифрового избирательного вызова.

**Внутренний GPS приемник** обеспечивает главным образом точную временную синхронизацию приема/передачи информации АИС. Он может применяться и как резервный датчик позиции, путевого угла и скорости судна при выходе из строя основного внешнего приемника GPS.

**Связной процессор** создает и распределяет по времени пакеты данных для передачи статической, динамической информации о судне и сведений о рейсе. Он контролирует прием данных по линии связи

АИС, производит их расшифровку и упорядочивание, управляет выводом информации на устройства отображения, регулирует процесс считывания информации с навигационных приборов, управляет набором морских частот и переключением каналов.

**Блок управления и отображения** содержит клавиатуру с небольшим текстовым дисплеем для отображения набираемой и минимально необходимой принимаемой информации. С помощью клавиатуры вводится часть из предназначенных к передаче сведений. Вводимые данные отображаются на дисплее, что позволяет контролировать их правильность. Клавиатура и дисплей АИС должны быть независимыми от других навигационных устройств.

**Сопрягаемая с АИС аппаратура.** Блок управления и отображения имеет средства для стыковки с аппаратурой, выполняющей протокол МЭК 61162. К нему могут подсоединяться: приемник СНС, гирокомпас, лаг, гироскопический указатель угловой скорости, датчики крена и параметров качки, станция дальней связи Инмарсат-С, а также внешние системы отображения, дисплеи: РЛС, САРП, ЭКДИС, ЭКС, РКДС, РС. Данные от внешнего приемника СНС принимаются в геодезической системы координат WGS84 с разрешением, не хуже одной десятитысячной минуты дуги.

**Электропитание.** АИС и связанные с ней датчики информации питаются от основного источника электроэнергии на судне. Дополнительно они должны иметь альтернативные блоки энергоснабжения.

**Функции бортовой аппаратуры.** Универсальный транспондер АИС обеспечивает:

- автоматическую идентификацию судов;
- самоорганизацию системы и управление доступом к радиоканалам;
- прием данных по радиоканалу от АИС других судов, береговых центров и средств ограждения;
- передачу собственных данных в радиоканал для использования другими судами и береговыми центрами;
- прием и обработку информации подключенных к АИС систем и устройств на собственном судне;
- ввод статических, дополнительных динамических данных и бинарных сообщений для отправки в радиоканал;
- сохранение статических данных, предназначенных для автоматической передачи;
- вывод принятых по радиоканалу сведений на устройства отображения;
- выдачу информации о своей работоспособности, об обнаружении неполадок и при выходе из строя;
- предотвращение несанкционированного изменения введенных или передаваемых данных;
- возможность отключения АИС капитаном судна в тех районах, где информация АИС может быть использована для неблагоприятных целей.

**Режимы работы АИС.** Аппаратура АИС может работать в режимах ближней и дальней связи.

**Режимы ближней связи.** Основным для транспондера АИС является *«автономный, непрерывный» режим* работы (Autonomous and continuous mode). Судовая аппаратура АИС в этом случае передает на двух УКВ частотах блоки информации через короткие интервалы времени.

Следует заметить, что при необходимости представители компетентной власти в районе СУДС могут переключить бортовую аппаратуру АИС с «автономного режима» на один из следующих:

- *«назначенный» режим* (Assigned mode) – при котором интервал передачи данных различных блоков информации судовой АИС устанавливается дистанционно с берега;
- *режим «по запросу»* (Polled mode) – когда данные передаются судовой АИС только в ответ на запрос с берега или от другого судна.

**Режим дальней связи.** Предусмотрена передача данных АИС на большие расстояния. Для этого обеспечивается возможность сопряжения судовой АИС со станцией спутниковой связи ИНМАРСАТ-С. При подключении АИС к этой станции должны выполняться требования протокола МЭК 61162-2.

Режим дальней связи предназначен для обмена информацией между судном и берегом. Он может быть использован только компетентными властями.

Ответственность национальных администраций за организацию движения судов, поиск и спасение, эксплуатацию шельфовых ресурсов, защиту окружающей среды распространяется на широкие прибрежные районы. Они включают континентальный шельф, рыболовные районы, экономические и танкерные эксклюзивные зоны, акватории, где суда должны поставлять информацию о своем движении. Режим дальней связи АИС обеспечивает эффективное средство для мониторинга, контроля соблюдения правил плавания и эффективного управления движением судов в этих зонах. Частота передач здесь реже, максимум 2÷4 раза в час. В среднем данные передаются через 3 или 4 часа. В режиме дальней и ближней связи бортовая аппаратура АИС работает параллельно.

### **4.8.3. Информация, предоставляемая АИС.**

**Содержание передач.** Информация, посылаемая АИС-транспондером класса А в автономном непрерывном режиме, разделяется на данные о судне, сведения о рейсе, короткие сообщения о безопасности.

Информация о судне делится на статическую и динамическую.

**Статическая информация** включает в себя:



- ММСИ номер – Maritime Mobil Service Identity number.
- ИМО номер судна (если он имеется);
- Позывной сигнал и название судна;
- Значения длины и ширины судна;
- Тип судна;
- Данные, характеризующие место антенны бортовой аппаратуры позиционной системы (расстояния от носа и кромки правого борта судна).

**Динамическая информация** – это сведения о положении, элементах движения, навигационном статусе судна. **Навигационный статус** характеризует состояние судна как объекта маневрирования. В перечень видов навигационного состояния входят следующие значения: «судно не управляется», «судно ограничено в возможности маневрирования» и т.д.

Информация о *навигационном статусе* вводится в память системы вручную. Данные об элементах движения судна поступает в АИС автоматически от соответствующих датчиков. Имеется также возможность ручного ввода этих сведений.

Динамическая информация состоит из таких элементов:

- Координаты судна с указанием их точности;
- Время UTC, которому соответствуют значения передаваемых данных;
- Курс относительно грунта (путевой угол);
- Скорость относительно грунта (путевая скорость);
- Курс (направление диаметральной плоскости судна);
- Навигационное состояние судна;
- Скорость поворота (где возможно);
- Угол крена (если возможно);
- Угол килевой и бортовой качки (если возможно).

**Информация, связанная с рейсом**, содержит значение осадки судна, сведения о наличии опасного груза и его тип. По усмотрению капитана в эту информацию может включаться порт назначения судна, ожидаемое время прибытия в него и план перехода (последовательность координат путевых точек).

Таблица 4.3.

Интервал передачи данных, характеризующих движение судна.

Состояние судна	Интервал между сообщениями
Судно на якоре	3 минуты
Скорость 0-14 узлов	12 секунд
Скорость 0-14 узлов и меняющийся курс	4 секунды
Скорость 14-23 узла	6 секунд
Скорость 14-23 узла и меняющийся курс	2 секунды
Скорость более 23 узлов	3 секунды
Скорость более 23 узлов и меняющийся курс	2 секунды

**Частота обновления информации.** В основном режиме работы виды данных АИС передаются с разной частотой. Статические сведения о судне посылаются каждые 6 минут и по требованию. Интервал передачи динамической информации зависит от скорости судна и изменения курса (табл. 4.3). Связанные с рейсом сведения посылаются с периодом 6 минут, при изменении этих данных и по запросу.

Короткие сообщения относительно безопасности направляются по мере надобности.

**Короткие сообщения о безопасности.** Кроме основной информации, АИС имеет возможность передавать различные короткие «бинарные» сообщения» (Binary Messages). Максимальная длина таких посланий - 121 символ.

Короткие сообщения могут использоваться с целью:

- извещения других судов и береговых станций об определенных событиях;
- передачи береговыми станциями на суда информации об опасностях и рекомендаций при оказании навигационной помощи;
- посылки сообщений судами в режиме дальней связи;
- усовершенствования лоцманского обеспечения и портового управления,
- уменьшения объема связи по УКВ.

Следует отметить, что бинарные сообщения не предназначены для дублирования информации таких служб как GMDSS, SAR, прогнозов погоды, и не освобождают от необходимости соблюдения МППСС.

**Режим дальней связи.** Режим дальней связи должен применяться с целью мониторинга движения судов в подконтрольных государству зонах. В режиме дальней связи бортовая аппаратура АИС передает такую информацию:

- название судна и позывной;
- MMSI и ИМО номер;
- дата, UTC;
- координаты места;
- курс и скорость;
- пункт назначения и ETA;
- осадка;
- длина и ширина судна;
- тип судна.

**Аппаратура АИС класса В** выполняет аналогичные транспондеру класса А функции, но имеет такие отличия:

- меньшую скорость передачи данных;
- не передает ИМО номер судна и его позывной;
- не сообщает ожидаемое время прибытия (ETA) и порт назначения;
- только принимает, но не посылает короткие сообщения о безопасности;
- не передает информацию о скорости поворота;

- не сообщает осадку судна.

#### 4.8.4. Преимущества АИС перед РЛС и САРП.

При решении задач по предупреждению столкновений судов аппаратура АИС имеет ряд преимуществ перед РЛС и САРП. Отметим из них следующие.

Использование АИС приводит к *увеличению дистанции*, на которой обнаруживаются суда, причем расстояние обнаружения не зависит от размеров и ракурса судов-целей. Дальность УКВ связи, применяемой для передачи сообщений АИС, зависит от высоты антенны и составляет порядка 20÷30 миль. При использовании РЛС дистанция обнаружения зависит от эффективной площади отражающей поверхности цели (тоннажа, типа судна и его ракурса). При отсутствии помех распространению и приему радиоволн среднетоннажные суда обнаруживаются с помощью РЛС на расстояниях 10÷18 миль, а малые – 3÷10 миль.

Благодаря оборудованию судов высокоточными системами для определения своих кинематических параметров и АИС-транспондером для передачи этих данных всем пользователям, *повышается точность знания положения и элементов движения судов-целей*, а, следовательно, эффективность расхождения с ними.

АИС *позволяют получать элементы движения маневрирующих и маневрирующих целей в реальном масштабе времени*, независимо от скорости цели. В САРП кинематические параметры объектов получают путем фильтрации их отметок на определенном временном интервале. Поэтому после захвата цели на сопровождение и после маневрирования на нахождение ЭДЦ затрачивается порядка двух-трех минут. Это время зависит от скорости цели. Для тихоходных целей оно больше, чем для быстроходных. ЭДЦ маневрирующих судов САРП определяет с очень низкой точностью. Ввиду инерционности фильтра, данные САРП об элементах движения целей запаздывают порядка на 1-2 минуты.

При использовании АИС *уменьшается время обнаружения маневра цели*. Маневр судна АИС выявляет в результате анализа передаваемых им значений своего курса и угловой скорости. В САРП маневр цели обнаруживается путем статистического определения факта отклонения ее отметок от гипотезы прямолинейного равномерного движения. По данным исследований, проведенных специалистами, среднее время на выявление маневра у РЛС/САРП составляет 1 мин 25с, а у АИС – не более 20 с.

У АИС нет и ряда других недостатков САРП, например, представления ошибочной картины маневрирования большого

грузенного танкера с кормовой настройкой. Радиолокационная отметка такой цели соответствует корме. Движение кормы при маневре курсом отличается от движения центра массы судна, что способствует еще большей задержке в выявлении маневра.

При использовании АИС *на дистанцию обнаружения и точность определения элементов движения целей не влияют помехи от моря, осадков, наличие теневых секторов и работа других РЛС*, как это имеет место при использовании РЛС и САРП. В результате обеспечивается возможность своевременного обнаружения малых судов и наблюдения за ними в условиях сильного волнения моря и интенсивных осадков.

АИС *позволяет сопровождать цели, когда они идут вблизи берега и в узком канале*. Она исключает возможность «обмена объектов» при малом расстоянии между целями. На сопровождение САРП влияет разрешающая способность радиолокатора и величина стробов для селекции отметок целей, что может вызвать невозможность получения координат судна, находящегося около берега, и «переброс» маркеров целей («обмен объектов»), когда расстояние между ними мало.

Предупреждению столкновений судов способствует также взаимный обмен по линии АИС информацией о названии и типе судна, о его позывном, ММСИ-номере, размерах, осадке, о наличии опасного груза, о навигационном статусе. На экране ECDIS для получения такой информации АИС-цель «выбирается» с помощью манипулятора. Зная название судна, его позывной, ММСИ-номер, судоводитель с помощью УКВ радиотелефона или GMDSS-аппаратуры может связаться с любым судном для координации действий. С помощью радиолокационной системы указанных сведений о судне получить невозможно.

Кроме вышеперечисленного, следует также отметить *способность транспондера АИС передавать маршрут судна*. Наличие, кроме оперативных данных об элементах движения встречного судна, плана, которого оно придерживается, дает ясную картину о его намерениях.

#### **4.9. Радиолокационные средства.**

Необходимые штурманам сведения о радиолокационном оборудовании и о методах его использования в целях судовождения приведены во многих учебниках и учебных пособиях. Поэтому ниже обращено внимание лишь на ряд моментов, касающихся этих средств.

Радиолокационная аппаратура и *НИС* выгодно дополняют друг друга. Подключение РЛС к *НИС* это не просто добавление еще одного датчика. Информация РЛС позволила *НИС* служить не только

средством для предотвращения посадок на мель, но и стать системой предупреждения столкновений. Представление данных РЛС на экране *НИС* повышает уверенность судоводителя в надежности отображаемого на электронной карте места судна и позволяет контролировать качество информации позиционной системы. Сопоставление информации РЛС с картой дает возможность обнаружить смещение со штатных мест средств плавучего навигационного ограждения. *НИС* позволяет РЛС показать не только элементы движения целей, но и их географические координаты, и как они движутся по отношению к подводным препятствиям. Для выработки маневров расхождения в стесненных водах, где необходимо учитывать как взаимное расположение и движение судов, так и информацию о надводных и подводных опасностях, представление данных РЛС/САРП и карты на одном мониторе имеет преимущество перед их отдельным отображением.

В настоящее время ИМО подготовило проект требований к радиолокационному оборудованию, которые определяют, каким должно быть новое поколение РЛС. Прежде чем рассматривать этот проект, приведем список действующих стандартов радиолокационных средств.

#### **Перечень требований к радиолокационному оборудованию.**

Действующие минимальные эксплуатационные требования к радиолокационному оборудованию судов изложены в следующих документах ИМО:

- Эксплуатационные требования к РЛС - Резолюция MSC.64(67), 1996, Приложение;
- Эксплуатационные требования к САРП - Резолюция А.823(19), 1995;
- Эксплуатационные требования к РЛС для скоростных судов - Резолюция А.820(19), 1995.

Вопросов отображения информации в радиолокационных системах касаются также:

- Руководство по оперативному использованию АИС на борту судна - ИМО Резолюция А.917(22);
- Временное руководство для представления и отображения информации о АИС-целях - ИМО циркуляр SN/Circ.217 от 11.07.01 .

**Проект новых требований.** В марте 2003 г. на 49 сессии субкомитета ИМО по безопасности навигации был предложен проект новых общих стандартов радиолокационного оборудования, которые в недалеком будущем заменят перечисленные выше требования.

**Основанием для переработки существующих требований к РЛС и САРП и к их объединению с учетом ряда дополнительных вопросов послужили следующие причины.**

В обозримом будущем **РЛС будет оставаться главным средством обеспечения безопасности судоходства**, так как ее информация полностью независима от внешнего по отношению к судну оборудования. Несмотря на то, что ставшая в недавнем времени конвенционной бортовая аппаратура АИС имеет значительный потенциал, она не заменит РЛС, так как ее информация полностью зависит от данных внешних по отношению к судну источников.

Все подпадающие под действие СОЛАС **радиолокационные станции должны иметь средства для прокладки целей**. Поэтому логично включить требования к средствам радиолокационной прокладки в стандарты к РЛС. Это также учитывает, что оценка опасности столкновений по РЛС может быть выполнена лучше при автоматическом сопровождении целей, чем при ручной их прокладке.

**Увеличение скоростей многих типов судов** является одним из весомых факторов для повышения способности обнаружения и сопровождения целей по данным РЛС. Использование для эффективного решения этих задач современных информационных технологий не потребует значительных дополнительных средств.

**Бортовая аппаратура АИС стала обязательной для большинства судов**. Графического дисплея для отображения и прокладки целей в ней не предусмотрено. Однако при расхождении наибольшую помощь вахтенному помощнику оказывает именно графическое представление информации. Поэтому логично в целях улучшения решения задач предупреждения столкновений данные АИС отображать на экране РЛС. В этом случае информация для расхождения судов качественно и количественно увеличится. Использование такой возможности в РЛС является крайне желательным.

**Отображение выбранной информации системной электронной навигационной карты на экране РЛС оказывает существенную помощь** вахтенному помощнику. Оно позволяет ускорить и улучшить оценку навигационных ситуаций, упрощает сравнение получаемых от РЛС и от позиционной системы данных о месте судна. Возможность отображения картографической информации на экране РЛС также признана весьма желаемой дополнительной чертой для радиолокационных систем.

**Имеются радиолокационные средства, которые обнаруживаются с помощью РЛС** - транспондры для поиска и спасения (SART), радиолокационные буи-ответчики (RACON). Взаимодействие с этими средствами представляет одну из сторон судового радиолокационного оборудования и должно быть отражено в требованиях к нему.

**Основные достоинства новых требований к радиолокационному оборудованию.** Переработанные стандарты охватывают все аспекты эксплуатации радиолокационных систем и включают такие моменты:

- учитывают пожелания пользователей, включая необходимость уменьшения их нагрузки на вахте;
- предусматривают применение новых технологий на пользу судоводителей и для повышения безопасности на море;
- отвечают необходимости улучшения способности обнаружения, особенно в сложных условиях и для быстроходных целей;
- гармонически сочетают требования к РЛС, САРП, к отображению и использованию АИС-информации;
- охватывают предложенные ИМО стандарты для представления и отображения относящейся к навигации информации;
- учитывают эргономические критерии;
- повышают совместимость оборудования в целях системной интеграции (для применения в интегрированных навигационных системах или в интегрированных системах ходового мостика);
- учитывают требования к частотам и к излучению Международного телекоммуникационного союза (ITU - International Telecommunication Union).

**Черты нового поколения РЛС.** Анализируя процесс совершенствования радиолокационного оборудования и его тенденцию, можно заметить, что само понятие «РЛС» наполняется новым содержанием. Оно начинает означать многофункциональную систему, объединяющую функции радара, САРП, прокладчика АИС-судов, отображения электронных карт для целей навигации и расхождения судов. Главную задачу этой системы можно сформулировать как информационное обслуживание процесса предупреждения столкновений судов.

Основными частями РЛС нового поколения являются: передатчик, антенна, главный модуль и дисплей. Главный модуль состоит из приемника и процессора, причем первый выполняет только прием эхосигналов, а все другие операции производит процессор, включая управление работой передатчика и приемника. Такое построение способствует широкому использованию современных цифровых технологий с целью повышения качества обнаружения объектов, сопровождения целей, улучшения навигационных способностей.

В новых РЛС усовершенствовано аналого-цифровое преобразование сигналов, применены интеллектуальные методы подавления помех, используются высокоэффективные способы обработки данных целей. Информация отображается высококачественными LC-мониторами (рис. 4.28) с применением современных видео аудио технологий (одно- и многооконные режимы,

трехмерная графика, «zooming» и т.д.). Обеспечивается полная совместимость РЛС с ЭКДИС, возможность включения в компьютерные сети, передача изображения через сеть на другие мониторы и для записи в «черный ящик», управление РЛС с других компьютеров в сети и др.



Рис. 4.28. Устройство управления и отображения данных РЛС.

К новым РЛС могут подключаться все необходимые датчики информации, включая дифференциальный GPS приемник и абсолютный лаг. Это расширяет возможности применения стабилизации изображения РЛС относительно грунта, которая в стесненных водах имеет больше преимуществ для решения задач навигации и предупреждения столкновений, чем стабилизация относительно воды.

**Некоторые выдержки из проекта новых требований.** При характеристике проекта сокращение «РЛС» означает многофункциональную радиолокационную систему.

Таблица 4.4.

Общие требования к радиолокационным системам для судов различной вместимости.

Валовая вместимость судна	300-499 рт	500-9999 рт и ВСС	10000 рт и выше
Минимальный эффективный размер экрана	180 мм	250 мм	320 мм
Автосопровождение целей	Да	Да	Да
Автозахват целей	-	-	Да
Минимальное число сопровождаемых целей	[20]	[20] [30]	[30] [40]
Минимальное число активированных АИС-целей	[20]	[20] [30]	[30] [40]
Проигрывание маневра	-	-	Да

Примечание: ВСС – высокоскоростные суда.

В зависимости от вместимости судов РЛС делится на три категории, которые неодинаковы по своим функциональным



возможностям. Отличия в требованиях к радиолокационному оборудованию разных категорий представлены в табл. 4.4.

**Дальность обнаружения объектов** в радиолокационной системе зависит от нескольких факторов: размеров и отражающей способности самих объектов, характеристик РЛС, высоты антенны, наличия помех.

При нормальных условиях распространения радиоволн, когда высота антенны над уровнем моря равна 15 м. и нет помех, РЛС должна давать четкое изображение объектов на расстояниях, указанных в табл. 4.5.

Таблица 4.5.

Расстояния обнаружения объектов.

Объекты	Высота над морем и эффективная отражающая площадь объекта			Дистанция обнаружения при относительной скорости	
	Высота над уровнем моря, м	X-диапазон, Площадь, м <sup>2</sup>	S- диапазон, Площадь, м <sup>2</sup>	X- диапазон, морских миль	S- диапазон, морских миль
Береговая черта	До 6	10000	10000	[8,0 при 70 уз]	Будет выработано
Береговая черта	До 60	10000	10000	[16 при 70 уз]	Будет выработано
Суда >500 брт	[5,0]	[100]	[10]	[5,5 при 140 уз]	Будет выработано
Малые суда, длиной 10 м.минимум	[3,0]	[10]	[1,0]	[4,5 при 140 уз]	Будет выработано
Навигационные буи	[2,0]	[5,0]	[0,5]	[3,5 при 70 уз]	Будет выработано

**Операции с аппаратурой SART и RACON.** Требуется, чтобы РЛС X-диапазона были способны обнаруживать радиолокационные буи ответчики и транспондеры для поиска и спасения.

**Минимальная дистанция.** Когда собственное судно не имеет хода и антенна РЛС расположена на высоте 15 м. над уровнем моря, то навигационный буй, имеющий характеристики, представленные в табл. 4.5, должен четко отображаться на экране РЛС, начиная с минимальной горизонтальной дистанции 40 м от позиции антенны.

**Разрешающая способность.** Требования к разрешающей способности сформулированы для расстояний между 50 и 100% номинала шкалы 1.5 мили или меньшей.

Разрешающая способность РЛС по дистанции должна быть не хуже 40 м, а разрешение по пеленгу –  $2.5^0$  (для X- и S-диапазона).

Напомним, что *разрешающей способностью РЛС по расстоянию* называется минимальная дистанция, на которой отметки двух точечных целей, лежащих на одном пеленге, не сливаются. *Разрешающей способностью РЛС по пеленгу* называется минимальный угол, при котором отметки двух точечных целей, находящихся на одном расстоянии от нашего судна, видны в отдельности.

**Килевая, бортовая качка и рыскание.** На способность РЛС обнаруживать объекты на дистанциях вплоть до 10 миль не должны существенно влиять бортовая, килевая качка и рыскание с амплитудой до  $\pm 10^0$ .

**Подвижный круг дальности.** В РЛС расстояния до находящихся на экране объектов должны измеряться с помощью ПКД с максимальной системной погрешностью, не превышающей 1% номинала используемой шкалы, или 30 м (в зависимости от того, что больше).

**Электронный визир** РЛС должен позволять измерять пеленг на любой объект, лежащий в пределах эффективной площади экрана. Когда цель расположена на периферии экрана, то системная погрешность получения пеленга не должна превышать  $\pm 1^{\circ}$ .

**Ручной захват** в РЛС должен обеспечивать взятие на сопровождение, по крайней мере, столько целей, сколько указано в табл. 4.4, при их относительных скоростях, вплоть до 140 узлов.

**Данные о сопровождаемых радиолокационных (РЛ) целях.** В РЛС по каждой цели, сопровождаемой, по крайней мере, 1 минуту, необходимо иметь возможность представить в буквенно-цифровом виде:

- источник данных;
- дистанцию и пеленг -  $D, P$ ;
- истинные курс и скорость -  $K, V$ ;
- дистанцию кратчайшего сближения и время следования до точки кратчайшего сближения -  $D_{кр}, T_{кр}$ .

**АИС.** Настолько, насколько это возможно, установки РЛС для АИС-судов и радиолокационных целей должны быть общими. Это касается номинала шкалы дальности, охранной зоны, области автозахвата, пределов безопасности ( $D_{крз}, T_{крз}$ ), вида и длины векторов, цифровых данных целей.

Минимальная информация, вводимая от транспондера АИС в РЛС, должна включать: координаты позиции, путевые угол и скорость, курс, угловую скорость поворота (если возможно), номер MMSI, и позывной сигнал цели. Ввод в память РЛС другой передаваемой по линии АИС информации допускается.

Для выбранного оператором на экране РЛС символа АИС-судна необходимо показывать такие же буквенно-цифровые данные, как и для сопровождаемой РЛ-цели. В дополнение следует отображать: MMSI номер, позывной сигнал и скорость поворота, если возможно. Представление других, передаваемых по линии АИС данных о цели, допускается.

Символы АИС-судов (РЛ-целей) должны отображаться на экране РЛС независимо от присутствия отметок РЛ-целей (АИС-судов).

РЛС должна позволять оператору выбирать для отображения цифровые данные РЛ-целей или АИС-объектов.

Необходимо иметь возможность одним действием отключить/включить показ символов АИС-целей на экране радиолокационной системы.

**Предупредительная сигнализация.** В радиолокационной системе для РЛ- и АИС-целей необходимо предусматривать предупредительную звуковую и световую сигнализацию. Она должна включаться в следующих ситуациях.

- Когда любой объект сблизится с нашим судном на заданное расстояние или пересечет охранную зону, установленную оператором. Цель, вызвавшая включение сигнализации, должна быть выделена на экране.
- Если вычисленные значения  $D_{кр}$  и  $T_{кр}$  любой цели, меньше безопасных пределов, установленных судоводителем.
- В случае «потери» цели по любой причине, кроме выхода за пределы шкалы дальности. РЛС должна выделить на экране «потерянный» объект.

Система должна позволять оператору включать/выключать предупредительную сигнализацию по его усмотрению.

**Карты-схемы.** РЛС должна обеспечивать оператору возможность создания на экране простых карт-схем (относительных или истинных).

**Электронные карты.** Выбранные элементы системной электронной навигационной карты (СЭК) могут показываться на дисплее РЛС, но таким образом, чтобы информация РЛС не маскировалась, не затемнялась и не искажалась.

Элементы СЭК должны быть в той же системе координат, что и радиолокационная информация.

Необходимо, чтобы показываемые на экране РЛС данные СЭК, включали, по крайней мере, береговую черту, безопасную изобату собственного судна, навигационные препятствия, стационарные и плавучие средства навигации.

Требуется в РЛС иметь средства, позволяющие оператору отбирать для отображения только часть информации СЭК. Выбор должен базироваться на основе классов объектов или слоев, но не индивидуальных элементов.

По запросу оператора РЛС должна предоставлять сведения об источнике данных СЭК и их корректуре.

Разрешается в РЛС иметь средства для автоматического совмещения радиолокационного изображения с электронной картой. Когда такой режим применяется, его название должно показываться на экране РЛС.

Нарушения в отображении данных СЭК не должны влиять на работоспособность радиолокационной системы.

## 5. Средства общения *НИС* с оператором.

Средства общения *НИС* с оператором включают в себя пользовательский интерфейс, методы и формы отображения информации, звуковую сигнализацию, визуальные и голосовые предупреждения.

### 5.1. Пользовательский интерфейс.

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

В *НИС* реализован визуальный графический пользовательский интерфейс. В современных системах он дополнен речевыми пояснениями.

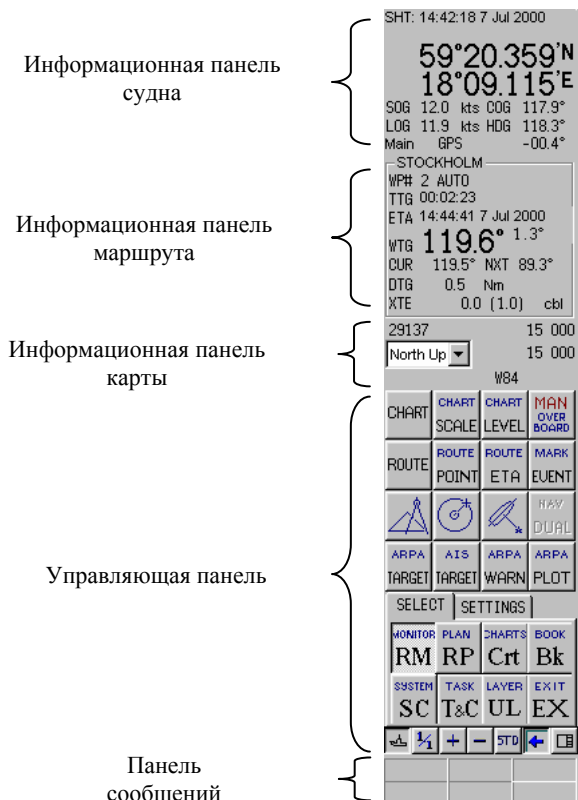
**Визуальный графический пользовательский интерфейс** системы организуется с помощью стандартных интерфейсных компонентов, отображаемых на экране. Управление этими элементами производится с помощью манипулятора (джойстика, трекбола, мышки), а также клавиатуры. Для выделения интерфейсного компонента на него с помощью манипулятора наводится курсор. Активизация выделенного элемента осуществляется щелчком или двойным щелчком манипулятора.

Стандартные компоненты интерфейса разделяются на несколько видов:

- управляющие элементы – различного вида меню, кнопки команд и настройки, переключатели, флажки, списки выбора, наборы закладок, линейки прокрутки и т.д.
- компоненты для представления данных – поля отображения, метки, списки, текстовые зоны, ярлыки, таблицы, диаграммы и т.д.
- элементы для ввода и изменения данных – поля ввода, цифровые и аналоговые регуляторы, различного вида редакторы и т.д.
- группирующие элементы: рамки, панели, планки и линейки инструментов и т.д.
- другие компоненты.

С помощью интерфейсных элементов создается иерархический по структуре «язык» для общения судоводителя с системой. Этот «язык» стараются сделать простым, ясным, понятным, обеспечивающим удобное управление *НИС* и позволяющим избежать ошибок интерпретации данных, задержек на их расшифровку.

*НИС* обычно работает в нескольких режимах (исполнительная прокладка, предварительная прокладка, работа с каталогом, работа с электронным судовым журналом, информация о судне и др.). Для их переключения используется специальное меню или зависимая группа управляющих кнопок.



**Рис. 5.1. Информационно-управляющая панель режима исполнительной прокладки.**

Для управления *НИС* в конкретном режиме работы на ее экране создается специальная панель, группирующая необходимые для этой цели компоненты интерфейса. Например, в ЭКДИС «dKart Navigator», версия 5.10, фирмы «Моринтех» такая панель для режима исполнительной прокладки имеет вид, представленный на рис. 5.1. Она включает в себя пять локальных панелей: одну управляющую и четыре информационных (судна, маршрута, карты, сообщений). Кроме этого,

на панели режима исполнительной прокладки есть два поля для информации курсора и маркера (на рисунке не приведены).

**На информационной панели судна** в процессе перехода непрерывно отображаются следующие данные:

- судовое время и дата (SHT);
- широта и долгота текущего места судна;
- путевая скорость (SOG) и путевой угол (COG);
- скорость по лагу (LOG) и курс по компасу (HDG);
- суммарный снос.

На этой панели также показывается название способа получения координат судна.

**На панели маршрута** представляются:

- название маршрута;
- номер путевой точки, к которой следует судно (WP#);
- время до прихода в путевую точку (TTG);
- расчетное время и дата прибытия в путевую точку (ETA);
- направление на путевую точку (WTG) и разница между WTG и COG;
- курс (CUR) активного и курс (NXT) следующего за ним отрезков маршрута;
- расстояние до путевой точки (DTG);
- уклонение от линии пути (XTE).

**На информационную панель карты** выводятся:

- номер карты;
- оригинальный масштаб карты и масштаб ее отображения;
- ориентация отображения карты;
- горизонтальный геодезический датум.

**На панели сообщений** в соответствующих полях отображаются в виде условных сокращений предупреждения о случаях, требующих внимания или действий судоводителя, например:

- приближение судна к опасности;
- пересечение опасной изобаты;
- нахождение судна в районе со специальными условиями плавания;
- уклонение от маршрута на величину, большую заданной;
- отказ внешних устройств.

Для расшифровки сообщения достаточно навести на его поле курсор.

**В поле информации курсора** выводятся географические координаты его позиции на карте, дистанция, пеленг и курсовой угол места курсора относительно текущего положения судна.











**В поле маркера** отображаются данные о положении судна относительно специальных точек, устанавливаемых оператором.

**На панели управления** сосредоточены управляющие компоненты интерфейса - кнопки функций. Управляющие элементы содержат обычно пиктограмму или сокращенную надпись, характеризующую активируемую ими функцию. При наведении курсора на управляющую




кнопку появляется всплывающий ярлык с пояснением ее назначения. Когда выполнение функции требует ввода ее аргументов, при активизации функции появляется панель для занесения необходимых данных.

Управляющая панель содержит компоненты интерфейса, которые условно можно отнести к разделам, приведенным ниже.






### ***А) Управление изображением карт;***

	Выбор карты (из появляющегося списка);
	Установка масштаба отображения карты (выбор из появляющегося перечня);
	Установки нагрузки карты (базовая, стандартная, полная);
	Установка режима отображения карт (привязано к судну/отвязано от судна);
	Установка оригинального масштаба карты;
	Увеличение масштаба отображения карты по шагам;
	Уменьшение масштаба отображения карты по шагам;
	Установка стандартной нагрузки ЭК.
	Возврат к предыдущему масштабу;
	Показ и удаление информационно-управляющей панели.

### **Б) Плавание по маршруту.**

	Выбор маршрута;
	Выбор путевой точки;
	Расчет ожидаемого времени прибытия.

### ***В) Навигационные задачи.***

	Измерения на карте;
	Обсервация по пеленгу и дистанции;
	Расчет текущего траверзного расстояния;
	Дублирующая навигационная система;
	Человек за бортом (место падения отмечается маркером, появляется список с необходимой информацией);

MARK EVENT	Установка маркера.
---------------	--------------------

### ***Г) Управление информацией РЛС и АИС.***

ARPA TARGET	Просмотр формуляров целей САРП;
----------------	---------------------------------

AIS TARGET	Просмотр формуляров целей АИС;
---------------	--------------------------------

ARPA WARN	Установка критериев опасной цели;
--------------	-----------------------------------

ARPA PLOT	Радиолокационная прокладка.
--------------	-----------------------------

### ***Д) Выбор режима работы.***

SELECT	Устанавливает меню выбора режима работы
--------	---

MONITOR RM	Возврат в режим исполнительной прокладки;
---------------	---

PLAN PR	Вход в режим планирования маршрута;
------------	-------------------------------------

CHART Crt	Вход в режим работы с картами;
--------------	--------------------------------

BOOK Bk	Вход в режим работы с судовым журналом;
------------	---

SYSTEM SC	Вход в режим установки главной конфигурации;
--------------	--

TASK T&C	Расчет приливов;
-------------	------------------

LAYER UL	Вход в режим редактирования слоя пользователя;
-------------	--

EXIT EX	Выход из dKart Navigator.
------------	---------------------------

### ***Е) Установки.***

SETTINGS	Вызов меню настроек работы программы;
----------	---------------------------------------

SET DR	Выбор режима счисления;
-----------	-------------------------

SET SHOW	Установка вида и перечня дополнительной информации на карте (выбор из появляющегося списка);
-------------	--

SET PROGN	Прогнозирование положения судна для заданных условий плавания;
--------------	--

BOOK	Дополнительные записи в судовой журнал;
------	---

SET COLOR	Установка палитры карты (ясный день, пасмурный день, сумерки, ночь);
--------------	--

SET ALARM	Установка условий подачи звуковых сигналов;
--------------	---

SET TIME	Установка времени;
-------------	--------------------

SET SHIP	Установка области отрисовки судна.
-------------	------------------------------------

Важные и часто употребляемые функции могут активироваться и с помощью клавиатуры («горячих» клавиш).



В ряде систем состав интерфейсных элементов на информационных и управляющих панелях может меняться с целью приспособления интерфейса к условиям плавания. Например, в ЭКДИС «dKart Navigator» имеется функция OPTIONS - «Опции изменения индицируемых данных», с помощью которой можно изменить список отображаемых данных на панелях судна и маршрута.

Для других режимов работы системы «dKart Navigator» выбраны соответствующие их особенностям виды общения с оператором.

Стандартов пользовательского интерфейса *НИС* пока нет. *НИС* разных производителей имеют неодинаковые средства общения, хотя, естественно, в них много общего, так как назначение всех *НИС* одно.

## **5.2. Требования к отображению картографических данных.**

**Перечень требований.** На официальной международной основе определены требования к отображению информации только для одного из видов *НИС*, для ЭКДИС. Касаясь этих требований, необходимо отметить следующее.

ИМО приняла «Эксплуатационные требования к ЭКДИС», где установила типы данных для этой системы и категории отображаемой информации (базовая, стандартная, полная).

МГО разработала стандарты отображения карт ЭКДИС. Они содержатся в Специальной публикации МГО S52: Specification for Chart Content and Display Aspects of ECDIS, Edition 5, Dec 1996 ("Элементы содержания карт и аспекты отображения информации ЭКДИС"). Этот документ представляет собой руководство относительно содержания, выпуска, корректуры и отображения ЭНК в ЭКДИС.

В приложении 2 (Colour and Symbol Specifications for ECDIS, Edition 4, July 1997) к S52 содержится Библиотека презентации (Presentation Library), устанавливающая символы, цвета, цветовые планы, требования к дисплеям, справочные таблицы и правила, по которым каждый класс картографических объектов с учетом их атрибутов показывается на экране дисплея.

Международная электротехническая комиссия определила элементы отображения:

- кинематики собственного судна (МЭК, 61174, приложение E);
- данных РЛС (МЭК, 60936, приложение E);
- информации РЛС/САРП (МЭК, 60872);
- целей АИС (МЭК, 61993-2).

**Выдержки из требований.** Осветим ряд требований к представлению информации в ЭКДИС.

**Отображение символов.** Каждый показываемый на экране ЭКДИС символ должен быть уникален, четко виден, прост, интуитивно понятен, недвусмысленен и не зашумлен избыточной информацией. Под *символом карты* понимается цифра, буква, стиль линии или любое другое графическое представление, используемое на карте для обозначения объекта, характеристики и т.д.

**Отображение ЭНК.** Изображение ЭНК по символике и цветам должно быть одинаковым в любой ЭКДИС, независимо от ее производителя. Для обеспечения выполнения этого требования используется Библиотека презентации (Приложении 2 к S52).

**Библиотека презентации** – это совокупность главным образом цифровых спецификаций, применяемых для формирования на экране ЭКДИС изображения карты по ее исходным данным, помещенным в памяти системы. Библиотека презентации включает в себя:

- Набор символов, стили линий, стили заполнения;
- Перечень специальных показываемых в ЭКДИС по требованию диаграмм, которые поясняют значения символов для мореплавателей;
- Цветовые кодовые схемы, которые включают таблицы цветов МГО для дневного и ночного времени;
- Перечень команд и таблиц просмотра, определяющих соотношение между цифровым описанием S57-объектов и их отображением на экране;
- Перечень процедур для селекции данных оператором и для отображения сложных символов.

Цвета для ЭНК калибруются по абсолютной, независимой от монитора ЭКДИС системе (C.I.E). Это гарантирует, что в ЭКДИС разных изготовителей цветное изображение ЭНК будет одинаковым.

Для обеспечения единообразия отображения карт производители ЭКДИС должны устанавливать поставляемые МГО программные средства *Библиотеки презентации* в свои изделия.

**Представление объектов пользователя.** ИМО разработало специальный каталог для объектов оператора под названием «Морские навигационные объекты», который представлен как приложение S52. Изготовители ЭКДИС должны гарантировать, что эти объекты могут генерироваться, редактироваться и удаляться, как это требуется ИМО.

**Единицы измерений.** Для отображаемых в ЭКДИС числовых данных должны использоваться следующие единицы измерений:

- **Местоположение** (широта и долгота): в градусах, минутах и тысячных долях минуты в системе координат WGS84;
- **Глубина:** в метрах и дециметрах;
- **Высота:** в метрах;
- **Расстояние:** в морских милях и десятых, или в метрах;
- **Скорость:** в узлах и десятых.

**Требования к дисплею.** Эффективный размер экрана для представления карты в ЭКДИС должен быть не менее 270x270 мм<sup>2</sup>, а размер пикселя не должен превышать 0.3 мм.

Необходимо, чтобы ЭКДИС обеспечивала ясную видимость отображаемых на экране монитора данных более чем одним наблюдателем в условиях нормальной освещенности, как днем, так и ночью.

**Непрерывность отображения картографической информации.** Бумажная карта и СЭНК являются различными способами представления пространственных данных.

**Бумажная карта** – это собственно носитель информации, состав которой не может измениться.

**Электронная карта** – результат визуализации на экране дисплея определенной части данных ЭК, хранимых в памяти. Состав информации на отображаемой электронной карте пользователь может оптимизировать применительно к условиям плавания и к решаемым задачам.

Различаются и требования к прокладке на бумажной карте и к мониторингу позиции судна на ЭК, который может осуществляться в разных масштабах, с разной ориентацией, в режиме истинного или относительного движения. В любом из этих случаев предписано обеспечивать **непрерывность отображаемых картографических данных** (бесшовное отображение), включая районы перехода судна с одной карты на другую. *При электронной прокладке не должно быть «пробелов» в показываемой обстановке и «скачков масштаба» при переходе с карты на карту.* Всегда должна обеспечиваться возможность просмотра на экране по носу или по бортам судна необходимой для безопасного судовождения акватории без нарушения целостности изображения попавшего на экран района.

### **5.3. Виды и методы представления картографической информации.**

Информация карты при отображении играет двойную роль. С одной стороны, она представляет данные о внешней для судна среде. С другой стороны, она является задним планом, обеспечивающим наглядность относящейся к навигации информации. На фоне карты легко оцениваются данные о положении своего судна и встречных судов, сведения о течениях, ветре, волнении и другая метеорологическая и гидрологическая информация.

Поэтому картографическая информация, по крайней мере, ее основная часть – это тот слой данных, который желательно иметь на экране *НИС* всегда.

Представление пространственных данных в растровых форматах ограничивает возможности манипулирования с изображением карты на экране. Поэтому ниже рассматриваются виды и методы отображения, применяемые в системах с векторными картами. Некоторые из этих методов могут быть реализованы и при показе растровых карт.

### 5.3.1. Виды отображения данных карт.

**Режимы отображения.** Навигационная обстановка на экране *НИС* может представляться в истинном и в относительном движении.

В **режиме истинного движения** карта неподвижна, а условный знак судна перемещается по ней в соответствии с путевым углом и путевой скоростью судна. При подходе символа судна к краю экрана автоматически осуществляется сдвиг изображения карты, чтобы судно не ушло с экрана. Правила такого смещения карты в *НИС* неодинаковы. В одних системах сдвиг карты осуществляется по линии путевого угла, в других она смещается так, чтобы условный знак судна попадал в указанную оператором область, в третьих *НИС* используются различные от названных правила.

В **режиме относительного движения** отображаемый символ судна не имеет линейного перемещения и находится в центре экрана. Изображение карты «плывет» относительно отметки судна со скоростью, равной и противоположно направленной вектору путевой скорости судна. Если судно представлено в масштабе контуром своего корпуса, то при отображении символ судна ориентирован по курсу и меняет свое направление при его изменении.

**Виды ориентации карты.** В *НИС* обеспечивается возможность ориентировать карту по разным направлениям, чаще всего, «**по норду**», «**по курсу**», «**по стабилизированному курсу**». Иногда добавляется ориентация карты «**по оси фарватера**» и *по любому другому, задаваемому в цифровом виде направлению*. Это объясняется тем, что для решения одних навигационных задач наиболее подходящей является установка карты «по норду», для других – «по курсу», а для некоторых задач – отличный от первых двух вид ориентации.

Для морских ЭКДИС обязательной является ориентация «**по норду**». Она удобна при просмотре карт, при выполнении предварительной прокладки, при плавании вдали от берегов и, кроме того, одинакова с ориентацией бумажных карт, что упрощает сравнение электронной прокладки с графической. Для целей вождения судна в узкостях и в других стесненных водах такая ориентация менее

пригодна, так как на карте направления на объекты относительно вертикальной оси экрана не совпадают с их курсовыми углами при наблюдении из рулевой рубки.

При ориентации изображения «**по курсу**» объекты на карте, при взгляде на дисплей, расположены по направлениям, соответствующим направлениям их видимости относительно диаметральной плоскости судна при наблюдении из рулевой рубки. Это положительная черта при плавании в узкостях и в других стесненных водах. Недостатком отображения при такой ориентации являются непрерывные достаточно быстрые смещения изображения на экране то в одну, то в другую сторону при рыскании судна на волнении, затрудняющие разбор содержания карты.

Для уменьшения смещений изображения на экране в условиях волнения используется ориентация «**по стабилизированному курсу**». Он представляет собой осредненное значение курса, свободное от изменений вправо и влево, вызванных рысканием под действием волн. В процессе изменения курса изображение ориентированной «по курсу» карты вращается и при быстром повороте может оказаться нечитаемым. Это недостаток ориентации «по курсу».

**Проекция карты.** При построении навигационных ЭК на экране дисплея отдается предпочтение наиболее отвечающим целям судовождения проекциям Меркатора: нормальной (НПМ) для широт в диапазоне  $0 \div 85^0$  или поперечной (ППМ) –  $80 \div 90^0$ .

За главную параллель карты в НПМ обычно принимается параллель, проходящая через центр экрана. Выбираемый в НИС масштаб изображения обстановки определяет масштаб карты по главной параллели.

**Содержание и вид ЭНК** соответствует специальной публикации МГО S52, и является единообразным для всех ЭКДИС.

Показываемые в ЭКДИС условные знаки объектов ЭНК по сравнению с символами официальных бумажных карт упрощены с целью обеспечения максимальной четкости и наглядности при всех условиях наблюдения.

**Отображение карты в разных масштабах.** Для удобства пользования электронная карта может отображаться как в *оригинальном масштабе*, которому соответствуют ее данные, так и в других масштабах. Масштаб, в котором карта показывается на экране дисплея, носит название *масштаба ее отображения*.

Представление на мониторе карты в более крупном масштабе, чем оригинальный, называется *перемасштабированием* (overscale). Следует иметь в виду, что при перемасштабировании карта может оказаться недогруженной, т.е. недостаточно подробной.

Отображение на дисплее карты в масштабе меньшем оригинального называется *недомасштабированием* (underscale). Если не принимаются специальные меры, то при недомасштабировании электронная карта может оказаться перегруженной информацией.

С изменением масштаба ЭК связаны понятия наибольшего и наименьшего масштабов ее отображения. *Наибольший (наименьший) масштаб ЭК* – это значение самого крупного (мелкого) масштаба, в котором в системе может представляться определенная карта.

### 5.3.2. Обеспечение наглядности карт.

Для того, чтобы электронная карта в НИС была наглядной и не содержала ненужную информацию, используется ряд приемов и методов, часть из которых характеризуется ниже.

Для обеспечения легкости восприятия данных символика электронных карт базируется на знакомых условных обозначениях объектов на бумажных картах с некоторыми упрощающими изменениями, обеспечивающими лучшую наглядность. По размеру символы точечных объектов электронных карт несколько больше знаков бумажных карт, порядка в  $\frac{1}{3}$  раза.

Для неразрывного отображения обстановки вокруг судна на стыках карт применяется, так называемое, их *бесшовное представление* (*seamless chart data display*). Оно состоит в отображении участков соседних карт на экране в виде единого района.

Основные используемые на судах базы картографических векторных данных обеспечивают возможность бесшовного отображения карт их коллекций.

Кроме того, в современных НИС с несколькими коллекциями ЭК имеются программные средства для бесшовного представления районов, состоящих из участков карт разных графических форматов, включая комбинацию растровых и векторных. Система в этом случае автоматически приводит разнородные данные карт к одному масштабу и ориентации и совмещает изображение фрагментов карт. Если в комбинацию данных входят растровые карты, то автоматически для составной карты выбирается ориентация «по норду».

Например, система Navi-Sailor 3000 фирмы «Транзас» позволяет бесшовно представлять соседние участки шести видов карт.

В НИС обычно обеспечивается возможность показа на экране и границ соседних карт при их бесшовном отображении.

С целью предотвращения перегруженности карты при недомасштабировании применяются операции генерализации.

Под **генерализацией** (Generalization) изображения электронной карты в *НИС* понимается процедура, с помощью которой при недомасштабировании отдельные КО показываются упрощенно, либо не отображаются, в соответствии с используемым масштабом, чтобы избежать перегруженности карты.

Генерализация позволяет выделить главные объекты, которые должны быть помещены на карте, и отбросить второстепенные, мешающие восприятию главных.

Основными методами генерализации являются:

- отбор изображаемых объектов;
- упрощение рисовки контуров,
- укрупнение характеристик объекта и др.

В *НИС* применяется **автоматическая генерализация**, называемая также алгоритмической. Она представляет собой формализованный отбор, сглаживание (упрощение) или фильтрацию изображения в соответствии с заданными алгоритмами и формальными критериями.

**Для привлечения внимания судоводителя** к опасным объектам или элементам, представляющих для него интерес, используются методы «подсвечивания» (Highlighting) символов: выделение их красным или другим привлекающим внимание цветом, большей яркостью, миганием, либо комбинацией этих способов.

Этот метод применяется для выделения по требованию оператора интересующих его объектов: препятствий, областей с глубинами меньшими заданной, якорных стоянок и других видов районов, и т.д.

С целью привлечения внимания оператора в *НИС* используется также звуковая и визуальная сигнализация в случаях:

- Отсутствия следующей карты в КБД;
- Пересечения безопасной изобаты;
- Превышения заданного отклонения от линии пути;
- Приближения к точке поворота;
- Разности между планируемым (вычисленным) и действительным временем прихода в точку поворота;
- Перемасштабирования и недомасштабирования;
- Приближения к отдельной навигационной опасности или к опасной области;
- Пересечения границ запретных акваторий и других районов с особыми условиями плавания;
- Разных геодезических датумах карты и системы определения места;
- Приближения других судов;
- Непрохождения контрольного теста;
- Конца/начала вахты;
- Неправильного функционирования системы;
- Невозможности обсервации;
- И в других.

**Для оптимизации содержания показываемой на карте информации** в соответствии с условиями плавания применяются:

- операция селекции картографических объектов;
- многооконный режим работы дисплея;
- выделение опасной для судна изобаты;
- всплывающие данные.

**Селекция картографических объектов** (Selection) – это рациональный избирательный выбор для отображения картографических объектов с отличительными характеристиками принадлежности к одному типу. Она позволяет путем включения/отключения определенных классов КО изменять нагрузку отображаемой карты.

Для ЭКДИС определены три категории данных СЭНК:

- Базовая нагрузка (всегда должна быть на экране);
- Стандартная нагрузка (должна включаться одним действием оператора);
- Вся другая информация (может отображаться в целом либо по классам объектов).

**Многооконный режим** позволяет, например, в одном окне с мелким масштабом на ориентированной «по норду» карте показать судно в истинном режиме движения, а в другом – на карте крупного масштаба, представить его в относительном режиме с ориентацией «по курсу». При таком отображении одновременно обеспечивается: просмотр обширного района по линии будущего пути, представление детальной обстановки около судна, использование достоинств ориентации «по курсу» и «по норду», а также истинного и относительного режимов.

**Выделение опасной изобаты** производится по введенным судоводителем данным с целью разделения на экране *НИС* акваторий с опасными и безопасными для судна глубинами. Для предупреждения о подходе к берегу, или с другой целью, может быть выполнено выделение и другой изобаты, с глубиной значительно большей осадки судна.

На современном этапе в морских ЭКДИС значения глубин на экране предписано показывать от нуля глубин ЭНК, т.е. значения глубин не должны исправляться высотами прилива.

**Использование «всплывающих характеристик».** Наличие на карте характеристик маяков, знаков и других средств навигационного ограждения загромождает карту информацией, которая требуется только в отдельных случаях. Кроме селекции данных, одним из применяемых в *НИС* методов разгрузки карты от ненужных элементов и, в то же время, обеспечивающих их получение в случае необходимости, является использование «всплывающих



характеристик», появляющихся при наведении курсора на то или иное средство ограждения.

**Отображение данных карты по приоритету.** Для показа электронных карт используется ряд правил. Одним из них является отображение накладывающихся друг на друга объектов (близко лежащих или в одном месте находящихся) в соответствии с их иерархией. Т.е., если символы одних элементов накладываются при выбранном масштабе на другие, то показываются данные, высшие по иерархии (приоритету отображения).

Для ЭКДИС определен следующий минимум информационных слов, представляемых по приоритету (начиная от высшего до низшего):

- ЭКДИС предупреждения и сообщения;
- Данные гидрографических организаций;
- Информация извещений мореплавателям;
- Предостережения гидрографических служб;
- Данные гидрографических организаций о заполнении цветом;
- Данные гидрографических организаций, предоставляемые по требованию;
- Информация РЛС;
- Данные пользователя;
- Данные производителя ЭКДИС;
- Информация пользователя о заполнении цветом;
- Информация производителя ЭКДИС о заполнении цветом.

**С целью упрощения глазомерной оценки** координат, расстояний, направлений, на карте могут отображаться: сетка меридианов и параллелей, неподвижные круги дальности, охранная зона, курсовая черта, направление на север.

**Для детального просмотра участков карты** в ЭКДИС применяется функция «электронной лупы» (zooming), позволяющая выделить любой участок карты и отобразить его в рамках всего экрана. В результате удастся просмотреть перекрывающиеся при изображении с мелким масштабом элементы карты в отдельности. Довольно часто это случается с характеристиками рядом лежащих на карте объектов, вследствие чего ряд из них не отображается. При использовании «электронной лупы» можно обеспечить представление на экране всех элементов карты выделенного участка.

**Приспособление карты к разным условиям освещенности.** При отображении ЭК в неодинаковых условиях освещенности используются различные **палитры (таблицы) цветов**, чтобы не ухудшать способность судоводителя вести наблюдение за окружающей обстановкой. Количество таких таблиц может быть разным, обычно от трех до пяти.

Для карт ЭКДИС Международной гидрографической организацией в спецификации S52 (Приложение 2) установлены следующие цветовые палитры:

1. яркое солнце;
2. ясный день;
3. пасмурный день;
4. сумерки;
5. ночь.

Нередки случаи, когда кроме палитр МГО, в *НИС* используются выбранные производителем таблицы цветов, в частности, и таблица цветов привычных бумажных карт.

Для приспособления к изменению освещенности, вместо смены палитры цветов (либо в дополнение к ней), применяется **изменение яркости изображения карты**.

При наличии в рулевой рубке простого фотометра системой может выполняться **автоматическая адаптация изображения к условиям освещенности**, что уже реализовано в ряде образцов *НИС*.

#### **5.4. Отображение навигационных элементов.**

**Общие сведения.** Помимо картографической информации в *НИС* отображаются характеризующие процесс судовождения элементы:

- текущее место собственного судна, его кинематические параметры и траектория движения;
- планируемые основной и альтернативный маршруты;
- информация, введенная с пульта оператором;
- данные РЛС, САРП, транспондера АИС и иных навигационных приборов;
- а также ряд другой, относящейся к навигации информации.

Требования к отображению многих этих компонентов установлены Международной электротехнической комиссией. Стандарты отображения других объектов обстановки находятся в процессе обсуждения и разработки.

Согласно требованиям ИМО, в ЭКДИС допускается отображение на экране вместе с картой другой, относящейся к навигации информации, например, данных РЛС, САРП, АИС и т.д. Информация этих средств представляется и на экранах ЭКС.

При помещении навигационной информации на карту используются различные приоритеты отображения. Иногда эта информация накладывается сверху изображения карты (**overlay**). В ряде случаев она является нижним слоем данных (**underlay**). Дополнительная информация может помещаться и между слоями карты (**interlay**).

Касаясь приоритета информации РЛС, необходимо отметить. В ЭКДИС радиолокационное изображение в общем случае должно помещаться над изображением многих площадных объектов карты, но под большинством линейных и точечных объектов (interlay). Детальные сведения по этому вопросу содержатся в таблице просмотра Библиотеки презентации (Приложение 2 публикации МГО S52).

Кинематические параметры (курс, путевой угол, путевая скорость) и другие характеристики собственного судна и сопровождаемых САРП объектов отображаются на карте с помощью графических символов. При необходимости детализации они могут быть представлены на специальной панели в цифровом виде.

Для обозначения собственного судна на карте обычно используется два символа: один служит для отображения корпуса судна в соответствии с его максимальной длиной и шириной в масштабе карты, а другой – это заметный условный знак, отмечающий точку нахождения судна на карте. Первый символ применяют на картах крупного масштаба, на которых представленный в масштабе корпус не вырождается в простую точку, как это происходит на мелкомасштабной карте. На мелкомасштабных картах необходимо использовать символ второго вида, заметный на фоне карты.

В ряде систем на символе представленного в масштабе судна отображается место антенны GPS (точка, координаты которой выдаются GPS). При нанесении системой символа судна на карту учитывается, что получаемые координаты места относятся не к центру массы судна. Это важно для крупнотоннажных судов при плавании в стесненных водах, так как неучет места антенны может привести к погрешности в отображении положения корпуса судна, достигающей иногда 100 м.

Для навигационной информации используются различные способы выделения важных данных на экране, включая методы подсвечивания.

**Курсор.** Для удобства работы с компонентами пользовательского интерфейса с целью подключения различных функций и видов сервиса, а также для выполнения многих других операций, на экране дисплея *НИС* отображается курсор. Он может представляться несколькими символами.

Когда курсор находится на поле карты, то на периферии экрана обычно отображаются географические координаты точки на карте, на которую он указывает.

**Выполнение измерений.** Для производства измерений в *НИС* могут использоваться неподвижные и подвижные круги дальности, а также один или два электронных визира. Во многих *НИС* для одновременного измерения пеленгов и дистанций применяется электронная визирная линейка.

В ЭКДИС должны обеспечиваться измерения пеленга и дистанции с текущего места судна или с выбранной референционной точки на любую точку изображения карты.

**Другие относящиеся к навигации элементы.** Из графических элементов, отображающих относящуюся к навигации информацию, можно назвать:

- Индексные линии;
- Различного вида маркеры, включая маркеры событий для организации автоматической сигнализации;
- Знаки ручной корректуры;
- Границы зон безопасности и охранной зоны САРП и АИС;
- Элементы, используемые для подъема карты;
- Компоненты, представляющие данные погоды (изобары, изолинии высот волн, вектора сезонных и приливо-отливных течений и т.д.);
- Условные знаки сообщений Навтекс;
- И ряд других.

Кроме этого, на отображаемой карте или на специальных панелях на экране *НИС* могут показываться цифровые данные и текстовые сведения. Здесь можно назвать сообщения АИС и предупреждения Навтекс, справки о навигационных средствах, цифровые значения кинематических параметров собственного судна и целей, данные о прохождении маршрута и многие другие.

## **5.5. Пути улучшения отображения информации.**

**Необходимость оптимизации отображения данных в НИС.** На начальном этапе применения навигационных систем с электронными картами, когда они практически выполняли функции видеопрокладчиков, особых проблем перегруженности экрана информацией не возникало. Однако в ходе развития количество объектов и характеристик на экранах *НИС* значительно увеличилось и продолжает возрастать.

К элементам, сведения о которых нужны судоводителю, принадлежат:

- картографические объекты;
- элементы, характеризующие движение собственного судна (позиция, прошлый путь, планируемый маршрут и др.);
- данные РЛС, САРП, АИС и других систем;
- информация береговых систем управления движением;
- компоненты ледового покрытия;
- приливные явления;
- компоненты течений;
- элементы погодных условий;
- данные поиска и спасения.

– и ряд других объектов.

Постепенно объекты из этого перечня становятся элементами отображения *НИС*. Согласно действующим на современном этапе требованиям ИМО, в ЭКДИС показывается вся необходимая для безопасного и эффективного судовождения картографическая и навигационно-гидрографическая информация, а также данные, характеризующие движение судна.

Интегрированы в ЭКДИС данные САРП и транспондера АИС. Представление информации РЛС, как слоя цифровых данных *НИС*, также стало для этих систем общепринятой чертой.

На экранах ряда *НИС* начали показываться климатические, погодные данные и другая относящаяся к навигации информация, официальные стандарты отображения которой еще не выработаны. В настоящее время Международная ассоциация маячных служб (МАМС) разрабатывает стандарты отображения на экране ЭКДИС информации береговых систем управления движением судов. ИМО, МГО, ВМО и ряд государственных гидрографических организаций ведут работу по определению условных обозначений элементов:

- Ледового покрытия;
- Приливных уровней;
- Метеорологических данных;
- Гидрологических характеристик;
- Данных поиска и спасения;
- И других.

Перечень обязательных для оперирования в ЭКДИС программных объектов будет дополнен этими элементами, данными АИС и рядом других компонентов в новом четвертом издании документа МГО - S57/4, которое планируется принять в 2006 году.

В связи со значительным ростом данных *НИС* возникает вопрос, как отображать всю эту новую требуемую для принятия решений информацию: представлять отдельно, добавлять к имеемым данным, либо комбинировать с ними?

Простое добавление такого количества новых объектов на отображение является реальной угрозой перегруженности экрана излишней информацией. В такой области, как морское судовождение, зашумленность устройств отображения ненужными данными опасна. В ее условиях значительно усложняется оценка ситуаций, жизненноважные для решаемой задачи данные могут быть потеряны вследствие наложения, замаскированности, затенения и неясного представления. ***Ненужная информация, предоставляемая судоводителю, как и недостаток полезных сведений, отрицательно влияют на безопасность мореплавания.***

Как можно заметить, задача отображения объектов навигационной обстановки заключается не только в том, как их изобразить на экране, но и какие из них и каким образом показать в сложившейся ситуации в совокупности с другой, относящейся к навигации информации.

**Направления оптимизации отображения навигационных данных.** Учитывая реальную в ближайшем будущем опасность перегруженности экранов навигационно-информационных систем и несовершенство применяемых в настоящее время в *НИС* методов отображения данных, в 2000 г. ИМО приняло решение о разработке *Руководства для гармонического представления информации в навигационно-информационных системах.* Цель этого документа – внедрение во всех судовых навигационно-информационных системах оптимальных способов представления данных, реализация которых при изготовлении систем обеспечит возможность эффективной оценки обстановки и принятия решений в процессе судовождения.

Анализируя предложения специалистов по улучшению отображения навигационных данных, можно выделить следующие положения.

**1. Знание обстановки является высшим требованием к отображению данных в *НИС*.** Навигационно-информационная система – это часть системы управления судном. В этой системе управления *НИС* выполняет функции подготовки и отображения информации для судоводителя, чтобы облегчить ему выполнение задач оценки ситуаций и принятия решений. Поэтому основное требование к данным *НИС* – обеспечение хорошего знания обстановки.

Как уже упоминалось, ***знание обстановки (Situation awareness)*** – это восприятие элементов окружающей среды и состояния в ней объекта управления в пространственном и временном измерении, расшифровка значений этих элементов и прогнозирование их состояния на ближайшее будущее.

Знание обстановки включает в себя следующие требования к представлению данных в *НИС*:

- отображение информации должно быть оперативным и характеризовать ситуацию на текущий момент времени без существенного запаздывания;
- представление ситуации должно быть наглядным, т.е. четким, ясным, незагроможденным второстепенными деталями, важную информацию следует выделять;
- отображение должно быть полным, т.е. давать всю необходимую информацию для принятия решений;
- отображение должно быть адекватным, т.е. отражать существенные для решаемой задачи стороны ситуации с требуемой точностью;
- при отображении необходимо иметь возможность прогнозирования элементов ситуации на определенное время вперед;

- дополнительная информация, которая может понадобиться в связи с решаемой задачей, должна быть «под рукой».

Можно выделить четыре основные фактора, отрицательно влияющие на глубину понимания ситуаций, складывающихся в процессе проводки судна, при изучении обстановки по ее изображению на экранах:

- Неполнота данных;
- Рассредоточение информации об обстановке;
- Недостатки условных обозначений;
- Зашумленность изображения ненужной информацией.

Неполнота данных не позволяет оценить все особенности сложившейся ситуации. Как правило, решения, принятые на основе неполной информации, являются неоптимальными.

Когда данные об обстановке представляются частями на нескольких устройствах отображения, то общий образ обстановки судоводителю приходится составлять умозрительно, что не всегда удается сделать должным образом.

Если условные обозначения не учитывают психофизиологические свойства человека, то возможны ошибки интерпретации данных и ухудшение наглядности отображаемой информации.

Зашумленность изображения ненужными деталями усложняет оценку ситуаций, может привести к неучету важных элементов и к принятию неверных либо неэффективных решений.

**2. Погодные условия – неотъемлемая часть навигационной обстановки.** Погода на море характеризуется гидрометеорологическими данными. Кроме того, в «среднем» погоду представляют климатические сведения.

Опытные судоводители знают, что практически любая информация о погоде (ветер, волнение, лед, снег, туман, дождь, изменение температуры воздуха и воды, теплые фронты, холодные фронты, атмосферное давление и т.д.) важна, так как она влияет на эффективность выполнения навигационных задач, сохранную перевозку груза, безопасность мореплавания. Без учета условий погоды в общем случае невозможна правильная оценка обстановки и выработка эффективных решений по управлению судном. Поэтому действительные и прогностические гидрометеорологические данные должны гармонично отображаться на экране *НИС* (в совокупности с другой, относящейся к навигации информации) в виде, облегчающем судоводителю решение стоящих перед ним задач.

Интеграция в *НИС* получаемых по каналам внешней связи данных о погоде, а также подключение к ней появившихся приборов для измерения параметров волнения и качки, позволяет этой системе

осуществлять более полное информационное обслуживание процесса принятия решений по управлению судном.

Данные о погоде в *НИС* должны использоваться при планировании пути судна, при исполнительной прокладке и для других целей.

Климатические данные и гидрометеорологические прогнозы позволяют *НИС* определить (либо помочь судоводителю найти) оптимальный путь перехода по тому или иному критерию, установить запасные варианты для выполнения задач рейса, заблаговременно подготовиться к сложным условиям плавания, наметить порты убежища, изменить маршрут, чтобы избежать опасных погодных условий. С климатическими данными необходимо знакомиться при проработке намеченного рейса. Для целей планирования перехода они должны использоваться, когда нет прогнозов погоды.

В табл. 5.1 представлены наиболее важные элементы погоды и целесообразные области их использования.

Таблица 5.1.

Существенные для навигации параметры погоды.

Параметры	Исполнительная прокладка		Планирование пути (Прогноз на будущее)	Для других целей
	Измерение	Прогноз на текущий момент		
<b>Ветер</b>				
Скорость и направление	+	+	+	+
Сила порывов			+	+
<b>Состояние моря</b>				
Длина и высота ветровых волн		+	+	+
Длина и высота волн зыби		+	+	+
<b>Видимость</b>	+		+	+
<b>Приливы</b>				
Скорость, направление течения		+	+	+
Глубина с учетом прилива	+	+	+	+
<b>Неприливные изменения глубины</b>	+		+	+
<b>Ледовые условия</b>		+	+	+
<b>Другие значительные условия</b>		+	+	+
<b>Температура воздуха</b>			+	+
<b>Атмосферное давление</b>			+	+
<b>Влажность</b>				+
<b>Температура забортной воды</b>				+

При исполнительной прокладке в *НИС* должна быть возможность задания различных погодных критериев и опасных объектов (например, высота волны более 5 м., видимость менее 2-х миль, наличие льдов, айсберги и т.д.). По этим данным система сможет заблаговременно уведомлять судоводителя об ожидаемых



неблагоприятных гидрометеорологических условиях. Предупреждения должны быть визуальными, так как эти ситуации не требуют принятия немедленных решений.

Наличие у *НИС* функций для контроля и учета погодных условий способствует повышению безопасности плавания и эффективности рейсов.

Стандарты для представления и отображения гидрометеорологических условий в ЭКДИС пока находятся в стадии разработки. Они войдут в следующие издания публикаций S57 и S52.

**3. Информация АИС улучшает знание ситуаций.** По сравнению с РЛС бортовая аппаратура АИС предоставляет более полную, с лучшей точностью и быстрее (в реальном времени) информацию о морских мобильных объектах, необходимую для предупреждения столкновений.

По линии АИС СУДС будет осуществлять навигационную помощь судам в районах крупных портов и в зонах интенсивного движения.

Запланирована установка транспондеров АИС на стационарных и плавучих средствах навигационного ограждения. Они будут передавать информацию о позиции этих средств, качестве их функционирования, данные о приливе и течении, условиях погоды и видимости.

Названная информации повышает уровень понимания обстановки и должна представляться на экране *НИС*. Данные АИС предусмотрено ввести в перечень обязательных для ЭКДИС программных объектов в четвертом издании стандарта S57.

**4. Обстановка должна отображаться в целом (в интегрированном виде).** Информация навигационных средств, предоставляемая в настоящее время на мостике судна, распределена между несколькими дисплеями: на индикаторах одной или двух РЛС, на устройстве отображения САРП, на индикаторах других навигационных приборов.

Распределение информации само по себе не представляет ничего плохого. Но нередко в практике судовождения возникают задачи, для решения которых необходимо оценить сложившуюся ситуацию в целом, одновременно по данным многих источников.

Если в этом случае управление осуществляется подготовленной командой судоводителей под руководством капитана, то распределение данных между несколькими экранами является иногда определенным преимуществом.

Когда же на мостике один человек и требуется в целом оценить ситуацию, необходимость обращения ко многим устройствам отображения и составления по их данным общей картины обстановки – явный недостаток комплекса навигационных средств. Об этом говорит и анализ отчетов по авариям судов. Ряд их них можно было избежать

при наличии общей картины, характеризующей одновременно опасность столкновения и риск посадки на мель.

Одной из целей автоматизации судов является уменьшение их экипажей и предоставление возможности *одному вахтенному помощнику* обеспечивать безопасное и эффективное судовождение в большинстве судоходных районов. Поэтому на автоматизированных судах навигационно-информационная система должна быть способной показывать сложившуюся обстановку в целом, на одном экране.

Отсюда следует, что *в общем случае для обеспечения эффективной оценки ситуации и принятия решений на мостике судна наиболее подходящим является интегрированный (многофункциональный) дисплей*, отображающий все стороны сложившейся навигационной обстановки.

Устройство отображения, представляющее данные о процессе судовождения в интегрированном виде и обеспечивающее высокий уровень понимания оператором обстановки, принято называть *дисплеем для знания ситуаций* (Situation awareness display).

Для обеспечения надежности непрерывного отображения данных и на случаи управления судном командой судоводителей на мостике может быть два или большее число интегрированных мониторов. Все они должны иметь одинаковые характеристики и равные возможности предоставления всех видов данных навигационно-информационной системы.

Естественно, сложившаяся в процессе управления обстановка может быть отражена как единое целое, когда все датчики навигационной информации интегрированы в навигационно-информационную систему. Если это не реализовано, то отображение информации об обстановке будет распределенным.

**5. Условные обозначения и принципы оперирования с изображением должны быть едиными для всех НИС, независимо от их производителя.** В настоящее время в эксплуатации находится большое число навигационных приборов и систем, изготовленных различными фирмами и организациями в разное время, на базе технологий различного уровня. Имеются отличия в отображаемых на дисплеях этих устройств терминах, сокращениях и символах, характеризующих навигационную обстановку, а также в принципах оперирования с изображением.

Особенностью современного этапа развития судовождения является неуклонный рост числа дисплеев на мостике судов. Различия в представлении одной и той же информации в устанавливаемых на судах навигационных приборах и системах может оказать отрицательное влияние на безопасность судовождения. Поэтому настоятельным стало требование обеспечения единообразия

отображения данных во всех навигационных приборах и системах (независимо от их изготовителя), не говоря уже об интегрированных дисплеях для представления обстановки в целом.

Определенная работа в этом направлении уже выполнена. Отображение официальных векторных карт (ЭНК) во всех образцах ЭКДИС одинаково. Этого нельзя пока сказать о другой, относящейся к проводке судна информации и о способах организации пользовательских интерфейсов ЭКДИС.

Решение вопроса единообразия символики и других условных обозначений, по мнению специалистов ИМО, должно проходить с учетом человеческого фактора по пути следования традициям (наследования), отбора и увязки. На интегрированном дисплее навигационно-информационной системы должны использоваться хорошо знакомые судоводителям условные обозначения, широко применяемые длительное время в теории и в практике судовождения. Если же для того или другого объекта (или его характеристики) используется несколько обозначений, то должно быть отобрано (или составлено из элементов нескольких обозначений) только одно, наиболее подходящее.

При определении комплекса единых условных обозначений для всех *НИС* необходимо исходить из следующих положений:

- простота и наглядность символов;
- универсальность и согласованность условных обозначений;
- уникальность - единственность по значению;
- недвусмысленность – четко выраженная разность с другими обозначениями;
- интуитивная очевидность – похожесть с оригиналом, или соответствие широкораспространенным в данной области знаний обозначениям;
- доступность – возможность получения разъясняющей информации.

Принципы организации пользовательского интерфейса также должны быть едиными. Это предполагает применение одинаковых или похожих способов оперирования с данными в аппаратуре *НИС* различных производителей. Путь решения этой задачи такой же: следование традициям, отбор и согласование наилучших вариантов. Выполнение этой работы предполагает анализ используемых в разных образцах *НИС* методов оперирования с отображаемой информацией, отбор наилучших вариантов и их увязка по определенным критериям.

**6. Перед отображением информация в *НИС* должна агрегироваться** (фильтроваться, объединяться и сжиматься) с целью обеспечения как полного, так и незагроможденного ненужными и второстепенными деталями представления данных. Основная задача агрегации – отбор существенного для сложившейся ситуации и

представление его в концентрированной форме. Эта задача должна решаться совместно судоводителем и системой.

Фильтрация. В проведении отбора (фильтрации) данных для отображения встречаются определенные затруднения, заключающиеся в следующем. Процесс судовождения является многоплановым. В нем могут возникнуть самые различные ситуации и необходимость решения разных задач. Те данные, которые жизненно важны для принятия решений в одной ситуации, могут оказаться абсолютно ненужными в другой.

При наличии большого числа классов объектов, которые могут быть отображены на экране, вахтенному помощнику становится затруднительно быстро отобрать из них на отображение те, которые требуются ситуацией. В этом вопросе целесообразной становится помощь *НИС*.

Для выполнения системой отбора информации на отображение необходимо, прежде всего, найти принципы построения хорошего фильтра. Задача фильтра состоит в определении (в зависимости от вида ситуации, задачи), какие данные и каким образом отобразить в совокупности с другой, относящейся к навигации информации.

Из сказанного выше можно заключить, что для выбора состава отображаемой информации и характера ее представления на экране ***определяющим является вид ситуации или тип решаемой задачи.*** Поэтому, прежде всего, в системе необходимо иметь: классификатор ситуаций и задач, стандартные перечни отображаемых объектов для ситуации и задачи каждого вида, таблицы презентации, определяющие вид отображения объектов в совокупности с другой информацией.

Вид ситуации определяют многие факторы: район плавания, время суток, интенсивность движения, погодные условия и т.д. Полная информация о всех этих факторах будет в *НИС* в ближайшем будущем. Требуется только разработать алгоритм распознавания по ней ситуаций.

При выполнении системой основного отбора данных на отображение задачей судоводителя становится лишь проведение небольших изменений, которые он считает необходимыми.

Объединение и сжатие. С помощью средств навигации одновременно могут быть получены различные «образы» внешней среды судна.

По цифровым данным ЭНК и корректурной информации на экране формируется образ обстановки в виде карты, в котором не все объекты внешней среды представлены, например, отсутствуют суда и другие мобильные плавучие объекты, находящиеся в районе карты.

По информации РЛС и САРП получается радиолокационный образ внешней среды с искажениями, вытекающими из принципа работы РЛС и от действия помех на ее информацию.

АИС представляет внешнюю среду объектами, на которых установлена аппаратура этой системы.

В общем случае на интегрированном дисплее из этих образов следует создать единый наиболее полный. Если для одного объекта имеются дублирующие сведения от нескольких навигационных средств, то в общем случае при отображении предпочтительно использовать правило – *один символ представляет один объект*. При объединении информации должны учитываться характеристики и ошибки навигационных средств.

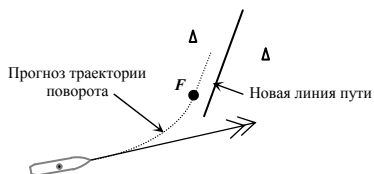
Иногда при выполнении перехода может понадобиться анализ отдельных образов обстановки. Эта возможность должна реализовываться как частный случай.

**7. Необходимо иметь эффективные средства прогнозирования элементов обстановки и наглядного отображения прогнозов.** Навигационно-информационная система способна эффективно выполнять поддержку решений судоводителей только тогда, когда она имеет развитые средства для прогнозирования состояния элементов внешней среды и судна, как объекта управления движением. Средства прогнозирования должны соответствовать целям решаемых задач. Ввиду разнообразия выполняемых при судовождении задач, в *НИС* используются разные виды прогнозов. Охарактеризуем некоторые из них.

Для предупреждения судоводителя о возможности посадки на мель осуществляется прогноз движения собственного судна на определенное время вперед. Когда прогнозируемое место попадает в область опасных глубин, подается предупреждающий сигнал.

С целью облегчения судоводителю оценки опасности столкновений широко используется *прогнозирование относительного движения целей с помощью ЛОДов* на определенное время вперед. Для задачи выбора маневров курсом может применяться *прогноз зон опасности целей*. В планировании маневров на расхождение и при проверке их эффективности используется третий вид прогнозирования обстановки – *проигрывание маневров*.

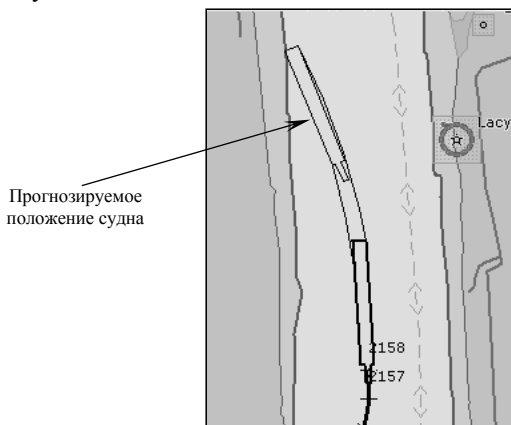
Для обеспечения в тесненных водах точного выхода на следующий отрезок пути после изменения курса выбранным способом, у символа судна на экране (рис. 5.2) отображается *прогноз траектории движения судна для запланированного варианта поворота*. Он позволяют судоводителю уверенно выбрать момент начала поворота (когда прогнозируемая точка *F* конца поворота совпадет с новой линией пути).



**Рис. 5.2. Использование прогноза траектории поворота для определения момента его начала.**

Соответственно, когда необходимо знать (например, при швартовке или в условиях плохой видимости), в каком месте остановится судно после дачи хода назад, у отметки судна показывается **прогноз траектории торможения** от текущего значения скорости хода до остановки судна.

Существенную помощь в управлении речным судном оказывает краткосрочное прогнозирование в реальном времени его траектории с учетом действия ветра и течения. Такой прогноз обновляется каждую секунду.



**Рис. 5.3. Текущий прогноз траектории судна на реке для повышения эффективности управления им.**

На рис. 5.3 приведен пример текущего прогнозирования траектории, осуществляемый в речной ЭКДИС фирмы СЕАСТ Information Systems, Inc. Прогнозирование выполняется компьютером с учетом данных о положении судна, скорости его хода, значений курса и скорости поворота. Так как все эти параметры подвержены влиянию

ветра и течения, то прогноз курса принимает их во внимание. Наличие краткосрочного прогноза траектории позволяет при управлении курсом уменьшить число включений рулевой машины, избежать больших перерегулирований. Это приводит к уменьшению сопротивления движению судна, расхода топлива, потерь в скорости хода, износа механизмов. Скорость судна при движении против течения при таком управлении возрастает до 10% (по данным фирмы).

Довольно широко в *НИС* используется **отображение прогнозов гидрометобстановки на заданные будущие моменты времени** по информации, полученной через каналы связи от береговых гидрометцентров или со спутников, и хранящейся в памяти системы.

Одним из видов прогнозов, позволяющих эффективно проанализировать те или другие элементы обстановки на оставшемся пути перехода, является **прогнозирование по планируемому маршруту на ожидаемое время прибытия в его точки**. Таким способом (естественно, при наличии в памяти необходимой информации) могут быть отображены на экране по линии будущего пути судна прогнозируемые значения:

- Скорости и направления приливных течений;
- Высот волн;
- Напряжений на корпусе;
- Потерь в скорости хода;
- Глубин с учетом высот приливов на подходах к порту;
- И других элементов.

Наличие прогнозируемых значений тех или иных параметров, характеризующих внешнюю среду либо состояние объекта управления в точках запланированного маршрута на ожидаемое время прихода, позволяет системе выделить на будущем пути опасные участки, заблаговременно предупредить судоводителя о явлениях, требующих его внимания, выработать определенные рекомендации. Иными словами, дает возможность системе полнее выполнить функции поддержки принятия решений.

**8. Отображение на дисплее должно дополняться автоматической сигнализацией и визуальными предупреждениями** об элементах обстановки, требующих внимания вахтенного помощника, а также его действий. Предупреждения, вырабатываемые *НИС*, являются одним из элементов, снижающих роль субъективного фактора и обеспечивающих своевременность принятия необходимых решений.

**9. При необходимости обстановку следует отображать в трехмерном виде.** Традиционно используемое в *НИС* отображение обстановки в двухмерном виде на горизонтальной плоскости (вид

сверху) является только одним из способов ее представления, который не всегда наилучший.

Для определенных задач и ситуаций трехмерная модель внешней среды обеспечивает более высокий уровень понимания обстановки. Успехи в развитии компьютерных технологий позволяют на современном этапе использовать трехмерную графику для повышения информативности *НИС*.

В пространственном виде может представляться как надводная, так и подводная обстановка. Для выполнения этой задачи ***в памяти системы должны храниться данные топографических и/или батиметрических карт районов, где предполагается использовать трехмерную их модель.***

В общем случае при формировании трехмерных образов надводной обстановки должны использоваться как данные топографических карт, так и данные позиционных средств, РЛС, АИС и других приборов. Охарактеризуем ряд задач, где трехмерное отображение обстановки повышает уровень ее понимания.

Первая из них, наблюдение в ночное время и при ограниченной видимости в стесненных водах.



**Рис. 5.4.** Представление в трех измерениях вида обстановки из рулевой рубки.

Одной из главных задач вахтенного помощника является ведение непрерывного визуального наблюдения, которое дает основную информацию, необходимую для принятия решений. Однако, в ночных условиях и при плохой видимости, количество получаемой с помощью визуального наблюдения информации (по сравнению с наблюдением в ясный день) значительно уменьшается, так как исчезают очертания берега, судов и других объектов. В результате усложняется оценка обстановки и труднее становится принимать решения. Поэтому районы



со сложными условиями плавания судоводители предпочитают проходить в дневное время, но это не всегда удается.

Формирование «*вида из рулевой рубки*» (рис. 5.4) на экране дисплея в ночное время с очертаниями окружающих судно объектов (судов, берега, стационарных и плавучих средств ограждения) с отображением, если необходимо, огней, мигающих в реальном времени в соответствии с их характеристиками, позволяет судоводителю быстро сориентироваться в обстановке, наблюдаемой им визуально. Полезным это оказывается и в условиях ограниченной видимости.

На трехмерной модели обстановки могут показываться маршруты, цели, маркеры, пользовательские объекты. Она может дополняться поясняющими надписями, данными о расстояниях до объектов и другими элементами, повышающими уровень понимания ситуации.

Кроме «вида из рулевой рубки» на экране дисплея может быть представлен *образ обстановки из других точек пространства* под разными углами и с разных расстояний (рис. 5.5). В ряде случаев это значительно улучшает наглядность важных деталей сложившейся ситуации.

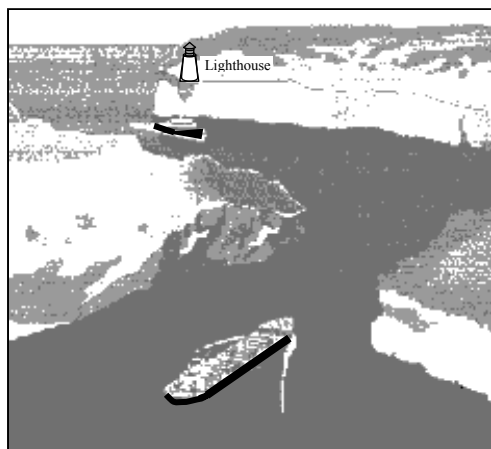


Рис. 5.5. Трехмерная модель ситуации в узкости.

При отображении обстановки может использоваться и *многооконный режим*, содержащий ее обзоры из разных точек. Здесь трехмерное изображение может показываться на экране и рядом с традиционным двухмерным. Возможность выбора двухмерного, трехмерного или совместно в двух окнах первого и второго режима отображения способствует лучшему пониманию особенностей сложившейся ситуации.

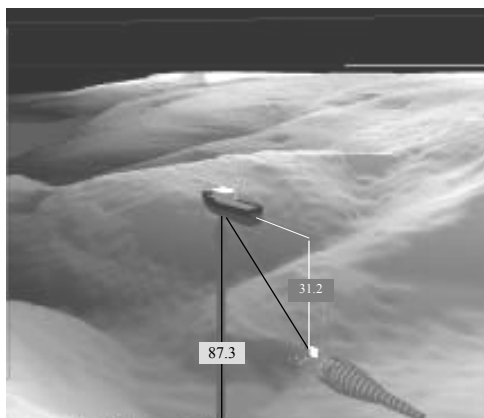
Следует отметить, что трехмерный режим отображения пока возможен только для векторных данных.

В трех измерениях в судовых навигационно-информационных системах может показываться и подводная обстановка. Это уже реализовано в ряде ЭКДИС для гидрографических и рыболовных судов.

Здесь можно назвать модуль трехмерной обстановки фирмы ICAN, который интегрируется с ЭКДИС для рыболовных судов, изготавливаемых этой фирмой. Пример отображения данных в этом модуле представлен на рис. 5.6. Такой вид отображения облегчает наблюдения за тралом, сетью или другими орудиями лова с целью обеспечения их безопасности.

Трехмерная батиметрическая модель используется и в ЭКДИС фирмы «Гранзас Марин» для гидрографических судов, а также в ЭКДИС «Шкипер М» организации «Промышленные компьютерные технологии» (Россия).

В недалеком будущем в трехмерном виде планируется представлять надводную и подводную обстановку в ЭКДИС для крупнотоннажных транспортных судов. На этих судах трехмерная батиметрическая модель может оказать существенную помощь при проводке в стесненных водах со сложным рельефом дна.



**Рис. 5.6. Трехмерное отображение подводной обстановки.**

Совместное трехмерное отображение надводной и подводной обстановки требует учета несовпадений датумов карт для высот и для глубин. Радикальное решение этого вопроса состоит в разработке

глобального (одного для всех государств и единого для высот и глубин) международного вертикального датума.

**Основным достоинством трехмерного отображения данных в НИС** является возможность лучшего представления важных элементов обстановки и более полного ее анализа при плавании в стесненных водах, особенно в ночных условиях и при ограниченной видимости. Это способствует повышению безопасности плавания и уменьшению простоев судов. Оказывает помощь трехмерная модель подводной обстановки и при плавании на мелководье со сложным рельефом дна.

Имеются и *трудности во внедрении методов пространственного отображения ситуаций*. К ним можно отнести:

- Высокие требования к аппаратному и программному обеспечению компьютеров НИС;
- Значительное увеличение объема хранимых данных НИС, рост и усложнение программного обеспечения;
- Усложнение процедур обновления хранимой в НИС информации;
- Недостаточное качество данных для некоторых районов плавания;
- Отсутствие стандартов презентации трехмерных изображений.

Тем не менее, развитие и внедрение этих способов отображения навигационной информации начато, совершенствуется, и, без сомнения, найдет воплощение в будущих поколениях судовых навигационно-информационных систем. Стандарты трехмерных изображений надводной и подводной обстановки предполагается определить в новых изданиях публикаций МГО.

**ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Устройство отображения судовой навигационно-информационной системы должно быть **дисплеем для знания обстановки** (Situation awareness display), наглядно представляющим все ее стороны и обеспечивающим высокий уровень понимания судоводителем ситуаций, возникающих в процессе проводки судна из порта отхода в порт назначения.

Двухмерное изображение будет оставаться основным способом представления навигационной обстановки. Трехмерные модели внешней среды должны использоваться как дополнительная возможность повышения эффективности ЭКДИС.

Методы трехмерного представления обстановки не являются чем-то новым. Навигационные информационные системы, в которых реализованы эти методы отображения данных, уже на протяжении ряда лет используются в авиации, оказывая существенную помощь пилотам как в условиях нормальной, так и ограниченной видимости.

Разработка способов высокоэффективного отображения данных и их внедрение в судовые НИС потребует определенных сил и времени. Однако это вполне разрешимая задача, так как на современном этапе методы и процедуры создания требуемых отображений обстановки в

человеко-машинных системах управления, включая трехмерные модели, хорошо разработаны и не являются слишком дорогостоящими. Они реализованы в авиационных системах поддержки решений пилотов. Кроме авиации, эффективные устройства отображения, обеспечивающие высокий уровень знания *тактических и стратегических ситуаций*, применяются в военных системах управления.

## **5.6. Предложения по гармонизации отображения навигационных данных.**

В рамках работ *по гармонизации представления информации на мостике судна* ИМО подготовила проекты общих стандартов к отображению навигационных данных и стандарта по условным обозначениям. Они были рассмотрены на 49 сессии комитета ИМО по безопасности навигации в марте 2003 г. и опубликованы для целей обсуждения.

Предлагаемые стандарты в одних случаях являются дополнением к принятым ранее ИМО эксплуатационным требованиям к отдельным навигационным средствам, а в других - служат критериями для устройств отображения навигационных систем, эксплуатационные требования к которым еще не выработаны.

Эти стандарты также направлены на обеспечение согласованного представления информации при одновременном отображении данных многих источников на одном многофункциональном дисплее. Они должны способствовать уменьшению количества мониторов на мостике, информация которых отражает навигационную обстановку, что избавит от необходимости обращения ко многим дисплеям для получения требуемой при судовождении информации.

Принятие выработанных стандартов отображения навигационной информации, по мнению МЭК и ИМО, должно оказать позитивное влияние на безопасность мореплавания.

Ниже приведены основные положения из проектов стандартов для представления относящейся к навигации информации.

**Общие требования.** Представление навигационной информации, включая термины, цвета и символы, должно соответствовать публикации МЭК 62288. Этим документом устанавливаются общие требования к средствам отображения, которые входят в ЭКДИС, в РЛС, в навигационные комплексы и в интегрированные системы ходового мостика. Публикация МЭК 62288 также определяет для названных средств отображения методы испытаний и критерии к их результатам.

Устройства отображения должны одновременно удовлетворять требованиям МЭК 62288 и соответствующим эксплуатационным стандартам ИМО, принятым индивидуально в отношении ЭКДИС, РЛС, навигационных комплексов и интегрированных систем ходового мостика.

Дополнительно устройства отображения могут представлять сведения, поступающие от других систем: данные АИС, морскую информацию по безопасности и т.д.

Когда на одном дисплее показывается информация, исходящая от многих средств, то должны указываться названия источника каждого вида данных. Целостность исходной информации при отображении необходимо сохранять.

Представление на экране системы сведений из многих источников должно быть *согласованным*. Противоречивость и спутывание данных следует исключить.

Требуется, чтобы тревожные сообщения и визуальная сигнализация соответствовали стандартам ИМО в отношении индивидуальных систем. Когда на одном дисплее отображается информация, поступающая от многих систем, виды звуковой и визуальной сигнализации должны быть увязаны между собой.

Для согласованного представления различной навигационной информации и картографических данных следует применять монитор с эффективной площадью экрана, не меньшей 270x270 мм.

Когда в рулевой рубке одно из устройств отображения интегрирует данные всех навигационных систем, другие установленные здесь мониторы также должны позволять представлять всю интегрированную информацию. Организация многомониторной системы в рулевой рубке должна исключить потерю отображения необходимой для судовождения информации при выходе из строя любого из мониторов.

**Требования к навигационным терминам и условным обозначениям**. При отображении на мостике судна относящейся к навигации информации следует применять стандартные термины и сокращения, представленные в разработанной МЭК таблице (приведена в *Приложении 3* книги). Если сокращение в таблице не определено, то термин должен использоваться без аббревиатуры. Стандартные термины и сокращения могут комбинироваться, например, «CPA LHM».

Если не оговорено иное, то *для стандартных терминов и сокращений могут использоваться как большие, так и малые буквы*. Когда аббревиатура образуется из первых букв слов в стандартном термине, она должна представляться *большими буквами*.

МЭК были разработаны и требования к отображению цифровых значений навигационных параметров. В таблице 5.2 приведена выдержка из этих требований, касающаяся минимального разрешения для навигационных параметров собственного судна.

Таблица 5.2.

Минимальное разрешение для данных о собственном судне.

Параметр	Минимальное разрешение
Скорость	0.1 узла
Курс	$0.1^{\circ}$
Положение	0.001 дуговой минуты
Глубина	0.1 м для глубин менее 10 метров, 1 м для глубин 10 метров и более.
Путевой угол	$0.1^{\circ}$

Для единообразного отображения на экранах судовых навигационных электронных средств элементов прокладки своего судна и судов-целей Международная электротехническая комиссия предложила условные обозначения, приведенные в *Приложении 4* книги.

Поясим значения некоторые из терминов, приведенных в этом приложении.

**Символ собственного судна** – это выделяющийся условный знак, который предназначен для указания на карте позиции собственного судна. *Выраженным в масштабе символом* судно показывается на карте в крупном масштабе, чтобы оценивать на дисплее расстояние до опасностей при плавании в узкостях и по фарватерам.

**Пассивная (неактивированная) цель** – условный знак цели, указывающий место и ориентацию судна, оборудованного бортовой аппаратурой АИС. Никакой добавочной информации у символа не приводится, чтобы не перегружать экран.

**Активированная цель** – символ АИС-цели с графическим отображением дополнительной информации, включающей:

- вектор скорости судна относительно грунта;
- направление диаметральной плоскости (курс);
- скорость поворота или направление поворота (если возможно), чтобы показать, что курс цели изменяется.

**Выбранная цель** – условный знак цели, выбранной вручную для отображения в цифровом виде детальной информации о ней на специальной панели дисплея.

**Опасная цель** – символ цели, вычисленные данные  $D_{кр}$  и  $T_{кр}$  которой меньше установленных безопасных пределов  $D_{крз}$  и  $T_{крз}$ .

**Потерянная цель** – условный знак, представляющий последнюю действительную позицию цели перед тем, как данные о ней перестали поступать.

**Безопасная изобата собственного судна** (own ship's safety contour) – это изобата, соответствующая наименьшей безопасной, по мнению капитана, глубине для его судна. Значение этой глубины вводится в память системы, служит для отличия на экране дисплея опасных вод от безопасных и применяется для выработки сигнала об опасности посадки на мель.

## **6. Требования ИМО к ЭКДИС**

Создание ЭКДИС и условий для нормального их функционирования является приоритетным направлением развития судовых навигационно-информационных систем. Для обеспечения эффективности *НИС* и предотвращения нежелательного их влияния на безопасность мореплавания Международная морская организация определила минимальные Техничко-эксплуатационные требования к ЭКДИС - ИМО Резолюция А.817(19). Знание этих стандартов позволяет объективно оценивать достоинства и недостатки существующих образцов навигационно-информационных систем. Ниже освещаются основные требования ИМО к ЭКДИС.

### **6.1. Назначение ЭКДИС.**

Первичной функцией ЭКДИС является обеспечение безопасности мореплавания. При организации соответствующего резервирования она может рассматриваться как эквивалент бумажных карт. Система должна отображать всю картографическую и навигационно-гидрографическую информацию, необходимую для безопасного и эффективного судовождения. Требуется, чтобы ЭКДИС выполняла все действия, связанные с предварительной и исполнительной прокладкой, определениями места, непрерывно отображала текущую позицию судна и производила надежную корректуру электронных навигационных карт.

### **6.2. Данные ЭК и их структура.**

В ЭКДИС следует использовать только официальные картографические данные, в том числе и корректурные, последнего издания, подготовленные государственными гидрографическими службами. Такая информация готовится по стандартам МГО. В системе не должно быть возможности ее изменения. Необходимо корректурные данные и информацию ЭНК хранить в ЭКДИС отдельно друг от друга. Система должна автоматически принимать корректурные данные по каналам связи и вводить их в свою память. Ручная корректура также допускается, однако ее условные знаки должны отличаться от официальной корректуры, принимаемой автоматически. Требуется, чтобы ЭКДИС регистрировала корректурную информацию, включая время начала использования ее в СЭНК.



Для ЭКДИС ИМО определены следующие уровни информации и содержание этих уровней:

- Данные электронной навигационной карты (Electronic navigational chart data – ENCDB) - это набор данных для ЭНК, подготовленных национальными гидрографическими службами в формате, приемлемом для координатора ЭНК.
- Базовые данные электронной карты (Electronic navigational chart data base – ENCDB) – основные данные для производства и поддержания ЭНК, образованные из ENCDB.
- Системная электронная навигационная карта (СЭНК).

**СЭНК** – это набор цифровых данных во внутреннем формате системы для отображения откорректированной навигационной карты. Он получается путем преобразования в ЭКДИС информации основной ЭНК, корректур и данных, добавленных мореплавателем. Это тот информационный набор, который составляет дисплейный файл ЭКДИС для отображения откорректированной навигационной карты и выполнения с ее помощью навигационных функций.

Информация СЭНК доступная для отображения при планировании маршрута и выполнении прокладки должна быть разделена на три категории:

- базовая нагрузка (Display base);
- стандартная нагрузка (Standard Display);
- другая информация (Other information).

**Базовая нагрузка** означает уровень данных СЭНК, который не может быть удален с дисплея. Она содержит наиболее важную для безопасного мореплавания картографическую информацию, требуемую всегда, во всех географических районах и при любых обстоятельствах. Это не означает, что ее достаточно для организации безопасного судовождения.

Базовая нагрузка включает: береговую черту (для полной воды); выбранную судоводителем безопасную изобату; в ограниченном безопасной изобатой районе отдельные подводные опасности с глубинами, меньшими безопасной; внутри этого же района отдельные опасности, такие как мосты, линии электропередач, включая буи и знаки, которые используются или нет как средства навигации; системы движения; масштаб; вид ориентации карты и режим дисплея; единицы глубин и высот.

**Стандартная нагрузка** – это содержание карты, которое должно быть на дисплее при первом вызове карты в ЭКДИС. Она представляет минимальный набор данных, обеспечивающих решение навигационных задач в процессе плавания и при планировании пути. Эта нагрузка в дальнейшем может модифицироваться судоводителем.

Стандартная нагрузка состоит из информации: базовой СЭНК, линий осыхания, стационарных и плавучих средств навигации, границ фарватеров, каналов и т.д., приметных визуальных и радиолокационных объектов, запретных и ограниченных районов, рамки карты, предупреждений мореплавателям.

**Вся другая информация**, отображаемая по требованию, включает: значения глубин, подводные кабели и трубопроводы, маршруты паромов, элементы всех отдельных опасностей, детали навигационных средств, содержание предупреждений мореплавателям, дату издания ЭНК, горизонтальный и вертикальные геодезические датумы, географические названия и т.д.

В совокупности со стандартным содержанием вся другая информация образует полную нагрузку ЭНК, которая включает все доступные данные этой карты.

### **6.3. Ориентация изображения, режим движения, дополнительная информация.**

Карта в ЭКДИС должна ориентироваться «по норду». Допускаются другие виды ориентации, например, «по курсу».

Прокладку в системе требуется отображать в режиме истинного движения. Допускается режим относительного движения. В режиме истинного движения необходим контроль подхода символа собственного судна к рамке карты с целью обеспечения своевременного сдвига карты, после которого условный знак судна смещается в заданную судоводителем часть экрана.

ЭК может дополняться радиолокационной или другой навигационной информацией, которая должна четко отличаться от СЭНК. Накладываемые данные не должны ухудшать и искажать изображение карты.

Необходимо, чтобы дополнительная информация была с СЭНК в одной координатной системе.

Передаваемая в ЭКДИС информация РЛС может включать в себя радиолокационное изображение и данные САРП. Карта и радиолокационный образ обстановки должны быть согласованы по масштабу и ориентации.

Место судна по данным РЛС и по информации позиционного датчика должно соответствовать одной точке на горизонтальной проекции корпуса судна, например, положению антенны позиционного датчика.

Необходимо в ЭКДИС иметь возможность вручную перемещать отображаемый на карте символ судна для совмещения радиолокационного изображения с картой.

Радиолокационное изображение обстановки на экране ЭКДИС должно регулироваться вручную и, при необходимости, выключаться.

#### **6.4. Цвета и символы. Требования к дисплею.**

Для отображения картографической информации в СЭНК должны использоваться цвета, символы, стили *Библиотеки презентации* (стандарт МГО S52, Приложение 2).

Кроме картографической информации, требуется на дисплее ЭКДИС показывать следующие навигационные элементы и параметры:

- символ судна,
- пройденный путь с отметками времени,
- вектор путевой скорости,
- подвижный маркер дальности и электронный визир,
- курсор,
- счисляемое место и время,
- обсервованное место и время, линию положения и время,
- смещенную линию положения и время,
- предвычисленный вектор,
- фактический вектор течения,
- особые опасности,
- линии безопасности,
- заданный курс и скорость,
- путевые точки,
- расстояние по заданной линии пути,
- планируемое местоположение с датой и временем,
- дуги дальности открытия/закрытия огней,
- место и время перекладки руля для поворота.

Форма и характер отображения указанной информации стандартизированы ИМО и приведены в публикации МЭК 61174.

ЭКДИС должна позволять показывать все данные, необходимые судоводителю при выполнении предварительной и исполнительной прокладок, а также при решении дополнительных навигационных задач. Эффективный размер экрана для представления карты при исполнительной прокладке должен быть не менее 270х270 мм.

Необходимо также обеспечить ясную видимость данных на дисплее ЭКДИС, позволяющую нескольким наблюдателям разбирать отображаемую обстановку в условиях нормальной освещенности, как днем, так и ночью.

## **6.5. Предварительная прокладка.**

Система должна позволять простым и надежным способом планировать путь судна. Требуется выполнять планирование основного и, при необходимости, альтернативного маршрутов. Планируемый путь должен четко отличаться от других маршрутов на карте.

При предварительной прокладке в ЭКДИС следует обеспечивать нанесение прямолинейных и криволинейных участков планируемого пути и запись необходимых отметок. Судоводитель должен иметь возможность ввода в память ЭКДИС допустимых пределов отклонения от заданного маршрута с целью активизации автоматической сигнализации о превышении этих пределов при исполнительной прокладке. Для предупреждения о ситуациях планирования пути через опасную изобату и районы со специальными условиями предписано иметь в системе индикацию. При корректировке планируемого маршрута должна быть возможность:

- Добавления путевой точки;
- Уничтожения путевой точки;
- Изменения позиции путевой точки;
- Смены порядка точек в маршруте.

## **6.6. Исполнительная прокладка.**

Режим отображения карты при исполнительной прокладке должен обеспечить нахождение символа судна в пределах окна высвечивания. Для просмотров районов, где нет судна, следует иметь дополнительный режим. В нем ЭКДИС должна продолжать учитывать перемещение судна, показывать его кинематические параметры, выполнять функции предупредительной сигнализации и индикации, а также предоставлять оператору возможность одним действием немедленно возвращаться к основному режиму отображения.

Положение судна в ЭКДИС должно определяться с помощью позиционной системы непрерывно и с точностью, соответствующей требованиям безопасного судовождения. Где только возможно, необходимо использовать для обсерваций вторую независимую позиционную систему, причем ЭКДИС должна различать определения места по этим системам.

Геодезические датумы позиционного датчика, определяющего текущее место судна, и системной навигационной карты должны быть одинаковыми.

В ЭКДИС требуется иметь возможность отображения намеченного альтернативного маршрута в дополнение к основному. Необходимо,

чтобы показываемый на экране запланированный маршрут четко отличался от других линий на карте.

В рейсе ЭКДИС должна позволять оператору выполнять модификацию запланированного маршрута и изменять его на альтернативный.

Необходимо, чтобы ЭКДИС, как минимум, производила следующие расчеты:

- преобразовывала географические координаты в экранные и обратно;
- пересчитывала данные из локальных и региональных датумов в WGS84;
- находила истинные дистанцию и пеленг для двух любых точек на карте;
- определяла географические координаты точки по известным координатам другой точки, пеленгу и дистанции;
- вычисляла направление и длину локсодромии и ортодромии.

Кроме того, при исполнительной прокладке система должна:

- Показывать пройденный путь с отметками времени, интервал между которыми может устанавливаться от 1 до 120 мин;
- Представлять вектор путевой скорости, особые отметки, наносимые судоводителем при ведении прокладки, другие символы, требуемые с навигационной целью (счислимое место и время, обсервованное место и время, подвижный круг дальности, визирную линию) и ряд других данных;
- Обеспечивать возможность изменения позиции судна на карте вручную. Этот процесс должен сопровождаться отображением координат судна в буквенно-цифровом виде.

## **6.7. Регистрация данных. Сигнализация и индикация.**

**Регистрация.** ЭКДИС должна иметь возможность отложения в памяти и, при необходимости, запоминания на длительное время информации о протекании процесса судовождения за последние 12 часов с интервалом в 1 мин, и позволять повторно воспроизвести эту хранимую информацию на экране в любое время. Записываться в память должны данные: о времени, месте, курсе и скорости своего судна и взятых на сопровождение судов-целей, об электронных картах, на которых ведется прокладка, и о корректурах к ним.

Для восстановления всего плавания необходимо, чтобы начиная с момента отхода, ЭКДИС записывала координаты места судна с интервалом времени, не превышающем 4 часа.

Не должно быть возможности изменения зарегистрированной информации и манипуляции с ней. Требуется в ЭКДИС иметь защиту зарегистрированных данных от стирания и изменений.

**Предупреждения и сигнализация.** В ЭКДИС необходимо иметь следующую сигнализацию и предупредительную индикацию, где под сигнализацией понимается сообщение акустическими или акустическими и визуальными средствами об условиях и ситуациях, требующих внимания оператора; а под индикацией – визуальное представление оператору определенной информации о событиях, о функционировании системы или оборудования.

Согласно требованиям ИМО в ЭКДИС должна быть:

- **Сигнализация:** о выходе за границы фарватера, пересечении безопасной изобаты, превышении заданного отклонения от маршрута, приближении к критической точке (например, к точке поворота), несовпадении геодезических датумов позиционного датчика; и карты;
- **Сигнализация или индикация:** о перемасштабировании, прохождении пути через районы со специальными условиями, неправильном функционировании ЭКДИС;
- **Индикация:** что есть карта более крупного масштаба, что информация СЭНК и добавочная (например, от РЛС) в разных координатных системах, о планировании маршрута через безопасную изобату, о планировании маршрута через специальный район, о выходе из строя системы определения места, об ошибках при тестировании системы.

В приложении к Эксплуатационным требованиям ИМО к ЭКДИС отмечено, что к районам со специальными условиями относятся:

- Зона разделения движения (Traffic separation zone);
- Пересечение зон маршрутизации (Traffic routing scheme crossing Traffic routing scheme);
- Зона кругового движения (Traffic routing scheme roundabout Traffic routing scheme);
- Двухсторонний маршрут (Two way traffic route);
- Глубоководный маршрут (Deepwater route);
- Рекомендованный путь (Recommended traffic lane);
- Зона прибрежного плавания (Inshore traffic zone);
- Фарватер (Fairway);
- Зона ограниченного плавания (Restricted area);
- Зона повышенного внимания (Caution area);
- Шельфовая нефтегазовая зона (Offshore production area);
- Район, который следует избегать (Areas to be avoided);
- Район учений (Military practice area);
- Район посадки гидросамолетов (Seaplane landing area);
- Транзитный путь подводных лодок (Submarine transit lane);
- Ледовый район (Ice area);
- Канал (Channel);
- Рыбный грунт (Fishing ground);
- Район, запретный для лова рыбы (Fishing prohibited);

- Водо (нефте) провод (Pipeline area);
- Район подводного кабеля (Cable area);
- Якорная стоянка (Anchorage area);
- Район, запретный для постановки на якорь (Anchorage prohibited);
- Район свалки (Dumping ground);
- Нечистый грунт (Spoil ground);
- Район дноуглубительных работ (Dredged area);
- Район перегрузки судов (Cargo transshipment area);
- Район сжигания мусора (Incineration area);
- Специальная защищенная зона (Specially protected areas).

Следующие объекты обычно оцениваются ЭКДИС как опасности:

- Взрывчатые вещества (Explosives);
- Рыбная банка (Fish haven);
- Нечистый грунт (Foul);
- Подводное препятствие (Obstruction);
- Осыхающая опасность (Obstruction, which covers and uncovers);
- Буровая платформа (Oil/Gas production platform);
- Скала (Rock);
- Отмель (Shoal);
- Буровая скважина (Well);
- Затонувшее судно (Wreck);
- Затонувшее судно с частями над водой (Wreck showing any portion of hull at the level of chart datum).

## **6.8. Точность. Сопряжение с другой аппаратурой.**

Требуется, чтобы точность всех вычислений, выполняемых ЭКДИС, соответствовала точности СЭНК и не зависела от характеристик выходных устройств.

Точность отображения на экране пеленгов, дистанций и других элементов прокладки должна быть не хуже той, которая обеспечивается разрешающей способностью дисплея.

Необходимо, чтобы ЭКДИС имела возможность сопряжения с датчиками и потребителями информации.

ЭКДИС не должна отрицательно влиять на качество работы подключенных к ней устройств. Соответственно, при сопряжении с другой аппаратурой характеристики ЭКДИС не должны ухудшаться.

## **6.9. Режим РКДС.**

Требования к режиму работы ЭКДИС с растровыми картами (РКДС) представлены в приложении 7 к Эксплуатационным

стандартам ИМО к ЭКДИС. Это дополнение было введено в соответствии с решением Комитета по безопасности мореплавания ИМО: Резолюция MSC.86 (70). В ЭКДИС разрешается использовать официальные растровые карты только в районах, на которые нет ЭНК.

Ниже освещены основные эксплуатационные требования к режиму РКДС.

В этом режиме должна отображаться вся картографическая и навигационно-гидрографическая информация, необходимая для безопасного и эффективного судовождения. Требуется, чтобы при работе с растровыми картами ЭКДИС выполняла все действия, связанные с предварительной, исполнительной прокладкой, наблюдениями, и непрерывно отображала текущее место судна.

Информация системной растровой навигационной карты (СРНК), используемая при планировании пути и при исполнительной прокладке, должна быть разделена на две категории:

- Стандартная нагрузка, состоящая из данных РНК и ее корректур, включая оригинальный масштаб, масштаб отображения, горизонтальный датум, единицы измерения глубин и высот;
- Другая информация, такая как заметки судоводителя.

Необходимо, чтобы ЭКДИС позволяла просто добавлять к изображению растровой карты и снимать с него любую дополнительную информацию. Не должно быть возможности убрать с экрана РНК.

Если на район, где находится судно, имеется РНК более крупного оригинального масштаба, чем у отображаемой карты, то система должна сообщить об этом индикацией.

Необходимо в ЭКДИС показывать на экране название режима РКДС, когда он активирован.

РНК, используемые в ЭКДИС, должны быть последнего издания, исходить от государственных гидрографических организаций и соответствовать стандарту МГО (S61). Растровые карты, датум которых отличается от WGS84 или ПЗ90, предписано дополнять метаданными о геодезической основе карты с целью сигнализации в случаях ее расхождения с датумом позиционной системы.

Содержание системной растровой карты должно быть эквивалентным нагрузке откорректированной бумажной карты на участок рейса, не покрытый ЭНК.

Ориентироваться РНК должна «по норду». Допускаются другие виды ориентации.

Для представления растровой навигационной карты в ЭКДИС следует использовать рекомендуемые МГО цвета и символы.



Необходимо, чтобы РКДС просто и быстро показывала относящиеся ко всей карте заметки, которые не находятся на отображаемом участке карты.

В режиме РКДС оператору должна предоставляться возможность нанесения на карту точек, линий, площадных объектов, которые нужны для активации автоматической сигнализации. Требуется, чтобы эти элементы не ухудшали СРНК и четко отличались от ее условных знаков.

В ЭКДИС в дополнение к режиму исполнительной прокладки на растровых картах следует иметь режим для просмотра районов этих карт, где нет нашего судна. При ознакомлении оператора с такими районами в системе должен продолжаться учет движения судна и должна работать автоматическая сигнализация. Кроме того, необходимо в ЭКДИС иметь возможность одним действием вернуться в режим исполнительной прокладки, в котором символ судна все время находится на экране.

В режиме РКДС ЭКДИС должна принимать данные о позиции судна только в датумах WGS84 или ПЗ90. Если датум обсервованных координат судна отличается от WGS84 или ПЗ90, то ЭКДИС должна подать предупредительный сигнал.

Требуется, чтобы режим РКДС позволял судоводителю вручную совмещать СРНК с данными о позиции судна. Это может быть необходимым, например, чтобы компенсировать сдвиг системы карты.

Предписано обеспечить возможность активации автоматической сигнализации в пределах времени или дистанции до нанесенных оператором на карту элементов (*точек, линий* или *границ районов*).

При работе ЭКДИС с растровыми картами должна быть сигнализация в случаях:

- Превышения заданного отклонения от линии пути;
- Приближения к точке, линии, границам района, когда эти элементы введены оператором;
- Неисправности системы;
- Отличия геодезических датумов карты и позиционной системы;
- Ошибок в работе растрового режима.

С помощью индикации ЭКДИС должна информировать судоводителя:

- О работе ЭКДИС в режиме РКДС;
- Об использовании перемасштабирования;
- Когда есть карта более крупного оригинального масштаба, чем у отображаемой РНК.

## 7. Прикладное программное обеспечение *НИС*.

Прикладное программное обеспечение *НИС* состоит из отдельных программ и пакетов программ, предназначенных для решения задач и выполнения функций, связанных с проводкой судна из порта отхода в порт назначения.

Современные *НИС* предоставляют судоводителю широкий набор функций, которые можно разделить на следующие группы:

- Навигационные (планирование перехода, исполнительная прокладка, обеспечение навигационной безопасности и т.д.);
- Коммуникационно-информационные (связь с внутренними и внешними по отношению к судну источниками и потребителями информации, прием, хранение, передача данных, выдача справок и т.д.);
- Для управления изображением карт (масштабирование, изменение нагрузки, приспособление к условиям освещенности и т.д.);
- Для предупреждения столкновений судов (обработка данных РЛС, транспондера АИС, оценка опасности столкновения, проигрывание маневров и др.);
- Для обеспечения безопасности конструкции судна в условиях волнения (расчет напряжений на корпусе для текущих и прогнозируемых погодных условий, выбор режима штормования и т.д.);
- Для управления движением (проводка судна по заданному маршруту или к заданной путевой точке);
- Для работы с береговыми системами управления движением;
- Для поиска и спасения;
- И ряд других.

Функциональные возможности конкретной *НИС* зависят от ее особенностей и назначения судна, на котором она установлена. Ряд из выполняемых *НИС* функций освещен ниже.

В этой главе при характеристике решаемых *НИС* задач, если не оговорено иное, приводятся примеры отображения данных, полученные при использовании прикладного программного обеспечения **dKart Navigator DN 5.10** фирмы «Моринтех», Санкт-Петербург, Россия.

### **7.1. Управление изображением карт.**

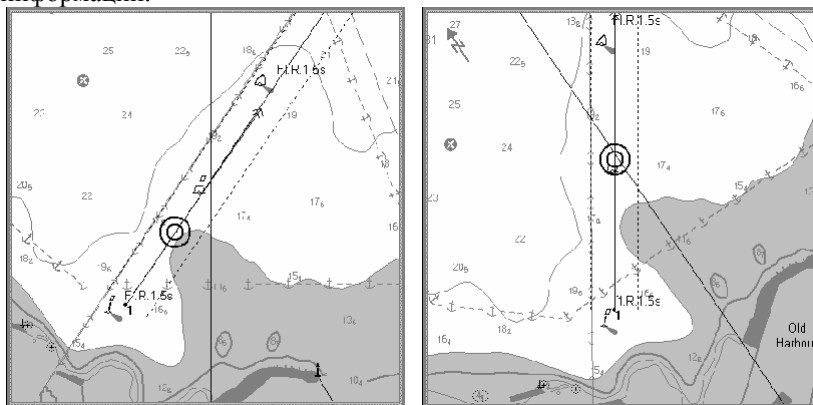
Навигационно-информационная система может быть снабжена программой электронного каталога карт и книг. С ее помощью

обеспечивается **просмотр записей об электронных картах и пособиях**, имеемых в каталоге, **поиск нужных карт, подбор карт и пособий на переход, загрузка в каталог и регистрация новых ЭК и пособий, составление пользовательской коллекции карт** и выполнение других операций.

При **работе с данными нескольких коллекций карт** разных форматов **НИС** позволяет представлять на экране карты этих коллекций, как в отдельности, так и в комбинированном виде.

С целью отображения на экране в **НИС** реализуются **различные виды загрузки карт**: по номеру, из списка, по позиции судна, с помощью электронного каталога карт, путем формирования конкретного запроса и т.д. Имеется возможность автоматического подбора и загрузки карт. Во время движения судна **НИС** автоматически подбирает и отображает на экране наиболее подробную карту, покрывающую позицию судна. Смена ЭК также может производиться автоматически в соответствии со списком путевых карт, подобранных оператором на переход. В системах, работающих с данными нескольких коллекций, выполняется автозагрузка карт разных форматов.

На стыках карт одного и разных форматов современные **НИС** обеспечивают **бесшовное отображение** картографической информации.



**Рис. 7.1. Ориентация изображения карты «по норду» и «по курсу».**

В зависимости от текущей навигационной задачи **НИС** позволяет **выбрать подходящий масштаб отображения карты и ее ориентацию** («по норду», «по курсу» и по любому заданному направлению). При смене масштаба векторных карт размер надписей и символов не изменяется, обеспечивая их хорошую разборчивость. На

рис. 7.1 показан пример изображения прокладки на карте, ориентированной «по северу» и «по курсу».

В НИС имеется **функция «электронной лупы»**, с помощью которой любой выделенный оператором фрагмент карты может быть вырезан и увеличен на весь экран.

Для разных условий освещенности НИС **позволяет выбрать подходящую цветовую палитру изображения карты**, не требующую времени на изменение адаптации зрения при наблюдении за окружающей обстановкой и при работе с ЭК (рис. 7.2). Например, для работы с картой ночью можно воспользоваться специальными «ночными» палитрами, обеспечивающими отчетливое восприятие навигационной ситуации в условиях пониженного освещения. В некоторых НИС используется **автоматическая подстройка к изменению освещенности** по данным фотометра, либо более грубо, в зависимости от времени суток.

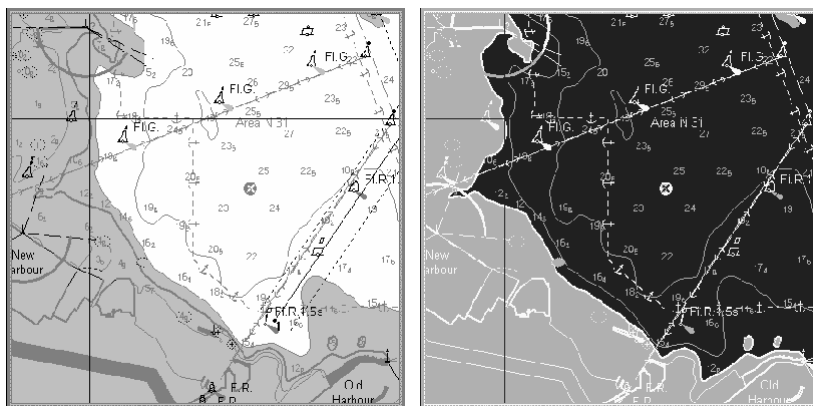


Рис. 7.2. Представление карты «дневной» и «ночной» палитрами цветов.

**Режим просмотра карт** в НИС позволяет отображать на экране районы любой карты.

Важной в ЭКДИС является **функция селекции картографической информации**. Она позволяет установить категории нагрузки карты (базовую, стандартную, полную), вывести или выделить отдельные классы и группы данных.

В НИС реализовано **отображение карт в истинном или в относительном движении**. В режиме истинного движения при исполнительной прокладке обеспечивается автоматический сдвиг карты при подходе символа судна к границе экрана, чтобы он все время находился в поле отображения. В режиме относительного движения

условный знак судна находится в центре экрана, а карта "плывет" ему навстречу.

Имеется **функция для перемещения карты внутри окна высвечивания** по команде оператора. Она применяется, когда на экране требуется увеличить дистанцию обзора впереди судна, или с какой-то его стороны.

При планировании пути и при исполнительной прокладке на карту может накладываться **сетка меридианов и параллелей, неподвижные круги дальности**.

Возможен **многооконный режим представления картографической информации**, например: для детального ознакомления с обстановкой около судна - в крупном масштабе, для своевременного обнаружения объектов на пути следования - в более мелком.

Ряд **НИС позволяют отображать как двух так и трехмерные модели окружающей обстановки**.

## **7.2. Планирование пути.**

В **НИС** возможно **планирование двух маршрутов**, основного и альтернативного.

При разработке плана перехода может использоваться подходящий рекомендованный маршрут из базы данных, проходящий через все или часть районов будущего рейса. Если такой возможности нет, составляется новый маршрут. **НИС** обеспечивает **выбор требуемого маршрута** из имеемых в базе данных, и возможность его корректировки.

Для составления новых и корректировки выбранных из базы данных маршрутов **НИС** предоставляет **функции для задания**: путевых точек, кода отрезков (локсодромия или ортодромия), скорости хода, времени прибытия в точки изменения курса, границ отклонения от маршрута, радиусов поворотов, номеров путевых карт, которые будут использоваться на переходе. Отрезками пути в основном являются локсодромии. На картах в проекции Меркатора маршрут представляется в виде ломаной линии, состоящей из прямолинейных отрезков.

**Операции прокладки маршрута по ортодромии** позволяют в **НИС** планировать переход между двумя точками на поверхности Земли по кратчайшему расстоянию. Этот метод является предпочтительным, когда протяженность отрезка пути велика (переход через океан). **НИС** дает возможность рассчитать выигрыш плавания по ортодромии по сравнению с локсодромией, осуществить прокладку маршрута по

ортодромии, представляя ее отрезками локсодромий через заданный шаг разности долгот или расстояния.

Ряд *НИС* имеют **функции для построения маршрутов переходов по данным прошлых рейсов**, т.е. реализуют возможность автоматического преобразования записанной в электронный судовой журнал информации о движении судна в маршрут.

*НИС* позволяет **вводить любое стартовое время для запланированного перехода** с последующим автоматическим расчетом моментов прихода в поворотные точки и в конечный пункт.

При наличии климатической базы данных, сведений для предвычисления приливных явлений и динамических баз данных прогнозов гидрометеоусловий, ряд *НИС* **выполняют расчеты, на основании которых можно выбрать путь и режим движения судна, обеспечивающие минимальный расход топлива на переходе и оптимизацию его времени**. При таких вычислениях учитываются постоянные, сезонные и приливоотливные течения, потери скорости на волнении и на мелководе, а также ряд других факторов.

Кроме того, при планировании пути *НИС* предоставляет **функции:**

- **цифрового ввода и корректировки в специальной таблице параметров маршрута:** координат поворотных точек, скорости хода на отрезках маршрута, времени прибытия в поворотные точки, значения безопасной глубины, а также расчета по опорным значениям всех интересующих судоводителя элементов предстоящего перехода;
- **отображения выбранного маршрута на ЭК для зрительной оценки** с предоставлением возможности **графического редактирования** положения поворотных точек с помощью курсора. При этом могут использоваться операции добавления, вставки, смещения поворотных точек и изменения их последовательности;
- **тестирования безопасности маршрута**. Эта функция позволяет оператору просканировать запланированный маршрут с целью выявления навигационных препятствий, опасных областей глубин, районов с особыми условиями плавания;
- **реверсирования маршрутов** (т.е. рассмотрения маршрута в обратном направлении);
- **подключения программ имитации маневров** для вставки в маршрут участков изменения режима хода и поворотов с одного отрезка маршрута на другой;
- **печати опорных и расчетных данных выбранного маршрута**, а также перечня карт на переход;

- свободного выбора любой точки на линии намеченного маршрута для *расчета дистанции и времени следования* до любой следующей точки на линии пути;
- *пересчета координат поворотных точек* на другой геодезический датум.

Пользовательский интерфейс режима планирования пути характеризуется рис. 7.3.

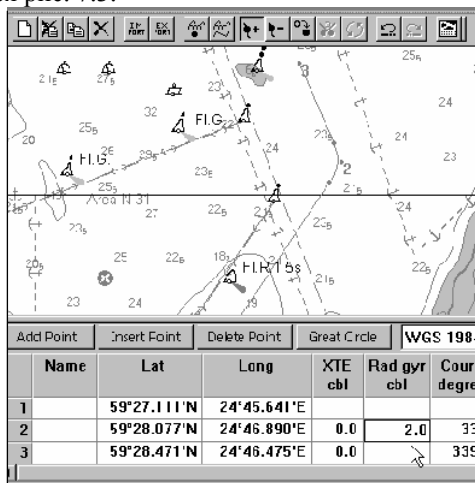


Рис. 7.3. Отображение данных при планировании пути судна.

Большое значение для предварительной прокладки имеют и *функции для получения справочной информации* о средствах навигации, портах, правилах плавания, станциях обслуживания, районах маршрутизации движения, системах управления движением на подходах к портам и т.д.

### 7.3. Счисление, обсервации, прокладка пути.

Для возможности выполнения счисления и обсерваций к *НИС* подключаются датчики информации. Современные *НИС* могут работать с компасами, лагами, приемниками спутниковых (GPS, ГЛОНАСС) и наземного базирования (LORAN-C, DECCA) позиционных систем, а также с другими навигационными датчиками, предоставляющими данные в соответствии с протоколом МЭК 61162. Поступающая информация используется для расчета и отображения позиции, скорости и курсе судна, параметров прохождения маршрута.

В *НИС* обеспечивается **выбор средств для определения места**: одной системы (GPS, DGPS, ГЛОНАСС, DECCA, LORAN-C) или нескольких позиционных систем одновременно (гибридный режим) с целью повышения надежности определений.

Имеется **функция для получения обсерваций по вводимым вручную значениям** пеленгов и дистанций навигационных ориентиров.

Одной из основных задач *НИС* является мониторинг движения судна на электронной карте, для которого обычно используется информация приемника GPS. При решении этой задачи на специальную панель экрана выводятся **цифровые данные, характеризующие процесс движения судна**:

- судовое время (Time),
- координаты судна (LAT, LON),
- путевой угол (COG),
- курс (HDG),
- путевая скорость (SOG),
- скорость по лагу (LOG),
- величина предстоящего изменения скорости и курса, и т.д.

Показания обновляются каждую секунду. Имеется **операция для оптимизации состава представляемой информации**, позволяющая вахтенному помощнику устанавливать набор данных, отображение которого соответствует условиям плавания.

На экране *НИС* при необходимости может **показываться намеченный путь**: основной и/или альтернативный запланированный маршрут. Имеются **операции для модификации основного маршрута** в процессе плавания и для изменения его на альтернативный.

Реализована в *НИС* и **функция для отображения на карте действительного пути судна** с отметками его позиции. Интервал времени между отметками судна может назначаться оператором в пределах от 1 до 120 мин. Имеется **операция для оперативной отметки** позиции судна. Возможно добавление пояснений к ней.

При прокладке можно **прогнозировать положение судна** на будущие моменты времени и осуществлять **просмотр районов** на пути следования.

В *НИС* нередко предусматривается **основной и запасной режимы мониторинга позиции судна**. В основном режиме *НИС* может использовать данные:

- Относительного и абсолютного лагов, гиро и флюксгейт компаса;
- Приемоиндикаторов систем GPS, ГЛОНАСС, DECCA, LORAN-C, транспондера AIS, САРП;
- Курса и скорости, вручную введенных оператором.

При отказе позиционной системы, выбранной для мониторинга позиции судна, *НИС* автоматически переходит на запасной (аварийный) режим прокладки пути.



В некоторых *НИС* реализована **возможность параллельного мониторинга на ЭК места судна по информации двух позиционных систем**, что позволяет системе (и оператору) контролировать качество данных этих средств (рис. 7.4).

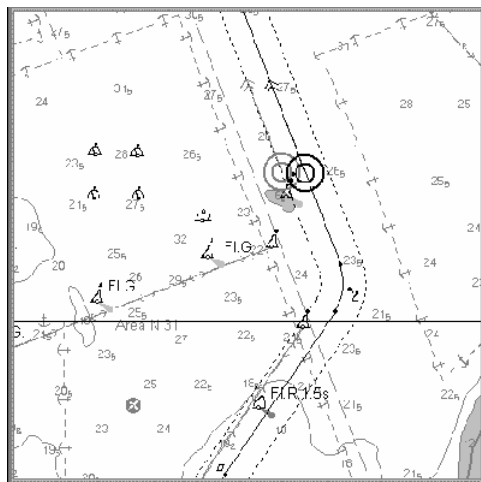


Рис. 7.4. Мониторинг положения судна по данным двух позиционных систем.

#### **7.4. Мониторинг прохождения маршрута.**

*НИС* непрерывно контролирует проводку судна по маршруту. Она **представляет судоводителю наименование маршрута и данные, характеризующие его прохождение**: маршрутные координаты, боковое смещение от линии пути (XTE), расстояние (DTG) и расчетное время (TTG) движения до ближайшей путевой точки, ожидаемое время (ETA) прибытия в эту точку и курс (CTS) для выхода в нее. Показывается также значение направления (CUR) активного отрезка запланированного маршрута и курс (NEXT) следующего за ним участка.

Для визуального контроля качества проводки *НИС* позволяет показать на карте **границы допустимой полосы движения**. Система сигнализирует об отклонениях от маршрута, выходящих за эти границы, и о подходе к точке поворота, чтобы судоводитель заблаговременно мог подготовиться к маневрированию.

В *НИС* также предусмотрена **функция для оперативного изменения маршрута** без выхода в режим «предварительная прокладка».

## 7.5. Контроль навигационной безопасности

*НИС* осуществляет контроль безопасности плавания. Он реализуется с помощью разных методов.

Для обнаружения опасных объектов на носовых курсовых углах *НИС* обеспечивают возможность назначения **сектора или сегмента безопасности**. В некоторых *НИС* программой формируется другого вида «зона безопасности» (Safety online). Очертание зоны безопасности может быть выведено на экран или нет. Пример отображения на карте зоны безопасности в виде сегмента представлен на рис. 7.5.

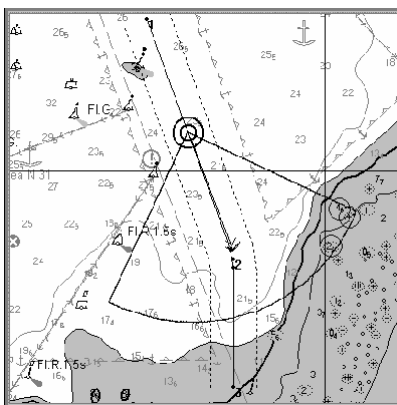


Рис. 7.5. Отображение «фигуры безопасности» при исполнительной прокладке.

При попадании опасного объекта в пределы области безопасности (независимо от того, показывается она на экране или нет) автоматически подается сигнал предупреждения. Название опасного объекта показывается на панели сообщений и дублируется голосом.

Имеется в *НИС* **функция для установки ширины полосы движения** по заданному маршруту. Если судно в процессе перехода выходит за пределы этой полосы, включается сигнализация.

В *НИС* с векторными картами возможно **выделение безопасной изобаты**. Судоводители применяют эту функцию с целью рельефного представления судоходных акваторий на экране. При входе судна в

область опасных глубин, *НИС* подает звуковой сигнал, сопровождаемый текстовым пояснением и голосом.

Для предупреждения вахтенного помощника об опасных глубинах к *НИС* также подключается эхолот. Взаимодействие ЭКДИС с эхолотом осуществляется на основе протокола МЭК 61162. Информация эхолота сохраняется системой и может быть выведена на экран в виде кривой рельефа дна.

Для привлечения внимания оператора и обеспечения возможности принятия им своевременных мер предосторожности в *НИС* с векторными картами предусмотрены **автоматические предупреждения о вхождении судна в районы с особыми условиями плавания**.

Для контроля процесса проводки по моментам достижения судном определенного положения относительно той или иной характерной точки на местности (ориентира, опасности, элемента побережья и др.) а *НИС* возможна **постановка маркеров событий**. Выбранная на карте точка обозначается специальной отметкой (маркером). Оператор может выбрать условие взаимного расположения судна и маркера (достижение заданного пеленга, сближение на установленную дистанцию, удаление на определенное расстояние, нахождение на траверзе). Когда в процессе плавания выполняется заданное условие, включается сигнализация.

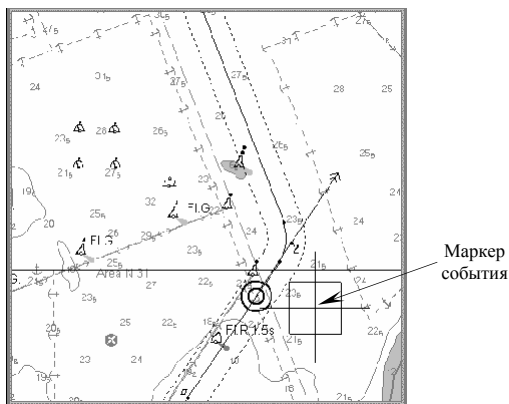


Рис. 7.6. Изображение обстановки с нанесенным маркером события.

В некоторых *НИС* предусмотрен **контроль точности навигации**. Возможно предвычисление погрешности расчетного места судна (EPE – expected position error) с показом на экране ее границ, сравнение данных нескольких позиционных средств, выявление грубых

определений на основе сопоставления обсервации со счислимым местом и с обсервацией по другой независимой позиционной системе. Выполняется контроль качества информации, поступающей от различных датчиков.

**Функции НИС для работы с пользовательскими слоями информации** позволяют судоводителю нанести поверх любой карты дополнительные линии, символы, сектора, текст с целью подъема карты, что способствует повышению безопасности прохождения сложных участков пути.

В НИС обеспечивается **прием поступающих от Навтекс–приемника сообщений** (навигационных, метеорологических и ледовых предупреждений, информации об операциях поиска и спасения и т.д.) и запись их в память системы. Автоматически выделяются координаты района, к которому относится сообщение, его текст и другие параметры. Условный знак полученного сообщения отображается на электронной карте. При входе судна в район, к которому относится сообщение Навтекс, или при подходе к условному знаку сообщения, относящегося к точке, система включает предупреждающую сигнализацию.

Навигационно-информационная система **контролирует работу подключенных к ней навигационных устройств и сообщает о неисправности любого из них** оператору. Кроме того, ряд НИС сигнализируют о выходе из штатных режимов или нежелательных тенденциях в работе главных средств управления (рулевого устройства, главной движительной установки), а также определенных судовых систем.

## **7.6. Использование радиолокационной информации**

Для обеспечения полной информационной совместимости РЛС с навигационно-информационными системами используется специальный **интерфейсный модуль РЛС – «ИМР»**. Он преобразовывает эхосигналы РЛС в цифровую форму, отделяет полезную информацию от шумов и ложных эхосигналов, передает радиолокационное изображение в НИС для наложения его на электронную карту. Возможность отображения РЛ-образа обстановки как совместно с картографическими данными, так и независимо от них, позволяет судоводителю легко ориентироваться в узкостях и в незнакомых районах плавания, повышает его уверенность в надежности отображаемого на карте места судна.

ИМР дает возможность передавать радиолокационное изображение через сеть Ethernet или фиброоптическую сеть на любые другие компьютеры.

Интерфейсный модуль позволяет соединить с *НИС* любую современную РЛС и обеспечить управление радиолокационной станцией с любого компьютера *НИС*, главного, резервного или вспомогательного, где бы он ни находился на судне.

С помощью интерфейсного модуля РЛС:

- обеспечивается полная совместимость *НИС* с различными типами приемопередатчиков радаров ведущих фирм производителей;
- формируется цифровой РЛ-образ акватории и передается на компьютеры *НИС*;
- уменьшается влияние на цифровой РЛ-образ помех естественного и искусственного происхождения (от морского волнения, дождя, тумана, низких облаков, снеговых зарядов, соседних РЛС). Для этой цели применяются алгоритмы «pulse-to-pulse», «scan-to-scan» корреляции и распознавания образов. Первый вид корреляции характеризует стохастическую связь РЛ-данных, соответствующих последовательным посылкам зондирующих импульсов. «Scan-to-scan» корреляцией оценивается зависимость цифровых РЛ-образов, получаемых при разных оборотах антенны;
- используется алгоритм оптимального цифрового выделения малоразмерных морских целей на фоне мешающих отражений от береговой черты и портовых сооружений.

РЛС нового поколения (так называемые *RadarPC*) основаны на персональном компьютере. Они полностью совместимы с ЭКДИС и напрямую подключаются к ним.

При работе с РЛС навигационно-информационные системы обеспечивают **наложение радиолокационного образа обстановки на электронную карту**. Это облегчает сравнение РЛ-изображения с картой, позволяет установить неточность положения судна, а также обнаружить цели, о которых не было сигнализации при пересечении ими охранной дистанции.

При подключении САРП к *НИС* на ЭК представляются все взятые на сопровождение РЛ-цели. Имеются **операции для изменения длины векторов целей**, и обеспечивается **выбор для отображения векторов истинного или относительного движения**. У отметок целей на ЭК могут выводиться **следы их прошлого пути**. Опасные цели выделяются красным цветом.

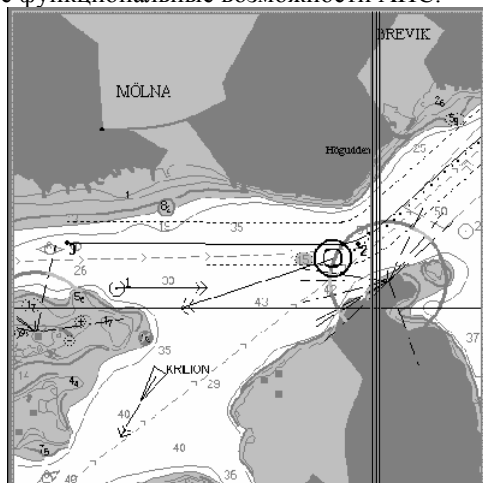
Для отображения цифровых значений элементов движения целей имеется **функция “Просмотр формуляров целей”**. При ее активации показываются: пеленг, дистанция цели, ее курс и скорость,  $D_{кр}$ ,  $T_{кр}$ .

Для определения положения и элементов движения собственного судна *НИС* предоставляет **функции навигационного использования**

**радиолокационной информации.** Кинематические параметры собственного судна могут находиться при сопровождении береговых точечных объектов и характерных элементов протяженных объектов. Ряд систем обеспечивает **возможность определения позиции судна путем автоматического совмещения радиолокационного изображения с картой.**

## 7.7. Работа с АИС.

НИС и бортовая аппаратура АИС выгодно дополняют друг друга. Подключение транспондера АИС значительно увеличивает коммуникационные способности НИС, обеспечивая возможность получения в реальном времени и отображения на экране информации от других судов, с береговых станций, со средств ограждения, когда они оборудованы АИС. С другой стороны, только ЭКДИС способна поддержать все функциональные возможности АИС.



**Рис. 7.7. Отображение целей АИС и САРП в районе перехода с карты на карту.**

Бортовая аппаратура АИС предоставляет точную и подробную информацию о целях, имеющих АИС-транспондеры. Пример отображения НИС обстановки с АИС-целью показан на рис. 7.7.

Помимо сведений о курсе и скорости судна-цели (передаваемых им самим и поэтому точных), АИС позволяет получить информацию о названии судна, его владельце, тоннаже и размерах, маршруте и типе

перевозимого груза. Подобная информация может быть полезна, например, при планировании маневрирования и в ряде других случаев.

Информация АИС позволяют *НИС* контролировать радиолокационное сопровождение целей. По линии АИС навигационно-информационная система может получить сведения о маршруте цели и отобразить его на экране, что даст полное представление о намерениях цели.

Требования к графическому отображению АИС-целей в автономных и в интегрированных навигационных средствах и системах (включая *НИС*) определены в циркуляре ИМО SN/Circ.217 от 11.07.01 – «Временное руководство для представления и отображения информации о АИС-целях». Этому вопросу также уделено внимание в проекте ИМО по гармонизации отображения информации в судовых системах (см. Приложение 4).

*НИС* позволяет выбрать для отображения все или только несколько АИС-целей. Команду об исключении опасной АИС-цели система не выполняет.

На крупномасштабной карте условный знак активированной АИС-цели *может быть заменен выраженным в масштабе символом цели* с указанием на нем места антенны GPS.

Имеется *функция для выбора оператором АИС-цели для отображения ее данных* на специальной панели. Эта функция, а также *установки: времени прогноза движения целей, зоны для автоматического их захвата, пределов безопасности ( $D_{крз}$  и  $T_{крз}$ )*, являются общими для целей АИС и РЛС.

Если рассчитанные по данным транспондера АИС значения  $D_{кр}$ ,  $T_{кр}$  меньше безопасных пределов, то *НИС* показывает символ опасной цели и подает тревожный сигнал.

Когда сигнал об опасной АИС-цели не получен в пределах установленного времени, то *НИС* отображает символ *потерянной цели* в точке самой последней ее позиции и подает тревожный сигнал. После подтверждения оператора о приеме тревожного сигнала символ потерянной цели исчезает. Имеется *функция для воспроизведения данных о потерянных целях*.

Чтобы избежать отображения двух символов (САРП и АИС) одной и той же физической цели, в *НИС* имеется специальная *функция автоматической селекции целей САРП и АИС*. Когда выполнен критерий автоматической селекции, показывается символ активированной АИС-цели. В противном случае оба символа цели представляются на экране.

Ряд *НИС* могут выполнять *быстрый поиск АИС-целей* по названию, позывному, ИМО или MMSI номеру, и подсветку найденной цели на электронной карте.

Аппаратура АИС также позволяет интегрировать бортовые *НИС* в береговые Системы управления движением судов (СУДС).

## 7.8. Регистрация информации

*НИС* автоматически регистрирует все навигационные обстоятельства плавания в электронном судовом журнале. Обеспечивается возможность дополнения журнала оперативными записями вручную.

В электронный журнал автоматически заносятся: сведения о картах, на которых ведется прокладка, данные о корректурах к ним, кинематические параметры своего судна, элементы движения целей, получаемые по линии АИС либо по данным РЛС, информация об изменении состояния *НИС* и подключенных к ней устройств, параметры движения судна по маршруту и ряд других сведений.

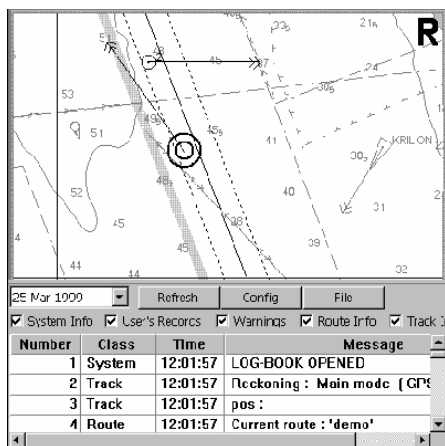


Рис. 7.8. К воспроизведению данных электронного судового журнала.

Возможен *просмотр электронного журнала* в табличной форме и *воспроизведение обстоятельств плавания на электронной карте* в реальном или в ускоренном масштабах времени на основе журнальных сведений, путем проигрывания плавания по пройденным участкам маршрута в прямом или в обратном направлении. Эта операция поясняется рис. 7.8.

Информация электронного судового журнала может быть распечатана на принтере.



Что касается радиолокационных объектов, то при ведении судового журнала *НИС* обычно записывает данные только взятых оператором на автосопровождение целей. Если РЛС снабжена специальным целевыделителем, то *НИС* может записывать кинематические параметры всех судов–целей, находящихся в зоне обзора РЛС, независимо от того, взяты они оператором на автосопровождение или нет.

## **7.9. Предоставление справок.**

Для ускорения поиска и представления судоводителю сведений, необходимых при выполнении им своих обязанностей, *НИС* снабжается базами данных из навигационных пособий и средствами для работы с этими базами. Так как требуемая информация обычно связана с объектом или районом карты, то получение ее в *НИС* с векторными картографическими данными организуется с помощью наведения курсора на элемент карты, к которому относятся запрашиваемые оператором сведения.

При наличии соответствующих баз данных таким образом быстро могут быть получены *сведения об огнях и знаках, радиотехнических средствах, правилах плавания, течениях, приливо–отливных явлениях, портах и портовых службах и т.д.*

При работе со справочной системой используются и традиционные методы поиска данных: по ключевым словам, по характеристикам и другими способами.

Для того, чтобы оператор мог оценить качество карты, *НИС* по специальной команде представляет *сведения о ней* (метаданные): источник данных, дату первого издания, дату большой корректуры, номер карты и ее название, оригинальный масштаб, вид проекции, горизонтальный и вертикальный датумы и т.д. Кроме того, *НИС* по запросу выводит свод условных обозначений с пояснениями к ним (легенду карты).

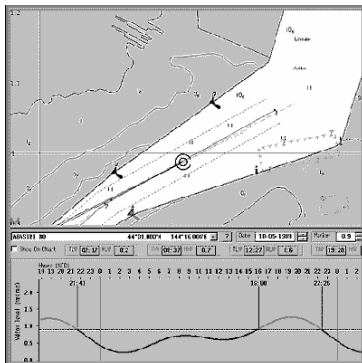
В память *НИС* вводятся *данные о маневренных характеристиках* судна в форме, предусмотренной ИМО. Эта информация может при необходимости представляться судоводителю и использоваться при решении задач маневрирования.

## **7.10. Решение дополнительных задач.**

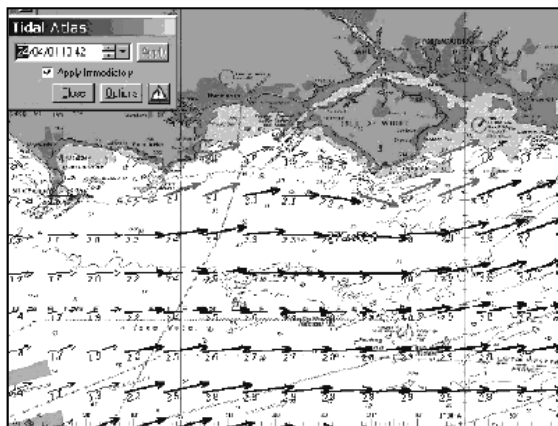
Из специальных задач, решаемых *НИС*, наиболее распространенными являются: *нахождение высот приливов* с построением графика и *расчет элементов приливо–отливных*

**течений.** Оператор может предвычислять приливы только для пунктов, данные которых хранятся во внутренней базе данных. Это могут быть пункты всего Мирового океана, либо отдельных районов, в которых эксплуатируется судно.

Элементы приливо-отливных явлений могут рассчитываться на сутки или несколько суток. В поле графика прилива при помощи курсора можно выделить интервал времени, в котором проходная глубина будет приемлемой. Пример отображения данных о приливном уровне показан на рис. 7.9.



**Рис. 7.9.** Отображение графика высот прилива.



**Рис. 7.10.** Отображение приливных течений.

Ряд систем позволяют представить на карте рассчитанные вектора приливных течений на текущий, либо заданный момент времени. На

рис. 7.10 показан пример такого отображения, выполненный с помощью программных средств Navmaster Office.

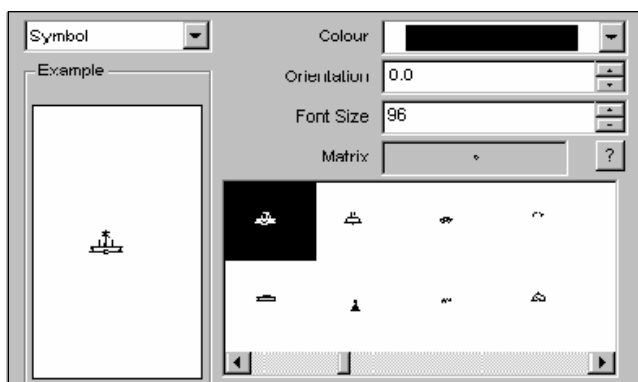
Кроме расчета приливо-отливных явлений *НИС* может решать **задачи, связанные с итормованием судна, плаванием в условиях мелководья**, производить **расчет освещенности** на переходе и т.д.

Для выполнения различного рода мелких вычислений *НИС* имеет программу - **электронный калькулятор**.

### **7.11. Обновление данных и обмен ими.**

Базы данных *НИС* поддерживаются на уровне современности через e-mail, Интернет HTTP с использованием спутниковых и мобильных каналов связи. Кроме корректур, по этим каналам может пересылаться и любая другая информация: новые ЭК, данные маршрутов, сведения из судового журнала и т.д. Для обмена данными с оборудованием на судне в *НИС* применяются внутренние каналы связи, нередко фиброоптические. Корректуры и другие данные могут вноситься в *НИС* также с дисков, дискет и с других носителей информации.

*НИС* также имеет **функции для обновления информации вручную**. Для учета срочной корректуры, поступившей от представительных местных служб, и построения на карте дополнительных элементов, связанных с подъемом карты, *НИС* снабжают программой-редактором для работы с пользовательскими информационными слоями.



**Рис. 7.11. Отображение «окна выбора символов» редактора пользовательских слоев.**

На рис. 7.11 представлено отображение «библиотеки навигационных знаков», которые с помощью редактора можно выбрать и нанести в нужном месте на пользовательский слой. Операции ручной корректуры просты в работе и могут быть выполнены непосредственно в море. Ряд *НИС* учитывает объекты ручной корректуры при решении задач обеспечения навигационной безопасности.

## **7.12. Управление движением судна.**

*НИС* способна автоматически управлять движением судна по маршруту. Для этой цели предусматривается возможность вывода данных *НИС* на авторулевой. *НИС* работает с АР на основе протокола МЭК 61162. Взаимодействуя с авторулевым, *НИС* обеспечивает: ***стабилизацию центра массы судна на отрезке маршрута, выполнение поворотов запланированным образом, плавание вдоль проложенного маршрута или же к заданной путевой точке.***

В системах, реализующих автоматическое управление движением судна по маршруту, авторулевой должен быть адаптивным и способным автоматически выполнять повороты при переходе на новый отрезок пути по предварительно заданным значениям радиуса или угловой скорости поворота.

При нарушении нормального выполнения задачи автоматической проводки *НИС* подает тревожный сигнал, отключает эту функцию и переводит АР в режим стабилизации курса. Когда нарушение происходит при плавании по отрезку маршрута, авторулевой переключается на удержание курса, соответствующего направлению активного отрезка пути. Если же нарушение функции управления возникает во время осуществления поворота, то его выполнение доводится до конца, после чего АР переводится в режим стабилизации курса, соответствующего направлению нового отрезка пути.

## **7.13. Другие функции.**

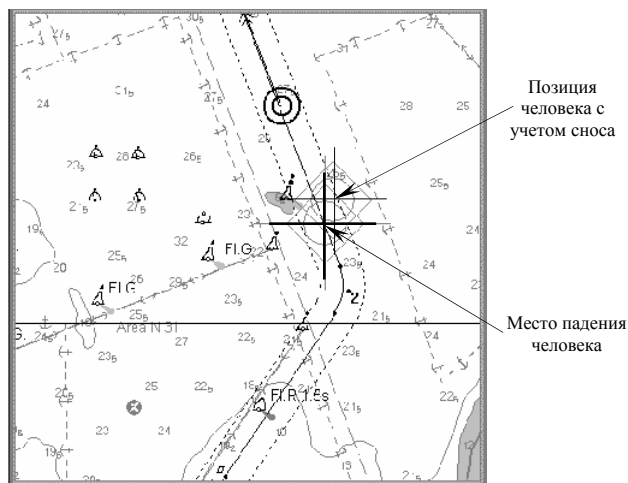
*НИС* выполняют и другие функции, некоторые из них характеризуются ниже.

***Функции измерений*** позволяют с помощью курсора определить географические координаты любой точки на карте; пеленг (курсовой угол) и дистанцию между текущим местом судна или выбранным оператором пунктом и точкой, на которую наведен курсор.

***Функция “Человек за бортом”*** – при нажатии кнопки специального датчика, *НИС* фиксирует место падения человека на карте и выдает на индикацию координаты этого места и все

необходимые сведения для поиска человека. Если в районе действует течение, то с координатами места падения человека отмечается его позиция с учетом сноса (рис. 7.12).

**Функции планирования и обеспечения операций поиска и спасания** – используются для организации и проведения поисково-спасательных операций на море как индивидуально (одним судном), так и в составе группы судов. Организация операции заключается в расчете маршрута/маршрутов движения судов с учетом квадрата поиска, видимости и т.п. Расчет маршрутов движения ведется на основе рекомендаций MERSAR и IMOSAR, изданных Международной гидрографической организацией.



**Рис. 7.12. Отображение данных после активации функции «Человек за бортом».**

**Функции трехмерного моделирования надводной и/или подводной обстановки** обеспечивают судоводителю возможность более глубокого ознакомления с условиями плавания. Источниками информации для построения трехмерных изображений служат данные топографических и батиметрических карт, а также результаты специальных фото и гидроакустических съемок.

Возможными областями применения этих функций являются: плавание в стесненных водах ночью и в туман, маневрирование в условиях сложного рельефа дна, проведение гидрографических операций и промысловых работ и т.д.

**Функции обучения работе с НИС и тренажа.** В память НИС может помещаться программа для обучения работе с этой системой и примеры использования ее функций. Обучающая программа знакомит с возможностями системы, позволяя с помощью меню выбрать тот или иной раздел ее описания. Эта программа может познакомить с работой системы путем автоматической демонстрации выполнения ее основных функций. Кроме того, многие из обучающих программ моделируют процесс движения судна в заданном районе с предоставлением судоводителю возможности использования функций НИС с целью тренажа. Оператор в этом режиме может выбрать интересующую его карту, поместить на ней условный знак своего судна и символы целей, задать их элементы движения, выполнять условную проводку.

### **7.14. Учет погодных условий.**

Осветим функции для оперирования с информацией о погоде, которые через некоторое время могут стать обязательными для ЭКДИС. Сразу же отметим, что на современном этапе международные стандарты к представлению погодных условий в ЭКДИС еще не определены. Этими вопросами вплотную занимаются специалисты ИМО, МГО, ВМО. Стандарты представления и отображения гидрометеорологических и климатических данных войдут в следующие издания документов МГО: S57 и S52.

Тем не менее, в некоторых образцах НИС уже имеется информационное и программное обеспечение для учета данных о погоде при решении навигационных задач. Здесь можно назвать оборудование фирм «Гранзас Марин», «Litton Marine Systems» и ряда других организаций, которое оперирует информацией о погоде, позволяет учитывать ее влияния на качество проводки. Предусматривается и выработка рекомендаций для уменьшения негативного воздействия погодных условий на эффективность рейса.

Возможности современных информационно-коммуникационных технологий позволили разработать специально для судов и автономные средства, обеспечивающие капитану возможность самому быстро и просто определять наивыгоднейший путь и режим движения с учетом погодных условий, не пользуясь рекомендациями береговых центров, созданных для этих целей. Среди этих специальных судовых средств можно назвать программный продукт WeatherRoute™ фирмы «Riti» и ряд других. Предусмотрена возможность интеграции таких программ в ЭКДИС.

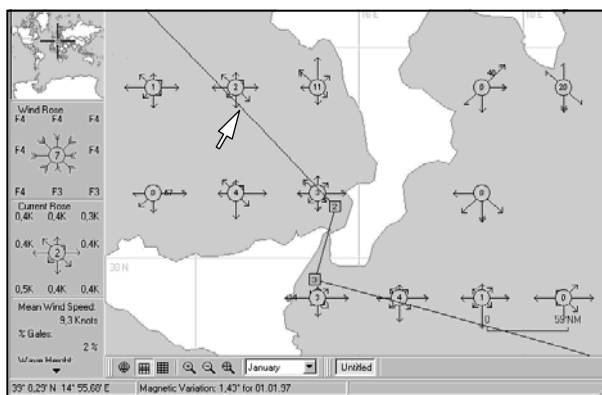
Наиболее важной концепцией учета данных о погоде с помощью судовых электронных средств, является реализация прогнозирования

погодных условий вдоль намеченного маршрута, на ожидаемое время прибытия в его точки. Это должна делать сама система. Применяется статическое и/или динамическое представление прогноза.

При **статическом отображении** прогнозируемые данные с определенным интервалом наносятся вдоль планируемой линии пути.

При **динамическом представлении** используется проигрывание движения по маршруту. В соответствии с планом перехода последовательно показываются будущие позиции судна на карте с синхронным изменением данных, характеризующих прогнозируемое состояние погоды. Это позволяет наглядно представить погодные условия, которые следует ожидать на участках пути. Если необходимо, в процессе проигрывания можно сделать паузу, чтобы подробно проанализировать ожидаемую ситуацию в любой точке на планируемом пути.

Анализируя имеемое в ряде *НИС* программное обеспечение для учета погодных условий при навигации, и программные продукты такого же целевого назначения, которые могут интегрироваться в *НИС*, можно выделить следующие функции оперирования с данными о погоде.



**Рис. 7.13. Отображение климатических данных.**

При наличии климатической базы *НИС* **позволяет накладывать на электронную карту** среднестатистические погодные данные на выбранный оператором месяц. Пример отображения такой информации при использовании программных средств Visual Passage Planner фирмы “Digital Wave” представлен на рис. 7.13.

Параллельно на панели экрана *НИС* **показывает в цифровом виде данные о параметрах погоды в точках, на которые наводится курсор**. Таким способом представляются:

- розы ветров;
- розы течений;
- средняя скорость ветра;
- процент шквалов;
- высота волн;
- температура воздуха и воды;
- атмосферное давление;
- процент тяжелых ледовых условий;
- процент легких ледовых условий.

Эта информация затем может использоваться в *НИС* при планировании переходов с учетом среднестатистических сведений о погоде. Такое планирование должно выполняться, если нет прогнозов гидрометеорологических условий на конкретные даты.

Ряд *НИС* имеет функции для получения данных о текущей погоде и ее прогнозов от метеорологических центров через каналы связи, а также для записи их в память. Такая информация полностью обновляется через определенный интервал времени, чаще всего через 12 или 24 часа. Данные о погоде могут накладываться на электронную карту для характеристики гидрометеорологических условий на текущий, или на заданный будущий, моменты времени, а также на ожидаемое время прихода в точки запланированного пути.

Для районов с интенсивным волнением по прогнозируемым данным о высоте, периоде и направлении волн *НИС* дает возможность найти:

- параметры бортовой, килевой, вертикальной качки,
- нагрузки на корпусе,
- величину падение скорости,
- вероятность заливания, слеминга, оголения винта,
- опасность опрокидывания.

На основе полученной информации судоводитель может сделать заключение о необходимости изменения скорости/курса судна на будущих участках пути.

На основе прогнозов погоды *НИС* **позволяет предсказывать параметры качки и нагрузки на корпусе для подбираемых значений скорости/курса**. Она также может рекомендовать **наиболее благоприятные значения курса и скорости** для наблюдаемых или задаваемых параметров волнения.

Кроме того, эти данные могут использоваться в *НИС* при выборе оптимального пути по разным критериям. При оптимизации плана перехода используются обычно **критерии минимизации**:

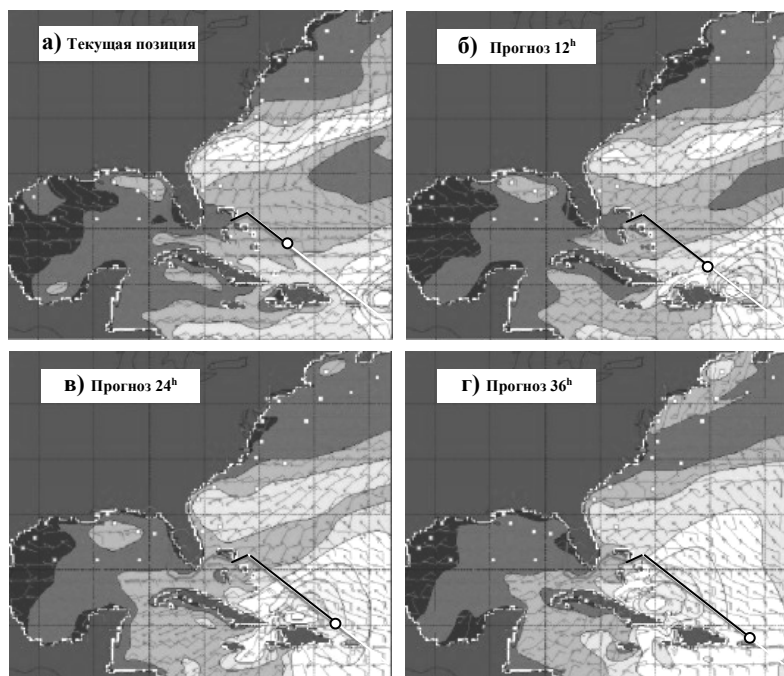
- расхода топлива при фиксированном времени прибытия в конечный пункт;



- расхода топлива при соблюдении расписания;
- времени перехода.

Ряд систем *имеют функции для нахождения наиболее выгоднейшего трансокеанского пути* по заданному критерию с учетом краткосрочных прогнозов погоды, расписания, стоимости топлива и соображений безопасности судну и грузу.

Некоторые *НИС снабжены программами выбора оптимального пути расхождения с тропическим циклоном.*



**Рис. 7.14.** Синхронно прогнозируемые положений судна и тропического циклона.

Используя краткосрочные прогностические данные, *НИС позволяет на электронной карте в динамике отображать картину развития условий погоды* с указанием будущих положений судна на время текущего прогноза. Это оказывает помощь при оценке опасности тропических циклонов, прогнозируемый путь движения которых проходит через районы намеченного плавания судна. Прогностическая информация о тропическом циклоне приводится через 6 часов на 6, 12, 18, 24, ..., 72 часа вперед.

На рис. 7.14 приведен пример синхронного прогнозирования движения судна и тропического циклона при использовании программы WeatherRoute™ фирмы «Riti». Высоты волн характеризуются цветом в соответствии со шкалой, показываемой на экране (на рисунке не приведена).

Получая информацию о погодных условиях и имея возможность ее анализа, *НИС* заблаговременно может предупреждать капитана об ожидаемых тяжелых условиях плавания на линии пути, что позволит ему предпринять своевременные действия для обеспечения безопасности судна и эффективности рейса.

## 8. Достоинства и недостатки НИС.

### 8.1. Достоинства навигационно-информационных систем.

Навигационно-информационные системы **снижают риск аварий за счет уменьшения влияние субъективного фактора** на судовождение. Это важно, так как причиной более 70% морских аварий являются ошибки судоводителей. По оценкам специалистов применение ЭКДИС уменьшает риск посадок на мель порядка на 15%. В этом отношении уместно отметить, что только страховые выплаты по аварии коммерческих судов составляют от 50 до 200 миллионов долларов. Затраты на очистку окружающей среды от загрязнения, произошедшего в результате аварии, могут быть во много раз больше.

Следует также отметить роль ЭКДИС **в повышении безопасности малых судов**, которые могут даже не иметь радиолокатора. Для таких плаверств недорогой комплект ЭКДИС, включающий простой GPS приемник, персональный компьютер с электронными картами и дешевый транспондер АИС, в условиях плохой видимости дает возможность точно знать свою позицию, положение и элементы движения судов в районе плавания, заблаговременно получать сигналы об опасности.

*НИС уменьшает убытки от простоя судов*, обеспечивая возможность безопасной проводки при плохой видимости, в ночных условиях, в тумане. При океанском переходе способность ЭКДИС получать прогнозы погоды, просто и быстро корректировать маршрут с учетом ожидаемых условий плавания, приводит к **ощутимой экономии топлива**.

Применение технологий ЭКДИС **снижает требования к наличию длительного опыта проводок у капитанов, штурманов и лоцманов**, и позволяет им обеспечивать необходимое качество управления судами после меньшего стажа работы.

*НИС* значительно снижает нагрузку судоводителей на вахте, особенно в стесненных водах. Применяя *НИС*, **судоводитель освобождается от многих рутинных операций**, отвлекающих его от выполнения главных задач на вахте. Его основными функциями становится наблюдение за окружающей обстановкой, контроль *НИС* и других средств судовождения, управление их работой для получения

требуемых обстановкой сведений, оценка предоставляемой информации и принятие решений по управлению судном.

Навигационно-информационные системы по сравнению с бумажными картами **обеспечивают более высокий уровень знания ситуации**, отображая в реальном времени ее элементы и прогнозируя их на определенное время вперед. Они дают возможность повысить безопасность мореплавания за счет использования более полной информации о процессе судовождения, увеличения скорости ее получения и обработки, автоматического выполнения анализа и контроля сведений, улучшения представления данных, одним словом - оказания существенной помощи судоводителю в проводке судна из пункта отхода в порт назначения. Особое значение эта помощь имеет в случаях дефицита времени на решение навигационных задач: при плавании в стесненных водах и на высокоскоростных судах.

Интеграция *НИС* с береговыми системами для управления движением **уменьшает потребность в лоцманских проводках**.

Анализируя возможности *НИС*, можно отметить такие ее преимущества перед выполнением навигационных задач на мостике судна вручную.

С помощью *НИС* **значительно повышается скорость и качество планирования пути**, а также коррекции запланированного маршрута в процессе рейса.

При электронной прокладке на экране **в реальном времени отображается место судна**, что невозможно сделать вручную на бумажной карте. Впервые судоводитель получает возможность точно знать, где в данный момент находится его судно, а не где оно было на момент производимых им наблюдений.

С помощью справочной системы *НИС* оператор **быстро получает практически любую требуемую для судовождения информацию**. При отсутствии *НИС* эти сведения находятся в различных бумажных навигационных пособиях. Поиск нужных данных в этих пособиях занимает у судоводителя существенное время.

В *НИС*, хотя и не в полном объеме, **осуществляется автоматический контроль безопасности процесса судовождения**. *НИС* сообщает о недостаточных для судна глубинах или о приближении к ним, о препятствиях и опасностях в охранной зоне, о целях, с которыми возникает опасность столкновения, о вхождении судна в запретные районы и районы со специальными условиями. Кроме того, *НИС* дают возможность организовать дополнительную предупредительную сигнализацию с помощью маркеров событий.

Навигационно-информационные системы **автоматически контролируют правильность работы подключенных к ним датчиков информации**, и сообщают об их неисправности. Некоторые

НИС через локальные системы мониторинга контролируют работу судовых силовых средств.

Реализованная в НИС **автоматическая и полуавтоматическая корректура электронных карт**, значительно ускоряет этот процесс, делает его менее трудоемким и повышает качество, так как компьютер практически не делает ошибок при выполнении корректуры, что присуще человеку. Это относится как к ЭКДИС, так и ко всем другим навигационно-информационным системам с электронными картами. Судоводителям при использовании НИС не потребуется больше тратить массу времени на учет, просмотр корректурных документов и нанесения вручную изменений в содержание бумажных карт. Достаточно для этого только обеспечить прием корректур по каналам связи, либо вставить компакт-диск с корректурой в компьютер.

Одним из важных достоинств НИС с векторными картами является **возможность избирательного отображения и выделения отдельных видов данных**, что позволяет «приспособить» изображение к обстоятельствам плавания.

Таблица 8.1.

Сравнительная характеристика функциональных возможностей.

Функции	Бумажные карты	РКДС	ЭКДИС
Отображение позиции	Вручную	Автоматически в реальном времени	Автоматически в реальном времени
Контроль прохождения маршрута	-	-	+
Предотвращение посадок на мель	-	-	+
Сигнализация об отклонении от пути	-	+	+
Справка об объекте под курсором	-	-	+
Ориентация карты	«по норду»	«по норду»	«по норду», «по курсу», «по заданному направлению»
Интеграция данных РЛС, АИС, САРП	-	+	+
Изменение масштаба, «вырез» района	-	ограничено	+
Автоматическая корректура	-	+	+

Определенное значение для повышения эффективности проводки судна имеет **возможность использования:**

- разных масштабов отображения карты;
- ориентации карты «по курсу», «по норду» и по любому заданному направлению;

- представления обстановки, как в истинном, так и в относительном движении.

В табл. 8.1 сведены некоторые из перечисленных выше преимуществ *НИС* перед бумажными картами.

В *НИС автоматически ведется электронный судовый журнал*. Вахтенному помощнику остается больше времени на выполнение его основных задач.

Кроме того, на одном экране *система позволяет просмотреть данные всех навигационных приборов*, освобождая от необходимости обращения к ним в отдельности, а также быстро ознакомиться с необходимыми картами, не тратя, как при использовании бумажных карт, времени на их поиск в ящиках штурманского стола.

## **8.2. Понятие об источниках погрешностей *НИС*.**

Выделяют три основных аспекта, обеспечивающие эффективность *НИС*:

- Использование точных откорректированных данных, включающих картографическую и всю другую относящуюся к навигации информацию;
- Четкое знание возможностей и ограничений всей системы (аппаратных средств, программного обеспечения, данных, датчиков информации, дисплея);
- Знание, какую информацию и когда необходимо использовать при решении задач.

При работе с *НИС* следует оценивать ее ограничения и погрешности, которые могут быть вызваны:

- несовершенством устройств цифрования карты и средств ее отображения;
- неточностью и недостаточной подробностью картографической информации;
- погрешностями, обусловленными ошибками датчиков информации;
- различием систем отсчета датчиков с координатной системой карты;
- ошибочной интерпретацией данных.

## **8.3. Недостатки цифрования карт и средств отображения**

**Погрешности цифрования карты.** В большинстве случаев данные ЭК получаются путем цифрового представления информации бумажных карт с помощью дигитайзерных или сканерных технологий. В результате электронные карты наследуют все недостатки, присущие бумажным картам, и включают погрешности процесса перевода данных в цифровой вид.

**Погрешности, обусловленные разрешающей способностью устройств цифрования.** Современные дигитайзеры и сканеры имеют определенную разрешающую способность, что приводит к соответствующим погрешностям данных ЭК.

Так, например, после сканирования бумажной карты пиксель официальной растровой карты масштаба 1:40000 в формате BSB при представлении на экране занимает площадь 4 м<sup>2</sup>.

**Погрешности графики бумажных карт.** Точки, различного вида линии на бумажной карте имеют определенную толщину и нанесены не абсолютно точно. Толщина линий на бумажной карте может достигать 1 мм. Погрешности графики превышают разрешающую способность масштаба бумажной карты. При цифровании бумажных карт, погрешности их графики переносятся в данные ЭК. При масштабе 1:40000 они могут быть причиной ошибок от 40 до 80 м. в положении объектов.

Погрешности графики и устройств цифрования бумажных карт полностью входят в данные ЭК. Следует иметь в виду, что при отображении электронной карты в масштабе, более крупном, чем оригинальный, величина этих погрешностей не уменьшается.

**Погрешности, обусловленные человеческим фактором.** Следует отметить, что процесс получения цифровых данных ЭК на основе бумажных карт не является полностью автоматическим.

В дигитайзерных технологиях производства векторных карт доля ручного труда велика. При использовании сканерных методов получения этих карт доля ручного труда значительно меньше, но все равно остается.

Касаясь растровых карт, следует обратить внимание, что их проекционная сетка, служащая основой для определения координат судна при исполнительной прокладке и для нахождения координат других объектов, нередко наносилась вручную, с присущими для этого способа погрешностями. Когда для ряда карт основа была пересчитана с помощью компьютера, то нередко выявлялись расхождения между результатами ручного и компьютерного выполнения этой задачи.

На основании вышеизложенного можно заключить, что данным электронных карт могут быть присущи погрешности, обусловленные человеческим фактором.

Касаясь несовершенства средства отображения карты – дисплея, отметим следующее.

**Недостаточные размеры экрана монитора.** Окно высвечивания карты на экране дисплея обычно составляет примерно 1/6 часть бумажной карты. Поэтому при одинаковом с бумажной картой масштабе ЭК отображает меньший район, размеры которого в ряде случаев могут быть малы для оценки ситуации. Кроме того, дистанция

обзора акватории по носу судна в истинном режиме движения может оказаться недостаточной при подходе символа судна к рамке карты. Эти случаи приводят к необходимости смещения карты либо периодического использования более мелкого масштаба отображения.

С течением времени происходит постепенное увеличение экранов мониторов, применяемых в *НИС*, и приближение их к размерам бумажных навигационных карт. Поэтому определенное негативное влияние малости размеров экранов *НИС* постепенно ослабляется.

**Погрешности, обусловленные разрешающей способностью монитора.** Размер пикселя дисплеев, на которых отображаются электронные карты, составляет порядка  $0,2 \div 0,3$  мм. Отсюда может быть установлена предельная точность масштаба карты. Для карты масштаба 1:50000 при размере пикселя 0,3 мм она, например, составляет 15 м. Эта точность уже хуже, чем точность определения места по DGPS, и требуемая точность определения положения в стесненных водах.

На точность положения объектов на карте влияет и размер символов. Например, точка, представляющая огонь на растровых картах в формате BSB включает по ширине минимум девять пикселей. В масштабе 1:40000 это составляет площадь с диаметром  $36 \text{ м}^2$ .

#### **8.4. Качество картографических данных.**

**Под качеством навигационных карт** (картографических данных) понимается совокупность свойств, обеспечивающих способность карты удовлетворять целям судовождения. Качество карты оценивается набором показателей, характеризующих отдельные ее свойства: полноту, достоверность, современность, точность, наглядность изображения и др.

**Точность карт** может быть определена как соответствие позиций изображенных на карте объектов и явлений действительности, т.е. как истинность местоположения, размеров, плановых очертаний и высот объектов. Точность оценивается величинами абсолютных и относительных позиционных погрешностей, характеризующих отклонения координат объектов на карте от их истинных значений.

Неточность картографической информации является следствием ошибок геодезических съемок и погрешностей, допущенных при составлении карты.

С ходом времени точность картографических съемок улучшалась, так как совершенствовалась аппаратура для производства геодезических наблюдений. Поэтому, как правило, карты, основанные



на данных более поздних съемок, точнее карт, составленных по результатам раньше проведенных съемок.

**Погрешности карт, основанных на данных старых съемок.** В настоящее время наблюдается отсутствие современных гидрографических съемок побережья ряда развивающихся стран, особенно островов. В практике судовождения еще используются карты, составленные по съемкам 19 века. Этим картам присущи существенные погрешности определения, как опорных геодезических пунктов, так и объектов, положение которых находилось путем привязки к ним. Погрешности опорных точек обычно больше и вносят систематические отклонения (сдвиг системы отсчета) в положение участков побережья. Ошибки привязки других элементов карты к опорным пунктам меньше, но имеют случайный, трудно учитываемый характер.

Погрешности опорных геодезических пунктов являются причиной смещения позиций участков побережья и опасностей, причем направление и величина сдвига разных участков могут отличаться. Так как ошибки привязки объектов к опорным пунктам меньше погрешностей этих пунктов, то на карте сохраняется верная картина расположения объектов, однако все изображение имеет сдвиг по широте и долготе. Относительно WGS84 этот сдвиг нередко превышает одну милю. Максимальное зафиксированное его значение составляет 7 миль.

До недавнего времени существующим «сдвигам» систем отсчета координат карт не придавалось особого значения, так как позиция судна находилась по береговым ориентирам. В результате обсервованное место судна по отношению к опасностям не имело сдвига. Чтобы исключить влияние различных датумов карт на точность прокладки, выполнялась лишь рекомендация: переходить с карты на карту не по координатам, а по пеленгу и дистанции определенного объекта.

Положение изменилось при широком использовании приемоиндикаторов GPS, дающих координаты места в единой для всего Земного шара системе WGS84, относительно которой локальные системы координат отдельных карт смещены на ту или другую величину.

Сдвиг положения элементов карты, основанной на старой съемке, имеет плавное с разным характером изменение по мере перехода от участков, найденным по одним опорным пунктам, к участкам, нанесенным относительно других опорных точек, что затрудняет его учет. Случайные погрешности определения отдельных объектов по опорным пунктам не имеют никакой системы. Поэтому пересчитать положение объектов этих карт в систему WGS84 с удовлетворительной точностью не удастся.

Ввиду существенного отличия от WGS84 систем отсчета координат карт, составленных по результатам старых съемок, судовождение по информации GPS на этих картах опасно. Используя эти карты, безопаснее применять визуальные и радиолокационные обсервации по береговым ориентирам. В этом случае погрешности опорных пунктов не влияют на точность определений места относительно препятствий. Чтобы учесть погрешности позиций объектов, определенных относительно опорных точек, следует, при использовании карт, основанных на старых съемках, обходить опасности на большем расстоянии.

Информация о глубинах на картах, базирующихся на старой съемке, также не отличается высокой точностью и подробностью.

**Недостатки карт, основанных на результатах нескольких съемок.** Достаточно много бумажных карт представляют собой комбинацию данных нескольких съемок, собранных из разных источников за большой период времени. В результате одна карта может включать районы, где съемки основывались на использовании уровня и секстана, и области высокоточных геодезических данных.

**Неточность карт, основанных на съемках, проводимых с помощью береговых РНС.** Многие мореплаватели, часто в своей деятельности определявшие место судна путем привязки к береговым объектам, считают, что точность данных карты всегда выше, чем проводимых обсерваций. К сожалению, в настоящее время как бумажные, так и электронные карты не всегда оправдывают эти ожидания.

Гидрографические съемки, которые проводились с использованием высокоточных береговых РНС вплоть до 1980 г, и по результатам которых составлено большинство навигационных карт, обеспечивали в среднем точность  $\pm 20$  м ( $P=0.95$ ). Однако современные навигационные спутниковые системы, даже не в дифференциальном режиме, представляют данные с более высокой точностью. В результате, нередко от мореплавателей приходят жалобы на системы с электронными картами, что при их использовании символ судна оказался на пирсе, или вне канала, по которому идет судно, либо о других подобных ситуациях. Судоводители должны понимать, что нередко причиной этого является неточность данных карт (бумажных, ЭНК, РНК).

Учитывая серьезные недостатки старых съемок и значительно меньшие, но существенные (с точки зрения требований современного судовождения) погрешности геодезических съемок местности, проводимых в недавнем прошлом, необходимо осознавать, что

- судовождение по данным GPS при плавании в узких проходах и в других стесненных водах небезопасно. С большим доверием здесь необходимо

- относиться к радиолокационным и визуальным определениям по береговым ориентирам;
- считать основными определения по GPS и полностью полагаться на них можно только в открытом море и в прибрежных водах вдали от опасностей, а также в районах, где данные электронных карт получены по результатам новых высокоточных съемок.

**Полнота данных карт.** Вопрос недостаточной подробности данных чаще всего касается значений глубин. Достоверными промерами глубин пока охвачен лишь малый процент вод Мирового океана. Довольно часто на картах можно заметить «белые пятна» в оцифровках глубин, свидетельствующие об отсутствии батиметрической информации на этих участках.

В районах, необеспеченных подробными промерами глубин, могут встретиться опасные для судна участки. Наиболее внимательно требуется относиться к акваториям со сложным рельефом дна. Обычно это районы с каменистым грунтом, в которых резко изменяются глубины. В случаях недостаточности промеров в акваториях со сложным рельефом дна могут встретиться ненанесенные на карту опасные глубины.

Реальность таких опасностей подтверждена тем, что довольно часто при проведении новых подробных промеров обнаруживаются не отмеченные на картах изменения глубин, некоторые из которых представляют опасность для судоходства.

**Современность карт.** Одной из причин, лежащих в основе требования к осуществлению постоянного наблюдения на переходе, является возможность встречи неучтенных на картах изменений в реальной обстановке. Эти изменения могут быть вызваны:

- Результатами хозяйственной деятельности человека;
- Действием естественных сил;
- Утонувшими объектами.

**Результатом деятельности человека** на акваториях портов, на участках шельфа и около берега могут быть построенные новые пирсы, причалы, нефтяные вышки и другие объекты, намытые насыпи, прорытые каналы и т.д. Кроме того, некоторые из имеемых на карте объектов, могут быть снесены, убраны или разрушены с той или иной целью. Проведенные в реальной обстановке изменения вносятся на карту, когда соответствующие власти предоставляют о них информацию. К сожалению, во многих случаях эти документы подаются с большим запозданием.

**К естественным причинам изменений в реальной обстановке** относятся явления подмывания берега, эрозия почвы, оползни и наносные явления, размывание дна, перемещения грунта, результаты извержений подводных вулканов и землетрясений.

Судоводители должны быть особенно внимательны в мелководных районах, где наблюдаются процессы, в результате которых происходит изменение глубин.

**Оценка степени доверия к электронным картам.** Как можно заметить из вышеизложенного, по качеству довольно много картографических данных не отвечают современным требованиям судовождения. Доля информации, основанной на низкоточной съемке и промерах глубин, еще велика. Достаточно сказать, что в 2002 году в коллекции навигационных карт США свыше 50% информации о глубинах составляли данные, полученные до 1940 года, т.е. свыше полувека назад. Об этом также свидетельствует наличие на многих картах «белых пятен» в оцифровках глубин, недостоверных (пунктирных) изобат, а также надписей *положение сомнительно* – «ПС» и *существование сомнительно* – «СС» (на адмиралтейских картах: «РА» – *Position approximate*, «PD» – *Position doubtful*).

Наиболее радикальным путем обеспечения высокого качества карт является их переиздание на базе современных геодезических и гидрографических съемок. Однако этот путь требует очень много труда, длительного времени и больших затрат.

Пока же судоводители обязаны не только использовать картографическую информацию, но и оценивать ее качество. Под **оценкой навигационной карты** (степени доверия к карте) следует понимать заключение о ее качестве с позиции безопасности плавания, сделанное на основе анализа сведений о карте. При этом необходимо обращать внимание на следующие моменты:

- Кто издатель карты;
- Дата издания;
- Источник картографических данных и время их получения;
- Масштаб карты;
- Ноль глубин;
- Подробность промеров глубин и способ их выполнения (подтверждения);
- Рельеф и грунт морского дна;
- Наличие районов, где возможно перемещение грунта (устья рек и участки действия сильных приливо-отливных течений);
- Наличие шельфовых участков, где производится поиск газа и нефти, и где могут появиться неотмеченные на картах конструкции.

## **8.5. Погрешности, обусловленные ошибками датчиков информации.**

Погрешности основных датчиков информации охарактеризованы в главе 4. В *НИС* эти погрешности влияют на положение отображаемого места судна, представляемые значения его кинематических параметров,

на положение и элементы движения сопровождаемых САРП объектов, на ряд других данных.

## **8.6. Влияние отличия координатных систем.**

Несовпадение координатных систем является одним из источников ошибок *НИС*.

**Неучет горизонтального датума карты** при обсервациях по навигационным спутниковым системам может привести к увеличению погрешности в позиции судна на величину, *превышающую 1000 м*.

**Погрешности пересчета данных из одного горизонтального датума в другой.** Существуют определенные проблемы трансформации горизонтальных датумов, особенно больших регионов Земли. Поправки для перехода от одного датума к другому в этом случае в разных частях Земли отличаются неоднородностью, которую используемые способы пересчета не могут полностью учесть. Погрешности от трансформации датумов могут увеличить погрешность обсервованного места *на десятки метров*.

Следует отметить, что из-за отличия горизонтальных датумов, необходимо производить корректуру ЭК только по ИМ, в которых указаны номера этих карт. Для иностранных карт должны использоваться соответствующие им корректурные документы.

**Различия нулей глубин** карты и пособий (или программ) для расчета приливных явлений может привести к ошибкам в исправленных высотой прилива значениях глубин.

Еще одним примером возникновения ошибок является **неучет отстояния антенны бортовой аппаратуры спутниковой навигационной системы от центра массы судна** или неправильный ввод ее высоты. На крупнотоннажном судне отстояние антенны от центра массы судна может превышать 100 м. Особенно важно его учитывать при приборной проводке крупнотоннажных судов в стесненных водах. Так как антенна GPS на таких судах обычно установлена на верхней палубе кормовой надстройки, то неучет этого фактора при отображении данных приводит к существенному запаздыванию начала поворота, когда оно определяется по положению выраженного в масштабе символа судна на электронной карте.

Следует также отметить и различие координатных систем отсчета пеленгов на карте и в РЛС: направления на карте отсчитываются от истинного меридиана, а измерения РЛ–пеленгов производятся относительно определенного по компасу направления на север, которое отличается от направления истинного меридиана.

Еще одним примером влияния отличия координатных систем на точность информации *НИС* служит расчет кинематических параметров целей с использованием данных относительного лага и отнесение вычисленных параметров целей к карте.

## **8.7. Погрешности интерпретации данных. Риск передоверия.**

**Погрешности интерпретации.** Причины ошибочной интерпретации данных могут быть самыми различными.

Для ЭКДИС они могут возникнуть из-за отличия символов ЭНК с условными знаками бумажных карт. Чтобы судоводитель мог убедиться в правильном чтении ЭНК, ряд производителей дополняют ЭКДИС режимом показа карты с традиционными для бумажных карт символами и цветами.

Использование на картах для ЭКДИС упрощенных условных знаков имеет как положительную, так и отрицательную сторону. Например, буи разного вида, показанные на бумажных картах разными символами, при отображении ЭНК представляются одинаково. Это заставляет для их уверенного опознания запрашивать дополнительную информацию. В ряде случаев обобщенное отображение разных видов объектов может стать причиной неправильной их трактовки.

Ошибочная интерпретация может являться и следствием представления карт неодинаковыми палитрами цветов в разных условиях освещенности. Помимо положительного значения, применение нескольких цветовых таблиц при отображении электронных карт, имеет определенные недостатки:

- Неодинаковое по цвету представление одних и тех же элементов карты в разных условиях освещенности может привести к неправильной их интерпретации;
- Имеются сложности в чтении карты, представленной «ночными» палитрами, в результате ряд элементов карты может не привлечь внимание;
- Увеличиваются трудности в подборе цветов для вводимых для отображения на картах новых объектов.

Учитывая недостатки представления карт разными таблицами, в 1999 году МГО согласилось на проведение исследований с целью определения единой наиболее подходящей для ЭНК таблицы цветов. Эта палитра должна наилучшим образом обеспечивать наглядность карты при приспособлении к условиям освещенности путем изменения яркости изображения или интенсивности цветов на дисплее.

Использование единой палитры цветов карты предпочтительно и с точки зрения отображения на ней относящейся к навигации

информации, включая данные РЛС, САРП, АИС, СУДС и другие сведения. Особенно это актуально для ЭКДИС военных кораблей, где дополнительно на экране должны еще отображаться символы, характеризующие оперативную обстановку. Применение нескольких палитр чрезвычайно затрудняет задачу подбора для каждой из них цветов большого количества объектов. Напомним, что при этом изображение всех картографических и относящихся к навигации объектов должно быть четким, ясным и легко различимым.

В отличие от бумажных карт, текст на электронных картах ЭНК представляется одинаково, без выделения важных деталей. Это является определенным недостатком ЭНК по сравнению с бумажной картой, так как вид текста не привлекает внимания к элементам обстановки, требующих первоочередного учета.

Определять, какая информация должна быть на экране *НИС* в соответствии с текущей ситуацией, должен судоводитель. Однако реализованный в ЭКДИС метод селекции не всегда обеспечивает представление информации без излишней избыточности и без потери необходимых данных. С ростом объема информации, которая может отображаться в *НИС*, ограничения режима селекции проявляются все сильнее. Поэтому требуется определенная доработка режима селекции, включая передачу системе функций приспособления нагрузки к сложившейся ситуации.

Работа с дисплеем *НИС* сопровождается повышенной утомляемостью оператора. Это тоже может привести к ошибочной интерпретации данных ЭК.

Для того, чтобы уменьшить вероятность неправильной интерпретации данных *НИС*, необходимо учитывать следующие рекомендации:

- Требуется знать условные обозначения и сокращения, используемые на ЭК и на информационных табло, и не путать их между собой;
- Не надо полагать, что электронные карты точнее бумажных карт, или что погрешности векторных карт меньше погрешностей растровых карт;
- Не следует считать данные карты непогрешимыми, и всегда более точными, чем определения места судна;
- Не следует полагать, что увеличение масштаба отображения ЭК приводит к улучшению ее подробности и точности;
- Необходимо использовать такой масштаб отображения и такую нагрузку ЭК, которая соответствует условиям судовождения и не создает трудностей в разборе данных прокладки;
- Не следует считать, что действительная позиция судна точно совпадает с отображаемым на карте его положением;
- Не надо думать, что направление движения судна и его скорость точно совпадают со значениями путевого угла и путевой скорости, представляемых на информационном табло;

- Следует учитывать влияние на отображаемые кинематические параметры целей погрешностей и ограничений РЛС, САРП, АИС;
- Необходимо выбирать такие датчики информации, которые наилучшим образом соответствуют ситуации.

**О риске передоверия к НИС.** В связи с разбираемым вопросом, необходимо, чтобы каждый судоводитель осознавал, что:

- всегда существует определенная вероятность (риск) неправильного функционирования *НИС* и неточности ее данных;
- отображаемые гидрографические данные не более надежны, чем данные съемки, на которой они базируются;
- электронные карты, если они составлены по данным бумажных карт, наследуют все погрешности бумажных карт;
- представляемые данные навигационных датчиковотягчены погрешностями;
- ошибки и ограничения взаимодействующих с *НИС* приборов и систем влияют на точность и надежность данных *НИС*.

Судоводитель, кроме грамотной эксплуатации *НИС*, должен знать недостатки и ограничения всех составляющих *НИС* частей (аппаратных средств, программного обеспечения, данных, датчиков информации, дисплея), использовать любую возможность для ее проверки, включая визуальные определения и применение независимых технических средств контроля движения судна, чтобы исключить возможное негативное влияние ограничений *НИС* на безопасность судовождения.

Необходимо помнить, что *НИС* – это только техническое средство, как и любые другие навигационные приборы. Оно не освобождает судоводителя от обязанности выполнения непрерывного визуального наблюдения, как это требуется СОЛАС74, от анализа качества карт и получаемой информации, от необходимости оценки навигационных ситуаций, от принятия решений по управлению судном и от ответственности за эти решения.



## 9. НИС речных судов.

### 9.1 Общие сведения.

Навигационно-информационные системы для судов внутреннего плавания, как и морские *НИС*, делят на ЭКДИС и ЭКС. ЭКДИС для внутренних водных путей также считается основным направлением развития судовых навигационных систем.

ЭКДИС для речных судов в английской литературе называются **Inland ECDIS** и сокращенно обозначаются **IECDIS**. Соответственно, на русском языке этот вид систем ниже будет называться “**Речные ЭКДИС**”, и для них будет использоваться аббревиатура – **ИЭКДИС**.

Целью создания речных ЭКДИС явилась необходимость повышения безопасности навигации, чистоты окружающей среды и эффективности перевозок грузов на внутренних водных путях. Для речных ЭКДИС не требуется иметь полных функциональных возможностей морских одноименных систем, но они должны быть совместимы. Необходимо, чтобы ИЭКДИС соответствовали особенностям навигации на реках. Кроме того, планируется, что ИЭКДИС станут звеньями интегрированной информационной системы для управления транспортными потоками на внутренних водных путях.

Используемые в ИЭКДИС электронные карты – речные ЭНК (ИЭНК) должны удовлетворять стандарту представления (S52) и формату для обмена цифровыми гидрографическими данными (S57/3.1) МГО.

Необходимость соответствия формату S57/3.1 объясняется несколькими причинами. Приведем из них только две основные:

- Часть речных судов выходит в морские прибрежные воды и, естественно, с целью унификации желательно для речных электронных карт иметь такой же формат, как и для морских;
- Формат S57/3.1 отработан, имеет много достоинств, обеспечивает возможность эффективной корректуры, достаточно широко распространен, поэтому пока нет особых оснований создавать новый формат специально для речных карт.

В то же время необходимо отметить, что для речных ЭКДИС формат S57/3.1 нуждается в доработке, так как в нем не учтен ряд характерных для внутренних водных путей объектов. Это мосты, дамбы, километровые указатели, речные информационные знаки и знаки регулирования движения, шлюзовые камеры и ворота, линии электропередач и тросопроводы над рекой, облицованные участки

берегового склона и дна, плавучие казино, рестораны и другие находящиеся на плаву объекты для отдыха и т.д. Названные элементы планируется внести в состав программных объектов ЭКДИС в новом четвертом издании стандарта МГО – S57/4.

В Западной Европе развитие ИЭКДИС было инициировано рядом стран (Австрия, Бельгия, Германия, Голландия, Франция, Швейцария) в рамках создания “Речных информационных служб” для гармонизации информационного обслуживания транспортных потоков на внутренних водных путях.

В США разработка ИЭКДИС проводится под координацией организации USACE (U.S Army Corps of Engineers), снабжающей пользователей навигационными картами внутренних вод. Еще в 1993 году USACE заявила о своем намерении создать электронные карты для 8200 миль внутренних водных путей США. В 2001 г. эта организация основала национальную программу с целью:

- Определения требований и стандартов к речным ЭНК;
- Поддержки производства и распределения электронных карт для внутренних водных путей;
- Начала пилотного проекта по использованию данных электронных карт на практике.

К 2003 году USACE было выпущено 30 ИЭНК для ячеек, покрывающих 1000 миль рек Миссисипи, Охио, Атчафалья. Эти карты доступны бесплатно через Интернет.

Имеется программа развития ИЭКДИС и в России.

Проблема создания бортовых навигационно-информационных систем для речных судов решается на основе анализа и внесения рациональных изменений в проекты морских систем. Необходимость этих доработок определяется отличиями навигации по внутренним водным путям от морского судовождения.

**Основные особенности речной навигации.** Внутренние водные пути (реки, каналы, озера) представляют собой сложные в навигационном отношении районы с интенсивным движением. Это накладывает повышенные требования на точность и надежность речного судовождения.

*Для определения позиции судов на внутренних водных путях должны использоваться высокоточные средства*, отвечающие требованиям ИМО к навигации в этих районах и позволяющие получать место с погрешностью, не превышающей 10 м (95%).

Среди таких средств, прежде всего, следует назвать DGPS, обеспечивающую точность от 1 до 5 метров. Однако необходимо иметь в виду, что на реках на работу DGPS может влиять ряд факторов. В одних местах сигналы спутниковой системы могут экранироваться зданиями, мостами и другими сооружениями. В других районах эти

сигналы искажаются рельефом местности, что вносит дополнительные погрешности в обсервации. Кроме того, здесь при определениях позиции в WGS84 могут быть существенными даже небольшие ошибки геодезической съемки.

С целью повышения надежности и безопасности *обсервации в стесненных водах желательно выполнять с помощью двух независимых позиционных средств.*

Учитывая это обстоятельство и большую интенсивность движения на внутренних водных путях, следует отметить *важную роль РЛС* в навигации по ним. В речной ЭКДИС для обеспечения в реальном времени надежных, непрерывных обсерваций не лишней является *возможность автоматического определения места судна по данным РЛС.*

Кроме РЛС, в условиях внутренних водных путей *особое значение приобретает бортовая аппаратура АИС*, которая позволяет получать сведения о судах, включая цели, находящиеся за изгибами реки и ненаблюдаемые по РЛС.

Электронная карта, РЛС, транспондер АИС являются важными источниками информации об обстоятельствах плавания. Однако, если устройства отображения их данных будут отдельными, то шкиперу придется распределять свое внимание между несколькими экранами и терять время, дефицит которого и так наблюдается при плавании в стесненных водах. Отсюда следует, что *представление данных в речных ЭКДИС должно интегрироваться на одном экране.*

При следовании по внутренним водным путям на экране ЭКДИС желательно иметь обзор обстановки впереди судна на достаточно большой дистанции. Ориентация ЭК должна совпадать с наблюдаемой визуальной картиной. Чтобы на экране системы видеть объекты по тем же направлениям, что и при визуальном наблюдении с мостика, *предпочтительно ориентировать карту «по курсу».*

При отображении обстановки *в истинном движении* дистанция обзора по носу судна непрерывно уменьшается. Для обеспечения просмотра участка требуемой протяженности в этом случае необходимо сдвигать изображения карты на достаточно большом расстоянии подхода символа судна к краю экрана. Это приводит к определенным неудобствам в наблюдении. Представление данных в режиме *относительного движения* обеспечивает неизменную дистанцию обзора, которая, при необходимости, может быть увеличена смещением центра экрана вместе с символом судна назад по курсу.

Поэтому в процессе плавания по рекам предпочтительно ориентировать ЭК *«по курсу»* и использовать *режим относительного движения.*

Для внутренних водных путей характерны существенные колебания уровня, вызванные различными причинами, засухой, паводком, дождями и т.д. Просматривая судоходные участки внутренних водных путей на земной поверхности, можно найти места, где величина изменения уровня в течение года может достигать 10 и более метров. Колебания уровней рек, каналов, озер изменяют глубины водного пути. Поэтому на отображаемых в речных ЭКДИС картах желательна *значения глубин показывать от действительного, наблюдаемого в данный момент уровня.*

Для возможности непрерывного слежения за глубинами вдоль внутренних водных путей и передачи данных о текущем уровне потребителям создаются специальные службы. Например, в Канаде на реке Святого Лаврентия создана специальная измерительная сеть для получения значений глубин вдоль фарватера, которая в реальном времени передает информацию о текущем уровне реки в центральную базу данных. Информация с центральной базы по каналам связи доступна владельцам судов, мореплавателям и другим лицам, которые могут ее использовать для решения своих задач.

**Этапы создания речных ЭКДИС.** В Западной Европе при определении требований к ИЭКДИС и их разработке вначале, в рамках пилотного проекта «АРГО» (1998-1999г.), основанного речными властями Германии, испытывался прототип ИЭКДИС на речном катере “MS MAINZ”. В процессе испытаний образец речной ЭКДИС дорабатывался по результатам его применения в пробных рейсах.

После того, как в пилотном проекте «АРГО» были согласованы все технические детали, фирма “Fa.Innovative GmbH” создала серийную систему «Radarplot 720<sup>0</sup>», которая в 2000-2001 г. прошла пробные испытания на 12 грузовых судах.

Результаты выполненной работы показали эффективность предложенных решений и позволили создать обоснованный единый Стандарт для европейских речных ЭКДИС (Inland ECDIS Standard – 2001-I-16). Этот документ был принят Центральной комиссией Рейнского судоходства 31 мая 2001 года. Стандарт ИЭКДИС одобрила и рекомендовала для применения Дунайская комиссия - DC (Recommendation of the Danube Commission of 2/10 April 2001 – DK/YP-2001) и Объединенных Наций экономическая комиссия для Европы – UN/ECE (Resolution No 48 of UN/ECE «Recommendation on ECDIS for Inland navigation», Oct., 2001 г – TRANS/SC.3/2001/1).

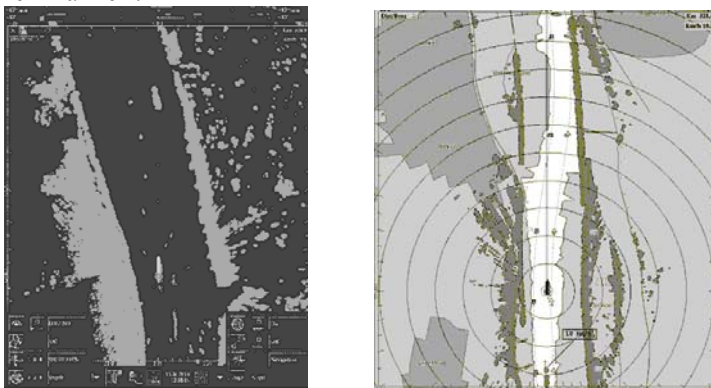
**Система «Radarplot 720<sup>0</sup>».** Программно-аппаратный комплекс речной ЭКДИС - «Radarplot 720<sup>0</sup>», в настоящее время эксплуатируется на нескольких речных судах в Западной Европе.

«Radarplot 720<sup>0</sup>» является первой сертифицированной интегрированной навигационной системой для судов внутреннего

плавания. В ней используется информация таких навигационных приборов как радиолокатор, приемник GPS, указатель скорости поворота, транспондер АИС и др. Благодаря объединению информации этих средств с данными карт и наличию достаточно мощных информационных ресурсов, «Radarpilot 720<sup>0</sup>» позволяет получить всю необходимую для проводки судна информацию. В результате обеспечивается максимум безопасности в любое время суток, даже в сложных условиях, таких как туман и ночь.

На экране системы «Radarpilot 720<sup>0</sup>» отображаются берега реки, фарватер, радиолокационные буи, линии электропередач, километровые указатели и другие речные информационные знаки. К этой системе могут быть подключены все современные речные РЛС.

Радиолокационное изображение накладывается на карту в виде прозрачного образа, имеющего зеленый цвет. Оно не ухудшает видимость карты. Благодаря применению современной технологии, карта и радиолокационное изображение всегда одинаково ориентированы, имеют единый масштаб и совмещены. «Radarpilot 720<sup>0</sup>» автоматически выделяет другие суда, берет их на сопровождение и показывает их вектора. Стационарные точечные объекты, такие как радиолокационные буи, отмечаются крестиками и выделяются подсвечиванием.



**Рис. 9.1. Отображение обстановки плавания на экране ИЭКДИС.**

Пример отображения данных РЛС и карты, совмещенной с радиолокационным изображением на экране системы «Radarpilot 720<sup>0</sup>», представлен на рис. 9.1.

Значения глубин от официального вертикального датума включены в данные электронных карт. Действительные уровни и их прогнозы могут быть загружены в память «Radarpilot 720<sup>0</sup>». Система

рассчитывает допустимую осадку, по загрузке судна и данным о действительном уровне выделяет на экране судоходную часть реки.

**Российская ЭКС для речных судов.** Компания «Транзас Евразия» выпустила первую в России систему отображения электронных навигационных карт и информации («СОЭНКИ 3000») для судов речного флота. 4 августа 2003 года Российским Речным Регистром был выдан на эту систему Сертификат одобрения.

«СОЭНКИ 3000» обеспечивает судоводителей речного транспорта полной информацией об обстановке в районе нахождения судна. Отображение данных интегрировано на одном экране. Обладая широкими функциональными возможностями, эта речная ЭКС автоматизирует процесс судовождения по внутренним водным путям, повышает безопасность плавания и эффективность эксплуатации речных судов.

ЭКС «СОЭНКИ 3000» включает в себя специализированные процессор, монитор, клавиатуру с трекболом, информационные базы и программное обеспечение. Система позволяет проводить различные операции с картами (масштабирование, селекцию данных, приспособление к условиям освещенности и т.д.), планировать маршрут, выполнять все действия, связанные с исполнительной прокладкой, вести судовой журнал, получать информацию по навигационным объектам, работать с различными навигационными приборами (с бортовой аппаратурой GPS и АИС, с РЛС, с указателем скорости поворота и т.д) и многое другое.

## **9.2. Характеристика речных ЭКДИС.**

Охарактеризуем ИЭКДИС, основываясь на информации об европейских образцах этих систем.

Как и морская система, ИЭКДИС включает в себя аппаратное, информационное, программное обеспечения, средства общения с оператором и периферийные устройства. Эта система отображает картографическую информацию, данные навигационных приборов и результаты мониторинга процесса судовождения.

В ИЭКДИС применяются речные ЭНК и неофициальные электронные карты: растровые и векторные. В случае использования неофициальных карт ИЭКДИС переходит в разряд ЭКС.

ЭНК могут производиться и издаваться частными компаниями и администрациями внутренних водных путей. Карты ЭНК, созданные частными организациями для использования в навигационном режиме, и их корректуры должны тестироваться и утверждаться компетентными властями.

Для названий файлов данных ячеек ЭНК используется восемь символов и расширение из трех знаков. В качестве примера приведем названия двух файлов немецких карт для рек Дуная - DE5D2270.000 и Рейна - DE5RH370.001.

Первые два символа в названии файла идентифицируют производителя карты.

Третий знак характеризует назначение карты. Чаще всего это цифра 5, так как речные карты по масштабу соответствуют картам гаваней.

Четвертый (или четвертый и пятый) символ указывает название водного пути. Например, D – Danube (Дунай), Rh – Rhine (Рейн).

Пятая-восьмая (или шестая-восьмая) позиции предназначены для показа в километрах отстояния ячейки карты от устья реки.

Расширение файла отведено для указания номера корректуры данных ЭНК.

В Европе ячейка ИЭНК обычно охватывает 10 км водного пути.

**Функции ИЭКДИС.** Чтобы соответствовать специальным условиям плавания по внутренним водным путям, в речных ЭКДИС, по сравнению с морскими, введены новые функции:

- представления средств навигации (вида буев, знаков, указателей) и текстов в специальном окне на дисплее ЭКДИС;
- показа изобат для действительного уровня воды и отображения индивидуальной судоходной полосы для судна в зависимости от выбранной его осадки и действительного уровня воды;
- наложения на ЭНК радиолокационного изображения с автоматическим совмещением его с картой.

Вместо имеемых в морских ЭКДИС режимов «Исполнительная прокладка», «Планирование пути» для ИЭКДИС установлены режимы «Информационный» и «Навигационный».

С целью обеспечения высокой надежности информации речные ЭКДИС предоставляют возможность использования избыточных методов для автоматического определения позиции судна: с помощью DGPS и по данным РЛС методом совмещения радиолокационного изображения с данными электронной карты.

Для совмещения радиолокационного образа с картой (Radar-Match) в речных ЭКДИС применяются специальные программные средства. Для европейских систем они были разработаны учеными Штутгартского университета и опробованы в рамках проекта «АРГО». Для выполнения уверенного совмещения данных РЛС и карты, объекты ЭНК, опознаваемые на радиолокационном изображении, должны быть отмечены специальными атрибутами в ее цифровых данных.

Одной из наиболее важных особенностей речных ЭКДИС является возможность получения на экране в специальном окне выборочных

описаний (pick report) информационных речных знаков. Это описание появляется при щелчке манипулятором, когда курсор наведен на интересующий оператора знак. Описание знака содержит графическое изображение его внешнего вида, объяснение назначения, дальность видимости, характеристики. Для реализации этой возможности для речных информационных знаков были разработаны новые (по отношению к морским ЭКДИС) символы. Кроме того, записи этих объектов в файлах карт были дополнены необходимыми графическими и текстовыми данными.

Речные ЭКДИС, аналогично морским, названным способом позволяют получать информацию и о других объектах карты.

Для отображения информации о глубинах относительно уровня воды в конкретный момент выполняются следующие действия:

- Судоводитель вводит в систему значение текущего уровня, полученное по каналам связи из официального источника, и наименьшую глубину, которую он считает безопасной для своего судна;
- На монитор выводятся в виде линий границы безопасных глубин при заданном уровне воды.

ИЭКДИС имеют сигнализацию для предупреждения судоводителя о случаях, требующих его внимания.

Речные ЭКДИС полностью совместимы с морскими образцами этой аппаратуры и способны отображать морские ЭНК. Ввиду того, что морские суда заходят в порты на «морских» участках рек, то ИЭНК отображаются в морских ЭКДИС. Рядом функций речных ЭКДИС морские образцы этих систем не обладают. Речные ЭКДИС также не имеют полных функциональных возможностей морских одноименных систем. ЭКДИС для судов типа “река-море”, по-видимому, должны сочетать возможности морских и речных систем.

**Основные режимы.** Речные ЭКДИС применяются в двух основных режимах: информационном и навигационном. Первый является обязательным для всех ИЭКДИС.

**Информационный режим** предназначен для представления карт района плавания и сведений о его элементах в процессе перехода и при его проработке. В этом режиме система показывает ЭНК без символа судна. Оператору предоставляется возможность вручную прокручивать изображение карты, как бы имитируя смену обстановки при движении судна вверх или вниз по фарватеру в относительном движении с предполагаемым местом судна в центре экрана.

При подключенном позиционном датчике реализуется режим автоматической прокрутки (скроллинга) изображения на экране в соответствии с изменением координат судна. В этом случае автоматически отображается часть карты, соответствующая



действительной обстановке вокруг судна, когда его позиция находится в центре экрана.

**Навигационный режим** означает применение ИЭКДИС для вождения судна с предоставлением вместе с картой символа нашего судна, его элементов движения, радиолокационного изображения. Дополнительно может использоваться информация транспондера АИС и других навигационных приборов. Место судна должно получаться по данным позиционной системы, непрерывно определяющей место судна с точностью, отвечающей безопасности плавания по рекам. В навигационном режиме СЭНК и изображение радара совмещаются на одном мониторе (интегрированный дисплей).

По отношению к ИЭКДИС, термин *интегрированный дисплей* означает ориентированную по курсу в относительном движении картину, состоящую из данных СЭНК и совмещенного с картой по масштабу, положению и ориентации радиолокационного изображения.

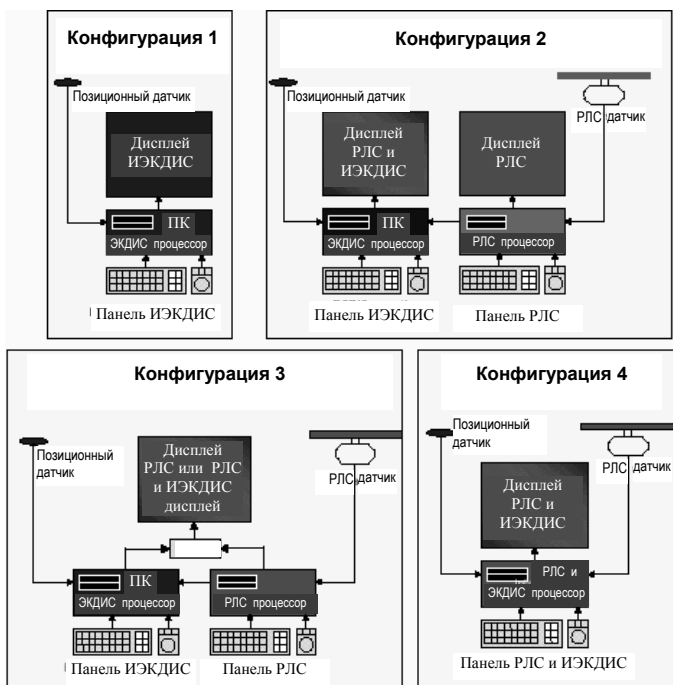


Рис. 9.2. Конфигурации ИЭКДИС.

Для определения места судна в навигационном режиме используются две независимые друг от друга системы – радиолокационная (Radar-Map Matching) и DGPS.

**Конфигурации ИЭКДИС.** Центральной комиссией Рейнского судоходства были предложены четыре конфигурации ИЭКДИС (рис. 9.2). В первой конфигурации предусмотрен лишь один информационный режим работы.

Функции системы во второй и в третьей конфигурации расширены за счет подключения оборудования РЛС. Здесь ИЭКДИС может работать в информационном и в навигационном режимах. Отличаются конфигурации только количеством дисплеев.

В четвертой конфигурации функции ИЭКДИС и РЛС интегрированы.

**Распространение речных электронных карт.** Речные ЭНК поставляются уполномоченными организациями. В США такими распространителями являются USACE и NOAA. Последняя организация выпускает ЭНК «морских» участков рек.

В Европе электронные карты производятся и распространяются следующими фирмами и организациями:

- Innovative navigation – [www.innovative-navigation.de](http://www.innovative-navigation.de);
- TRESCO Navigation Systems – [www.tresconavigationsystems.com](http://www.tresconavigationsystems.com);
- SevenCs – [www.sevencs.de](http://www.sevencs.de);
- C-MAP Norway AS – [www.c-map.no/](http://www.c-map.no/).

В Германии главным поставщиком ИЭНК является организация «Water and Shipping Directorate Southwest».

Фирма «TRESCO Navigation Systems» также производит и распространяет растровые карты для внутренних водных путей Бельгии, Голландии и, частично, Германии и Франции.

### ***9.3. Требования, предъявляемые к ИЭКДИС.***

В мае 2001 года Центральной Комиссией Рейнского судоходства был утвержден Стандарт для Речных ЭКДИС, который является основой для всех электронных навигационных систем на внутренних водных путях Западной Европы. В Минтрансе Российской Федерации в июле 2001 года также были утверждены руководящие документы по развитию электронных навигационно-информационных систем для внутренних вод России.

Европейский Стандарт для речных ЭКДИС разделен на пять главных частей:

- Эксплуатационный стандарт, определяющий назначение, общие навигационные и технические аспекты применения бортовых ИЭКДИС;
- Стандарт данных (формат обмена);

- Библиотека презентации;
- Операционные и эксплуатационные требования, методы тестирования и требуемые их результаты;
- Глоссарий терминов.

По многим пунктам эксплуатационные стандарты для ИЭКДИС совпадает с Требованиями ИМО и МГО к морским ЭКДИС. Это касается данных карт, корректур к ним, отображения СЭНК и других разделов.

Главной задачей речных ЭКДИС является повышение безопасности и эффективности судовождения на внутренних водных путях. Применение этих систем должно уменьшать нагрузку на судоводителей по сравнению с традиционным методом навигации по рекам и по другим внутренним путям.

В ИЭКДИС следует использовать только официальные навигационные карты, «Речные ЭНК» (Inland ENC), а также только официальную корректуру к ним. ИЭНК издаются в Германии для Рейна, Дуная, Эльбы и других путей, в Австрии, Бельгии, Голландии, Франции, Швейцарии для своих судоходных артерий.

Горизонтальным датумом ИЭНК должен быть WGS84. В случаях, когда координаты картографических объектов пересчитываются в WGS84 из локальной или региональной геодезической системы, погрешность трансформации не должна превышать 0.5 м.

Если речная ЭНК предназначена для использования в навигационном режиме ИЭКДИС, то в нее должны быть включены, по крайней мере, следующие объекты:

- Берега водного пути (при среднем уровне воды);
- Сооружения с береговой чертой, такие как волнорезы, насыпи, дамбы и т.д. (при среднем уровне воды);
- Очертания шлюзов и дамб;
- Границы фарватеров (если определены);
- Отдельные подводные опасности на фарватере;
- Отдельные надводные опасности, такие как мосты, линии электропередач над рекой и т.д.;
- Буи, бакены, огни, информационные знаки;
- Ось водного пути с указанием километров и их десятков.

Отсчет глубин ИЭНК может базироваться на официальных датумах (референцных уровнях), используемых на бумажных картах внутренних водных путей. В состав данных карты должны входить постоянные значения глубин, отсчитываемые от референцного уровня. Кроме того, ИЭНК может содержать зависящие от времени поправки к глубинам, равные отстоянию текущего уровня от вертикального датума карты. Правила обновления значений этих поправок планируется установить в ближайшем будущем.

Должна быть возможность показа на карте значений глубин как от референсного так и от текущего уровней.

Требуется, чтобы системная карта речной ЭКДИС, как и морская СЭНК, имела три категории нагрузки: базовую, стандартную и полную. Изменяемая со временем информация о глубинах должна отображаться независимо от названных трех категорий данных.

Остановимся на ряде отличий между стандартами речных и морских ЭКДИС, основываясь на Европейских требованиях к ИЭКДИС.

В речных ЭКДИС выделяют *два режима работы*: информационный и навигационный.

ИЭКДИС могут быть созданы для работы только в информационном режиме или в двух режимах – информационном и навигационном.

**Информационный режим** должен использоваться для получения необходимых сведений об обстановке как при движении судна, так и при проработке перехода, но не для целей вождения судна. В этом режиме могут применяться все возможные виды ориентации, вращения и перемещения изображений, вырезания и увеличения. Рекомендуется в нем иметь те же самые неподвижные круги дальности, что и в навигационном режиме.

В информационном режиме ориентация изображения может быть «по норду», «по курсу», «по оси реки», «по фарватеру» и по любому другому направлению.

В этом режиме следует иметь возможность ручной прокрутки (скроллинга) изображения обстановки относительно точки в центре экрана, как будто это судно, которое движется по осевой линии реки, канала, или огражденного буями маршрута.

Речная ЭКДИС может быть соединена с позиционным датчиком для выполнения в процессе плавания автоматического перемещения изображение карты в выбранном оператором масштабе относительно обсервованной точки в центре экрана. В этом случае изображение на экране соответствует действительной обстановке вокруг судна.

**Навигационный режим** следует применять для проводки судна по внутренним водным путям с выполнением мониторинга процесса судовождения. В навигационном режиме изображение карты должно интегрироваться с данными РЛС. Карта и изображение от РЛС должны автоматически совмещаться по положению, размеру (масштабу) и ориентации.

Требуется, чтобы элементы радиолокационного изображения четко отличались от данных СЭНК.

Интегрированное отображение следует ориентировать *«по курсу»* и представлять в *относительном движении*. Другие виды ориентации

не допускаются. По умолчанию требуется, чтобы символ судна располагался в центре экрана. Должна быть возможность смещения его на периферию экрана с целью увеличения расстояния обзора обстановки по носу.

Координаты места судна необходимо получать по данным позиционной системы, которая непрерывно автоматически определяет место судна. Точность позиционной системы должна соответствовать требованиям безопасного судовождения по внутренним водным путям. Где только возможно, предписано применять второе независимое позиционное средство, в котором реализован другой метод определений места. Речная ЭКДИС должна опознавать и различать обсервации используемых позиционных систем.

В режиме навигации предписано иметь в ИЭКДИС диапазоны шкал дистанций и неподвижные круги дальности через интервалы, представленные в табл. 9.1:

Таблица 9.1.

Требование к шкалам дальности и к НКД.

Шкалы, м	НКД через, м
500	100
800	200
1200	200
1600	400
2000	400

Кроме того, должен быть хотя бы один подвижный круг дальности. Функции ПКД и электронного визира могут дополнительно реализовываться с помощью курсора с соответствующим цифровым представлением пеленга и дистанции позиции курсора относительно судна.

Необходимо, чтобы геодезические основы данных позиционных средств и СЭНК при ведении прокладки совпадали.

Оператору должна быть предоставлена возможность изменения вручную позиции судна на карте с целью совмещения изображений РЛС и карты. Речная ЭКДИС должна позволять выключить отображение карты и оставить на экране только радиолокационную картину.

Когда радиолокационный образ обстановки в навигационном режиме по положению не совпадает с данными карты и отклонение превышает допустимые пределы, данные СЭНК должны автоматически выключаться.

В навигационном режиме необходимо иметь возможность получения всей информации, касающейся объектов, показанных на карте. Это должно выполняться наведением курсора на объект на карте

и одновременным щелчком манипулятора. После этого должно открываться информационное окно с текстовой и графической информацией (pick report), характеризующей выбранный объект.

Следует также отметить, что использование только горизонтального текста на картах внутренних водных путей часто приводит к зашумлению данных на судоходной части реки. Поэтому для речных ЭКДИС должна быть возможность расположения текста параллельно оси реки или фарватера.

#### **9.4. Принцип совмещения радиолокационного изображения с картой.**

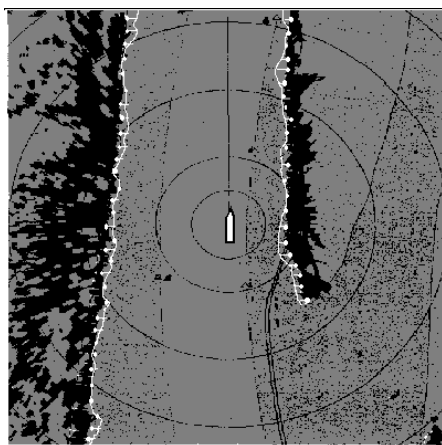
Для выполнения уверенного совмещения данных РЛС и карты, малые участки суши, опознаваемые на радиолокационном изображении, должны быть отмечены специальными атрибутами в цифровых данных карты. Эти малые области карты ниже будут называться **Z-участками** (заметными по РЛС частями суши).

В пособиях на английском языке метод, позволяющий определить позицию судна путем совмещения радиолокационного образа внешней для судна обстановки с изображением карты, получил название **Radar-Map Matching**. Он включает в себя два основных этапа.

**На первом этапе** производится начальная привязка радиолокационного образа внешней обстановки к изображению карты по данным о позиции судна и ориентации его ДП, получаемых от приемника DGPS.

**На втором этапе** координаты положения судна и его курс корректируется путем минимизации «суммы квадратов расстояний» между точками Z-участков карты и их радиолокационными отметками. С этой целью вначале производится сегментация радиолокационного изображения на малые области, так называемые **радарные элементы**. Фронты радарных элементов аппроксимируются метками в виде точек. Из них выделяются метки, отражающие Z-участки карты. Затем находятся вектора расстояний от выделенных радарных меток до соответствующих точек Z-участков на карте. После этого, используя алгоритм метода наименьших квадратов, вычисляются позиция судна и его курс, при которых сумма квадратов отклонений радарных меток от соответствующих им точек на карте является минимальной.

Полученные значения координат считаются результатом радиолокационного определения места судна и его курса.



**Рис. 9.3. Пояснения к методу Radar-Map Matching.**

Охарактеризованный Radar-Map-Matching метод поясняется схемой на рис. 9.3. На схеме белые отрезки, от белых радарных меток до соответствующих им точек береговой черты карты, представляют вектора дистанций, сумма квадратов которых минимизируется в процессе расчетов и совмещения изображения РЛС и карты. Береговая черта карты на рисунке показана светлой линией.

## Список литературы.

1. Алексишин В.Г., Козырь Л.А., Короткий Т.Р. Международные и национальные стандарты безопасности мореплавания. – Одесса: Латстар, 2002. – 257 с.
2. Баранов Ю.К., Гаврюк М.И., Логиновский В.А., Песков Ю.А. Навигация. – 3-е изд., перераб. и доп.- Санкт-Петербург, «Лань», 1997. – 512 с.
3. Буров Н.И. Электронная навигация и картография. Под редакцией Козыря Л.А.: ОГМА. – Одесса, 1996.–26 с.
4. Вагущенко Л.Л, Данцевич В.А., Кошевой А.А. Электронные системы отображения навигационных карт. – 2-е изд., перераб. и доп. - Одесса, ОГМА, 2000. – 120 с.
5. Вагущенко Л.Л., Кошовий А.А. Автоматизовані комплекси судноводіння. – Київ, КВІЦ, 2000. – 292 с.
6. Гофман, Велингоф, Лихтенегер. Глобальная система определения местоположения GPS. Теория и практика. – Киев, Наукова думка, 1996.
7. Ермолаев Г.Г. Морская лоция. 4-е изд. Перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. – 392 с.
8. Инерциальные навигационные системы морских объектов. /Под ред. Д.П. Лукьянова, Л.: Судостроение, 1989.
9. Кудряшов С., Михайлов В. Пора менять курс /Судоходство, N4–6, 1995, с. 35–37.
10. Лукомский Ю.А., Пешехонов В.Г., Скороходов Д.А. Навигация и управление движением судов. – Санкт-Петербург, «Элмор», 2002. – 360 с.
11. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении. – Одесса, Морской тренажерный центр, 2003. – 208 с.
12. Морская навигационная техника. Справочник. Под общ. ред. Е.Л. Смирнова. – СПб.: «Элмор», 2002. – 224 с.
13. Радіонавігаційний план України (проект). Посібник/ Баранов Г.Л., Кошовий А.А., Падалко В.Г., Скорик Є.Т., Хавило В.І. Під загальною редакцією д.т.н. Кошового А.А. – Київ, видавництво “КВІЦ”, 2002. – 77 с.
14. Рекомендации по организации штурманской службы на морских судах Украины (РШСУ-98) – Одесса: ЮжНИИМФ, 1998. – 111 с.
15. Смирнов Е.Л., Яловенко А.В., Перфильев В.К., Воронов В.В., Сизов В.В. Технические средства судовождения. Том 2. Конструкция и эксплуатация: Учебник для вузов. – СПб.: «Элмор», 2000. – 656 с.



16. Электронные карты в морской навигации: Обзоры по судостроительной технике/ ЦНИИ "РУМБ".–Л., 1989.–130 с.
17. Admiralty List of Radio Signals, Vol. 8, Satellite Navigation Systems. 1998/99. – 82 p.
18. Frost, « Marine Gyro Compasses for Ship's Officers », 1982, Brown, Son & Ferguson Ltd.
19. Bowditch N. The American Practical Navigator - Pub.NO 9, NIMA, 2002 Edition, 880 pp.
20. Bridge Procedures Guide, Third edition, Marisec Publications, 1998.
21. G. Sagnac, "L'éther lumineux démontré par l'effet du vent relatif d'éther dans un interféromètre en rotation uniforme", 1913, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Vol.95, pp.708-710.
22. KERR, A.J. 1996. International Perspective on ECDIS. International Hydrographic Review, Monaco, LXXIII(1), March.
23. Nahavandchi, H. and L.E. Sjöberg (1998) Unification of vertical datums by GPS and gravimetric geoid models using modified Stokes formula, *Marine Geodesy*, 21(4): 261-273.
24. Pan, M. and L.E. Sjöberg (1998) Unification of vertical datums by GPS and gravimetric geoid models with application to Fennoscandia, *Journal of Geodesy*, 72(2): 64-70.
25. Pacheco, Miguel. 2000. Product Specifications for Marine Information Objects. Technical Report No. 206 (a Masters Thesis), University of New Brunswick, Fredericton, Canada. 101pp.
26. Radar Navigation and Maneuvering Board Manual – Pub. 1310, NIMA, 2003, 399 pp.
27. Schulze, Jana. 1999. Proposed Object Classes and Attributes for Weather. SevenCs GmbH, Hamburg, Germany. 41pp.
28. S. Choi, S. Kawahito, Y. Matsumoto, M. Ishida, Y. Tadokoro, "An Integrated Micro Fluxgate Magnetic Sensor", *Sensors and Actuators*, Vol. A55, pp. 121-126, 1996.
29. T. Gaiffe, Y. Cottreau, N. Faussot, P. Simonpietri, H. Lefevre and H. Arditty, "Marine Fiber-Optic Gyrocompass with Integral motion Sensor", 1999, Symposium Gyro Technology (DGON 99), Stuttgart.
30. W. Geiger, "A new silicon rate gyroscope", in Proc. IEEE/ASME Micro Electro Mechanical Systems Workshop (MEMS '98), Heidelberg, Germany, Feb. 1998, p. 615-620
31. Zimmermann R., Gern T., Gilles E.D. Advanced river navigation with Inland ECDIS. University of Stuttgart, June, 1999.

32. IMO resolution A.817(19) adopted on 23 November 1995. - Performance standards for electronic chart display and information systems (ECDIS), 15 p.
33. IMO, SN/Circ.207. – Differences between RCDS and ECDIS. – 7 Jun, 1999.
34. IMO, SN/Circ.213. –Guidance on Chart datums and accuracy of positions on charts. – 31 May, 2000.
35. IHO Special Publication S52: Specification for Chart Content and Display of ECDIS, Edition 5, Dec 1996.
36. IHO Special Publication S57: IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, edition 3.1, Nov 2000.
37. IHO Special Publication S60: User’s handbook on Datum transformations involving WGS84, edition 3, July 2003.
38. IHO Special Publication S61: Product specification for raster navigational charts, 1999.
39. IHO Special Publication S63: IHO Data Protection Scheme, Dec. 2002.
40. IEC International Standard 61174, – «Maritime navigation and Radiocommunication Equipment systems – Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS) – Operational and performance requirements, methods of testing and required results», 1998.
41. IEC Protocol 61162–1 “Digital Interfaces – Navigation and Radiocommunication Equipment On Board Ship”.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

**Сведения о горизонтальных датумах**

(данные обзора Питера Х. Дана)

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  – смещение центра референц-эллипсоида от центра эллипсоида WGS84, м.

$eX, eY, eZ$  – погрешности определения, м.

N	Датум	Эллипсоид	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	Район использования	$eX$	$eY$	$eZ$
1	Adindan	Clarke 1880	-118	-14	218	Burkina Faso	25	25	25
2	Adindan	Clarke 1880	-134	-2	210	Cameroon	25	25	25
3	Adindan	Clarke 1880	-165	-11	206	Ethiopia	3	3	3
4	Adindan	Clarke 1880	-123	-20	220	Mali	25	25	25
5	Adindan	Clarke 1880	-166	-15	204	MEAN FOR Ethiopia; Sudan	5	5	3
6	Adindan	Clarke 1880	-128	-18	224	Senegal	25	25	25
7	Adindan	Clarke 1880	-161	-14	205	Sudan	3	5	3
8	Afgooye	Krassovsky 1940	-43	-163	45	Somalia	25	25	25
9	Ain el Abd 1970	International 1924	-150	-250	-1	Bahrain	25	25	25
10	Ain el Abd 1970	International 1924	-143	-236	7	Saudi Arabia	10	10	10
11	American Samoa 1962	Clarke 1866	-115	118	426	American Samoa Islands	25	25	25
12	Anna I Astro 1965	Australian National	-491	-22	435	Cocos Islands	25	25	25
13	Antigua Island Astro 1943	Clarke 1880	-270	13	62	Antigua (Leeward Islands)	25	25	25
14	Arc 1950	Clarke 1880	-138	-105	-289	Botswana	3	5	3
15	Arc 1950	Clarke 1880	-153	-5	-292	Burundi	20	20	20
16	Arc 1950	Clarke 1880	-125	-108	-295	Lesotho	3	3	8
17	Arc 1950	Clarke 1880	-161	-73	-317	Malawi	9	24	8
18	Arc 1950	Clarke 1880	-143	-90	-294	MEAN FOR Botswana; Lesotho; Malawi; Swaziland; Zaire; Zambia; Zimbabwe	20	33	20
19	Arc 1950	Clarke 1880	-134	-105	-295	Swaziland	15	15	15
20	Arc 1950	Clarke 1880	-169	-19	-278	Zaire	25	25	25
21	Arc 1950	Clarke 1880	-147	-74	-283	Zambia	21	21	27
22	Arc 1950	Clarke 1880	-142	-96	-293	Zimbabwe	5	8	11
23	Arc 1960	Clarke 1880	-160	-6	-302	MEAN FOR Kenya; Tanzania	20	20	20
24	Arc 1960	Clarke 1880	-157	-2	-299	Kenya	4	3	3
25	Arc 1960	Clarke 1880	-175	-23	-303	Tanzania	6	9	10
26	Ascension Island 1958	International 1924	-205	107	53	Ascension Island	25	25	25
27	Astro Beacon E 1945	International 1924	145	75	-272	Iwo Jima	25	25	25
28	Astro DOS 71/4	International 1924	-320	550	-494	St Helena Island	25	25	25
29	Astro Tern Island (FRIG) 1961	International 1924	114	-116	-333	Tern Island	25	25	25
30	Astronomical Station 1952	International 1924	124	-234	-25	Marcus Island	25	25	25
31	Australian Geodetic 1966	Australian National	-133	-48	148	Australia; Tasmania	3	3	3
32	Australian Geodetic 1984	Australian National	-134	-48	149	Australia; Tasmania	2	2	2
33	Ayabelle Lighthouse	Clarke 1880	-79	-129	145	Djibouti	25	25	25
34	Bellevue (IGN)	International 1924	-127	-769	472	Efate & Erromango Islands	20	20	20
35	Bermuda 1957	Clarke 1866	-73	213	296	Bermuda	20	20	20
36	Bissau	International 1924	-173	253	27	Guinea-Bissau	25	25	25
37	Bogota Observatory	International 1924	307	304	-318	Colombia	6	5	6
38	Bukit Rimpah	Bessel 1841	-384	664	-48	Indonesia (Bangka & Belitung Ids)	-1	-1	-1
39	Camp Area Astro	International 1924	-104	-129	239	Antarctica (McMurdo)	-1	-1	-1

						Camp Area)			
40	Campo Inchauspe	International 1924	-148	136	90	Argentina	5	5	5
41	Canton Astro 1966	International 1924	298	-304	-375	Phoenix Islands	15	15	15
42	Cape	Clarke 1880	-136	-108	-292	South Africa	3	6	6
43	Cape Canaveral	Clarke 1866	-2	151	181	Bahamas; Florida	3	3	3
44	Carthage	Clarke 1880	-263	6	431	Tunisia	6	9	8
45	Chatham Island Astro 1971	International 1924	175	-38	113	New Zealand (Chatham Island)	15	15	15
46	Chua Astro	International 1924	-134	229	-29	Paraguay	6	9	5
47	Corrego Alegre	International 1924	-206	172	-6	Brazil	5	3	5
48	Dabola	Clarke 1880	-83	37	124	Guinea	15	15	15
49	Deception Island	Clarke 1880	260	12	-147	Deception Island; Antarctica	20	20	20
50	Djakarta (Batavia)	Bessel 1841	-377	681	-50	Indonesia (Sumatra)	3	3	3
51	DOS 1968	International 1924	230	-199	-752	New Georgia Islands (Gizo Island)	25	25	25
52	Easter Island 1967	International 1924	211	147	111	Easter Island	25	25	25
53	Estonia; Coordinate System 1937	Bessel 1841	374	150	588	Estonia	2	3	3
54	European 1950	International 1924	-104	-101	-140	Cyprus	15	15	15
55	European 1950	International 1924	-130	-117	-151	Egypt	6	8	8
56	European 1950	International 1924	-86	-96	-120	England; Channel Islands; Scotland; Shetland Islands	3	3	3
57	European 1950	International 1924	-86	-96	-120	England; Ireland; Scotland; Shetland Islands	3	3	3
58	European 1950	International 1924	-87	-95	-120	Finland; Norway	3	5	3
59	European 1950	International 1924	-84	-95	-130	Greece	25	25	25
60	European 1950	International 1924	-117	-132	-164	Iran	9	12	11
61	European 1950	International 1924	-97	-103	-120	Italy (Sardinia)	25	25	25
62	European 1950	International 1924	-97	-88	-135	Italy (Sicily)	20	20	20
63	European 1950	International 1924	-107	-88	-149	Malta	25	25	25
64	European 1950	International 1924	-87	-98	-121	MEAN FOR Austria; Belgium; Denmark; Finland; France; W Germany; Gibraltar; Greece; Italy; Luxembourg; Netherlands; Norway; Portugal; Spain; Sweden; Switzerland	3	8	5
65	European 1950	International 1924	-87	-96	-120	MEAN FOR Austria; Denmark; France; W Germany; Netherlands; Switzerland	3	3	3
66	European 1950	International 1924	-103	-106	-141	MEAN FOR Iraq; Israel; Jordan; Lebanon; Kuwait; Saudi Arabia; Syria	-1	-1	-1
67	European 1950	International 1924	-84	-107	-120	Portugal; Spain	5	6	3
68	European 1950	International 1924	-112	-77	-145	Tunisia	25	25	25
69	European 1979	International 1924	-86	-98	-119	MEAN FOR Austria; Finland; Netherlands; Norway; Spain; Sweden; Switzerland	3	3	3
70	Fort Thomas 1955	Clarke 1880	-7	215	225	Nevis; St. Kitts (Leeward Islands)	25	25	25
71	Gan 1970	International 1924	-133	-321	50	Republic of Maldives	25	25	25
72	Geodetic Datum 1949	International 1924	84	-22	209	New Zealand	5	3	5
73	Graciosa Base SW 1948	International 1924	-104	167	-38	Azores (Faial; Graciosa; Pico; Sao Jorge; Terceira)	3	3	3
74	Guam 1963	Clarke 1866	-100	-248	259	Guam	3	3	3
75	Gunung Segara	Bessel 1841	-403	684	41	Indonesia (Kalimantan)	-1	-1	-1
76	GUX 1 Astro	International 1924	252	-209	-751	Guadalcanal Island	25	25	25
77	Herat North	International 1924	-333	-222	114	Afghanistan	-1	-1	-1
78	Hermannskogel Datum	Bessel 1841 (Namibia)	653	-212	449	Croatia -Serbia, Bosnia-Herzegovina	-1	-1	-1
79	Hjorsey 1955	International 1924	-73	46	-86	Iceland	3	3	6
80	Hong Kong 1963	International 1924	-156	-271	-189	Hong Kong	25	25	25

81	Hu-Tzu-Shan	International 1924	-637	-549	-203	Taiwan	15	15	15
82	Indian	Everest (India 1830)	282	726	254	Bangladesh	10	8	12
83	Indian	Everest (India 1956)	295	736	257	India; Nepal	12	10	15
84	Indian	Everest (Pakistan)	283	682	231	Pakistan	-1	-1	-1
85	Indian 1954	Everest (India 1830)	217	823	299	Thailand	15	6	12
86	Indian 1960	Everest (India 1830)	182	915	344	Vietnam (Con Son Island)	25	25	25
87	Indian 1960	Everest (India 1830)	198	881	317	Vietnam (Near 160N)	25	25	25
88	Indian 1975	Everest (India 1830)	210	814	289	Thailand	3	2	3
89	Indonesian 1974	Indonesian 1974	-24	-15	5	Indonesia	25	25	25
90	Ireland 1965	Modified Airy	506	-122	611	Ireland	3	3	3
91	ISTS 061 Astro 1968	International 1924	-794	119	-298	South Georgia Islands	25	25	25
92	ISTS 073 Astro 1969	International 1924	208	-435	-229	Diego Garcia	25	25	25
93	Johnston Island 1961	International 1924	189	-79	-202	Johnston Island	25	25	25
94	Kandawala	Everest (India 1830)	-97	787	86	Sri Lanka	20	20	20
95	Kerguelen Island 1949	International 1924	145	-187	103	Kerguelen Island	25	25	25
96	Kertau 1948	Everest (Malay. & Sing)	-11	851	5	West Malaysia & Singapore	10	8	6
97	Kusaie Astro 1951	International 1924	647	1777	-1124	Caroline Islands	25	25	25
98	Korean Geodetic System	GRS 80	0	0	0	South Korea	2	2	2
99	L. C. 5 Astro 1961	Clarke 1866	42	124	147	Cayman Brac Island	25	25	25
100	Leigon	Clarke 1880	-130	29	364	Ghana	2	3	2
101	Liberia 1964	Clarke 1880	-90	40	88	Liberia	15	15	15
102	Luzon	Clarke 1866	-133	-77	-51	Philippines (Excluding Mindanao)	8	11	9
103	Luzon	Clarke 1866	-133	-79	-72	Philippines (Mindanao)	25	25	25
104	M'Poraloko	Clarke 1880	-74	-130	42	Gabon	25	25	25
105	Mahe 1971	Clarke 1880	41	-220	-134	Mahe Island	25	25	25
106	Massawa	Bessel 1841	639	405	60	Ethiopia (Eritrea)	25	25	25
107	Merchich	Clarke 1880	31	146	47	Morocco	5	3	3
108	Midway Astro 1961	International 1924	912	-58	1227	Midway Islands	25	25	25
109	Minna	Clarke 1880	-81	-84	115	Cameroon	25	25	25
110	Minna	Clarke 1880	-92	-93	122	Nigeria	3	6	5
111	Montserrat Island Astro 1958	Clarke 1880	174	359	365	Montserrat (Leeward Islands)	25	25	25
112	Nahrwan	Clarke 1880	-247	-148	369	Oman (Masirah Island)	25	25	25
113	Nahrwan	Clarke 1880	-243	-192	477	Saudi Arabia	20	20	20
114	Nahrwan	Clarke 1880	-249	-156	381	United Arab Emirates	25	25	25
115	Naparima BWI	International 1924	-10	375	165	Trinidad & Tobago	15	15	15
116	North American 1927	Clarke 1866	-5	135	172	Alaska (Excluding Aleutian Ids)	5	9	5
117	North American 1927	Clarke 1866	-2	152	149	Alaska (Aleutian Ids East of 180W)	6	8	10
118	North American 1927	Clarke 1866	2	204	105	Alaska (Aleutian Ids West of 180W)	10	10	10
119	North American 1927	Clarke 1866	-4	154	178	Bahamas (Except San Salvador Id)	5	3	5
120	North American 1927	Clarke 1866	1	140	165	Bahamas (San Salvador Island)	25	25	25
121	North American 1927	Clarke 1866	-7	162	188	Canada (Alberta; British Columbia)	8	8	6

122	North American 1927	Clarke 1866	-9	157	184	Canada (Manitoba; Ontario)	9	5	5
123	North American 1927	Clarke 1866	-22	160	190	Canada (New Brunswick; Newfoundland; Nova Scotia; Quebec)	6	6	3
124	North American 1927	Clarke 1866	4	159	188	Canada (Northwest Territories; Saskatchewan)	5	5	3
125	North American 1927	Clarke 1866	-7	139	181	Canada (Yukon)	5	8	3
126	North American 1927	Clarke 1866	0	125	201	Canal Zone	20	20	20
127	North American 1927	Clarke 1866	-9	152	178	Cuba	25	25	25
128	North American 1927	Clarke 1866	11	114	195	Greenland (Hayes Peninsula)	25	25	25
129	North American 1927	Clarke 1866	-3	142	183	MEAN FOR Antigua; Barbados; Barbuda; Caicos Islands; Cuba; Dominican Republic; Grand Cayman; Jamaica; Turks Islands	3	9	12
130	North American 1927	Clarke 1866	0	125	194	MEAN FOR Belize; Costa Rica; El Salvador; Guatemala; Honduras; Nicaragua	8	3	5
131	North American 1927	Clarke 1866	-10	158	187	MEAN FOR Canada	15	11	6
132	North American 1927	Clarke 1866	-8	160	176	MEAN FOR CONUS	5	5	6
133	North American 1927	Clarke 1866	-9	161	179	MEAN FOR CONUS (East of Mississippi; River Including Louisiana; Missouri; Minnesota)	5	5	8
134	North American 1927	Clarke 1866	-8	159	175	MEAN FOR CONUS (West of Mississippi; River Excluding Louisiana; Minnesota; Missouri)	5	3	3
135	North American 1927	Clarke 1866	-12	130	190	Mexico	8	6	6
136	North American 1983	GRS 80	0	0	0	Alaska (Excluding Aleutian Ids)	2	2	2
137	North American 1983	GRS 80	-2	0	4	Aleutian Ids	5	2	5
138	North American 1983	GRS 80	0	0	0	Canada	2	2	2
139	North American 1983	GRS 80	0	0	0	CONUS	2	2	2
140	North American 1983	GRS 80	1	1	-1	Hawaii	2	2	2
141	North American 1983	GRS 80	0	0	0	Mexico; Central America	2	2	2
142	North Sahara 1959	Clarke 1880	-186	-93	310	Algeria	25	25	25
143	Observatorio Meteorologico 1939	International 1924	-425	-169	81	Azores (Corvo & Flores Islands)	20	20	20
144	Old Egyptian 1907	Helmert 1906	-130	110	-13	Egypt	3	6	8
145	Old Hawaiian	Clarke 1866	89	-279	-183	Hawaii	25	25	25
146	Old Hawaiian	Clarke 1866	45	-290	-172	Kauai	20	20	20
147	Old Hawaiian	Clarke 1866	65	-290	-190	Maui	25	25	25
148	Old Hawaiian	Clarke 1866	61	-285	-181	MEAN FOR Hawaii; Kauai; Maui; Oahu	25	20	20
149	Old Hawaiian	Clarke 1866	58	-283	-182	Oahu	10	6	6
150	Oman	Clarke 1880	-346	-1	224	Oman	3	3	9
151	Ordnance Survey Great Britain 1936	Airy 1830	371	-112	434	England	5	5	6
152	Ordnance Survey Great Britain 1936	Airy 1830	371	-111	434	England; Isle of Man; Wales	10	10	15
153	Ordnance Survey Great Britain 1936	Airy 1830	375	-111	431	MEAN FOR England; Isle of Man; Scotland; Shetland Islands; Wales	10	10	15
154	Ordnance Survey Great Britain 1936	Airy 1830	384	-111	425	Scotland; Shetland Islands	10	10	10
155	Ordnance Survey Great Britain 1936	Airy 1830	370	-108	434	Wales	20	20	20
156	Pico de las Nieves	International 1924	-307	-92	127	Canary Islands	25	25	25
157	Pitcairn Astro 1967	International 1924	185	165	42	Pitcairn Island	25	25	25

158	Point 58	Clarke 1880	-106	-129	165	MEAN FOR Burkina Faso & Niger	25	25	25
159	Pointe Noire 1948	Clarke 1880	-148	51	-291	Congo	25	25	25
160	Porto Santo 1936	International 1924	-499	-249	314	Porto Santo; Madeira Islands	25	25	25
161	Provisional South American 1956	International 1924	-270	188	-388	Bolivia	5	11	14
162	Provisional South American 1956	International 1924	-270	183	-390	Chile (Northern; Near 19oS)	25	25	25
163	Provisional South American 1956	International 1924	-305	243	-442	Chile (Southern; Near 43oS)	20	20	20
164	Provisional South American 1956	International 1924	-282	169	-371	Colombia	15	15	15
165	Provisional South American 1956	International 1924	-278	171	-367	Ecuador	3	5	3
166	Provisional South American 1956	International 1924	-298	159	-369	Guyana	6	14	5
167	Provisional South American 1956	International 1924	-288	175	-376	MEAN FOR Bolivia; Chile; Colombia; Ecuador; Guyana; Peru; Venezuela	17	27	27
168	Provisional South American 1956	International 1924	-279	175	-379	Peru	6	8	12
169	Provisional South American 1956	International 1924	-295	173	-371	Venezuela	9	14	15
170	Provisional South Chilean 1963	International 1924	16	196	93	Chile (Near 53oS) (Hito XVIII)	25	25	25
171	Puerto Rico	Clarke 1866	11	72	-101	Puerto Rico; Virgin Islands	3	3	3
172	Pulkovo 1942	Krassovsky 1940	28	-130	-95	Russia	-1	-1	-1
173	Qatar National	International 1924	-128	-283	22	Qatar	20	20	20
174	Qornoq	International 1924	164	138	-189	Greenland (South)	25	25	32
175	Reunion	International 1924	94	-948	-1262	Mascarene Islands	25	25	25
176	Rome 1940	International 1924	-225	-65	9	Italy (Sardinia)	25	25	25
177	S-42 (Pulkovo 1942)	Krassovsky 1940	28	-121	-77	Hungary	2	2	2
178	S-42 (Pulkovo 1942)	Krassovsky 1940	23	-124	-82	Poland	4	2	4
179	S-42 (Pulkovo 1942)	Krassovsky 1940	26	-121	-78	Czechoslovakia	3	3	2
180	S-42 (Pulkovo 1942)	Krassovsky 1940	24	-124	-82	Latvia	2	2	2
181	S-42 (Pulkovo 1942)	Krassovsky 1940	15	-130	-84	Kazakhstan	25	25	25
182	S-42 (Pulkovo 1942)	Krassovsky 1940	24	-130	-92	Albania	3	3	3
183	S-42 (Pulkovo 1942)	Krassovsky 1940	28	-121	-77	Romania	3	5	3
184	S-JTSK	Bessel 1841	589	76	480	Czechoslovakia (Prior 1 JAN 1993)	4	2	3
185	Santo (DOS) 1965	International 1924	170	42	84	Espirito Santo Island	25	25	25
186	Sao Braz	International 1924	-203	141	53	Azores (Sao Miguel; Santa Maria Ids)	25	25	25
187	Sapper Hill 1943	International 1924	-355	21	72	East Falkland Island	1	1	1
188	Schwarzeck	Bessel 1841 (Namibia)	616	97	-251	Namibia	20	20	20
189	Selvagem Grande 1938	International 1924	-289	-124	60	Salvage Islands	25	25	25
190	Sierra Leone 1960	Clarke 1880	-88	4	101	Sierra Leone	15	15	15
191	South American 1969	South American 1969	-62	-1	-37	Argentina	5	5	5
192	South American 1969	South American 1969	-61	2	-48	Bolivia	15	15	15
193	South American 1969	South American 1969	-60	-2	-41	Brazil	3	5	5
194	South American 1969	South American 1969	-75	-1	-44	Chile	15	8	11
195	South American 1969	South American 1969	-44	6	-36	Colombia	6	6	5

196	South American 1969	South American 1969	-48	3	-44	Ecuador	3	3	3
197	South American 1969	South American 1969	-47	26	-42	Ecuador (Baltra; Galapagos)	25	25	25
198	South American 1969	South American 1969	-53	3	-47	Guyana	9	5	5
199	South American 1969	South American 1969	-57	1	-41	MEAN FOR Argentina; Bolivia; Brazil; Chile; Colombia; Ecuador; Guyana; Paraguay; Peru; Trinidad & Tobago; Venezuela	15	6	9
200	South American 1969	South American 1969	-61	2	-33	Paraguay	15	15	15
201	South American 1969	South American 1969	-58	0	-44	Peru	5	5	5
202	South American 1969	South American 1969	-45	12	-33	Trinidad & Tobago	25	25	25
203	South American 1969	South American 1969	-45	8	-33	Venezuela	3	6	3
204	South Asia	Modified Fischer 1960	7	-10	-26	Singapore	25	25	25
205	Tananarive Observatory 1925	International 1924	-189	-242	-91	Madagascar	-1	-1	-1
206	Timbalai 1948	Everest (Sabah Sarawak)	-679	669	-48	Brunei; E. Malaysia (Sabah Sarawak)	10	10	12
207	Tokyo	Bessel 1841	-148	507	685	Japan	8	5	8
208	Tokyo	Bessel 1841	-148	507	685	MEAN FOR Japan; South Korea; Okinawa	20	5	20
209	Tokyo	Bessel 1841	-158	507	676	Okinawa	20	5	20
210	Tokyo	Bessel 1841	-147	506	687	South Korea	2	2	2
211	Tristan Astro 1968	International 1924	-632	438	-609	Tristan da Cunha	25	25	25
212	Viti Levu 1916	Clarke 1880	51	391	-36	Fiji (Viti Levu Island)	25	25	25
213	Voirol 1960	Clarke 1880	-123	-206	219	Algeria	25	25	25
214	Wake Island Astro 1952	International 1924	276	-57	149	Wake Atoll	25	25	25
215	Wake-Eniwetok 1960	Hough 1960	102	52	-38	Marshall Islands	3	3	3
216	WGS 1972	WGS 72	0	0	0	Global Definition	-1	-1	-1
217	WGS 1984	WGS 84	0	0	0	Global Definition	-1	-1	-1
218	Yacare	International 1924	-155	171	37	Uruguay	-1	-1	-1
219	Zanderij	International 1924	-265	120	-358	Suriname	5	5	8



**Список горизонтальных датумов карт  
Британского адмиралтейства**

- |  |  |
|--|--|
| 1. ABIDJAN, IVORY                                | 35. MERCHICH, MOROCCO                            |
| 2. ARC (1950), AFRICA                            | 36. MONTE MARIO (1940)                           |
| 3. ASTRO 1956 (S PEDRO, PAULO,<br>ATOL DE ROCAS) | 37. NAHRWAN REVISED                              |
| 4. AUSTRALIAN GEODETIC                           | 38. NAHRWAN                                      |
| 5. BATHURST BASE EAST END<br>DATUM               | 39. NAPARIMA (1955)                              |
| 6. BISSAU BASE NORTH WEST END<br>PILLAR          | 40. NORTH AMERICAN DATUM 1927<br>(NAD27)         |
| 7. BUKIT RIMPAH, BANGKA I,<br>INDONESIA          | 41. NORTH AMERICAN DATUM 1983<br>(NAD83)         |
| 8. CAMPO INCHAUSPE                               | 42. OLD HAWAIIAN                                 |
| 9. CAPE DATUM, SOUTH AFRICA                      | 43. ORDNANCE SURVEY OF IRELAND                   |
| 10. CASTANIA                                     | 44. ORDNANCE SURVEY OF GREAT<br>BRITAIN, 1936    |
| 11. CASTELO DI SAO JORGE (LISBOA)<br>(BESSEL)    | 45. PANAMA COLON                                 |
| 12. CORREGA ALEGRE                               | 46. PHARE D' YABELLE                             |
| 13. EUROPEAN 1950 (ED50)                         | 47. PICO DE LA NIEVES                            |
| 14. FIJI (1956)                                  | 48. PORT ETIENNE, MAURITANIA                     |
| 15. FIJI (1986)                                  | 49. NEW PORTO SANTO                              |
| 16. FINAL (1958), IRAN                           | 50. PRINCIPE, SINAL DOMORRO DO<br>PAPAGAIO       |
| 17. FINNISH (HELSINKI)                           | 51. PROVISIONAL SOUTH AMERICAN<br>(1956) PSAD56  |
| 18. GEODETIC DATUM (1949)                        | 52. PULKOVO 1942 SYSTEM                          |
| 19. GUADAICANAL, SOLOMON IS GUX<br>1 ASTRO       | 53. IGN 47-49 REUNION                            |
| 20. HERMANSKOGEL (VIENNA)                        | 54. SAINTE ANNE I IGN (1951-52)<br>GUADELOUPE    |
| 21. HITO XYIII ASTRO, PROV S<br>CHILEAN 1963     | 55. SOUTH AMERICAN (1969)                        |
| 22. HONG KONG (1963)                             | 56. FALKLAND ISLANDS (1943)<br>(SAPPER HILL)     |
| 23. IGN (NORTH BLOCK, BELLEVUE)                  | 57. SOUTH EAST ISLAND                            |
| 24. IGN72 NOUVELLE CALEDONIE                     | 58. SIERRA LEONE (1960)                          |
| 25. INDIAN DATUM (1975) THAILAND                 | 59. SAO TOME                                     |
| 26. INDIAN (SURVEY OF INDIA)                     | 60. SWEDISH                                      |
| 27. IRELAND (1965)                               | 61. TIMBALAI (1948) (BESSEL) SABAH               |
| 28. ITARARE N BASE, ITAJUBA-SANTA<br>CATARINA    | 62. TIMBALAI (1948) (EVEREST)<br>SARAWAK, BRUNEI |
| 29. KANDAWALA (1933)                             | 63. TOBAGO (MT DILLON)                           |
| 30. KERTAU REVISED                               | 64. TOKYO  |
| 31. LE POUCE, MAURITIUS                          | 65. IGN (SOUTH BLOCK, TANNA)                     |
| 32. LISBOA (SAO JORGE) [INT]                     | 66. WORD GEODETIC SYSTEM, 1972<br>(WGS72)        |
| 33. LUSON (1911)                                 | 67. WORD GEODETIC SYSTEM, 1984<br>(WGS84)        |
| 34. MARTINIQUE SHOM (1984)                       |  |

**Стандартные термины и сокращения.**

<b>Термины</b>	<b>Сокращения</b>	<b>Термины</b>	<b>Сокращения</b>
Acknowledge – подтверждение	ACK	Acquire – выбрать (захватить) на сопровождение	ACQ
Acquisition Zone – зона захвата целей на сопровождение	AZ	Adjust – регулировать	ADJ
Aft - корма		Alarm – тревога	ALM
Anchor Watch – вахта при стоянке на якоре	ANCH		
Antenna - антенна	ANT	April – апрель	APR
Astronomical - астрономический	A <sup>см.1)</sup>	Audible – слышимый	AUD
August -август	AUG	Automatic – автоматический	AUTO
Automatic Identification System – автоматическая идентификационная система	AIS	Automatic Radar Plotting Aid – средства автоматической радиолокационной прокладки	ARPA
Automatic Tracking Aid – средства автосопровождения	ATA	Autopilot - авторулевой	AP
Available – имеющийся в распоряжении	AVAIL	Azimuth Indicator – указатель направления	AZI
Background – фон, задний план	BKGND	Bearing - пеленг	BRG
Bearing Waypoint To Waypoint – пеленг с одной путевой точки на другую	BWW	Bow Crossing Range – дистанция пересечения линии пути по носу	BCR
Bow Crossing Time - дистанция пересечения линии пути по корме	BCT	Built In Test Equipment – встроенная система тестирования	BITE
Calibrate – градуировать, калибровать	CAL	Cancel - аннулировать	CNCL
Carried -	C	Central Processing Unit – центральный процессор	CPU
Centre - центр	CENT	Change - изменение	CHG
Circularly Polarised – круговой поляризации	CP	Clear - очистка	CLR
Closest Point Of Approach – дистанция кратчайшего сближения	CPA	Coastguard Station – станция береговой охраны	CG
Compact Disc Read Only Memory – компакт диск только для чтения	CDROM	Compass - компас	
Contrast - контраст	CONTR		
Coordinated Universal Time – универсальное координированное время	UTC	Correction - коррекция	CORR
Course – курс (заданный)	CSE	Course Over The Ground – курс относительно грунта	COG
Course To Steer – курс для следования	CTS	Course Up – ориентация по курсу	C UP
Cross Track Distance – боковое отклонение от маршрута	XTD	Cursor - курсор	CURS
Curved Heading Line – кривая курсовая линия	CHL	Data - данные	
Date - дата			
Day/Night - день/ночь	DAY/NT	Dead Reckoning - счисление	DR
Decca - Декка	D <sup>см.1)</sup>	December - декабрь	DEC
Decrease - уменьшать	DECR	Deep Water – глубокая вода	DW <sup>см.2)</sup>
Degauss – размагничивать		Degrees - градусы	DEG <sup>см.4)</sup>
Delay – задержка		Delete - уничтожить	DEL
Depth – глубина	DPTH	Destination - назначение	DEST
Differential – дифференциальная	d <sup>см.1)</sup>	Differential GLONASS – дифференциальная ГЛОНАСС	DGLONASS






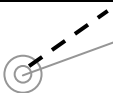




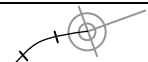

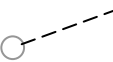

Differential GNSS – дифференциальная GNSS	DGNSS	Differential GPS - дифференциальная GPS	DGPS
Digital Selective Calling – цифровой избирательный вызов	DSC	Display - дисплей	DISP
Display Brilliance – яркость отображения	BRILL	Distance - расстояние	DIST
Distance Interval – интервал расстояния	DIST INT	Distance Root Mean Squared – средняя квадратическая погрешность расстояния	DRMS
Drift - дрейф		Dropped - брошенный	D
East - восток	E	Echo Reference – относительный по РЛС	REF
Echo Reference Speed – относительная скорость по данным эхосигналов	REF SOG	Electronic Bearing Line – электронный визир	EBL
Electronic Chart Display And Information System – электронно-картографическая навигационно-информационная система	ECDIS	Electronic Chart System – система с электронными картами	ECS
Electronic Navigational Chart – электронная навигационная карта	ENC	Electronic Plotting Aid – электронные средства прокладки	EPA
Electronic Position Fixing System – электронная позиционная система	EPFS	Electronic Range And Bearing Line – электронная визирная линейка	ERBL
Emergency Position Indicating Radio Beacon – буй, указывающий позицию при чрезвычайных обстоятельствах	EPIRB	Enhance – повышать	ENH
Enter - вход	ENT	Equipment – оборудование	EQUIP
Error - ошибка	ERR	Estimated Position – оценка места	EP
Estimated Time Of Arrival – ожидаемое время прибытия	ETA	Estimated Time Of Departure – ожидаемое время отхода	ETD
European Geo-Stationary Navigational Overlay System – Европейская геостационарная навигационная добавочная система	EGNOS	Event – событие	
Exclusion Zone – Исключительная зона	EZ		
External - внешний	EXT	Fathoms – сажени	F
February - февраль	FEB	Foreward – передний	FWD
Full – полный		Gain – усиление	
Geographics - географический	GEOG	Geometric Dilution Of Precision – геометрический фактор ослабления точности	GDOP
Global Maritime Distress And Safety System – Глобальная морская система безопасности	GMDSS	Global Navigation Satellite System – Глобальная навигационная спутниковая система	GNSS
Global Orbiting Navigation Satellite System - Глобальная навигационная спутниковая система	GLO or GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System - Глобальная навигационная спутниковая система	GI <sup>см.1)</sup>
Global Positioning System – Глобальная позиционная система	GPS	Global Positioning System - Глобальная позиционная система	G <sup>см.1)</sup>
Great Circle – большой круг	GC	Grid - сетка	
Ground Stabilized – стабилизировано относительно грунта	GND STAB	Ground Track – прокладка относительно грунта	GND TRK
Grounding Avoidance System – система предупреждения посадки на мель	GAS	Guard Zone – охранный зона	GZ
Gyro - гирокомпас	GYRO	Head Up – ориентация по курсу	H UP
Heading - курс	HDG	Heading Line – линия курса	HL
Heading Line Off – линия курса выключена	HL OFF	High Speed Craft – высокоскоростное судно	HSC
Horizontal Dilution of Precision – горизонтальная составляющая ухудшения точности	HDOP	Hours - часы	HR




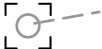










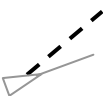
Identification - идентификация	ID	Increase - увеличение	INCR <sup>см.4)</sup>
Information - информация	INFO	Information - информация	I <sup>см.2)</sup>
Infrared - инфракрасный	INF RED	Initialisation - инициализация	INIT
Input - вход	IN	Input/Output – вход/выход	I/O
Integrated Bridge System – интегрированная система ходового мостика	IBS	Integrated Navigation System – интегрированная навигационная система	INS
Integrated Radio Communication System – интегрированная система радиосвязи	IRCS	Interference Rejector – подавитель помех	IR
Interswitch - переключение	ISW	January - январь	JAN
June - июнь	JUN	July – июль	JUL
Kilometer - километры	Km <sup>см.5)</sup>	Knots - узлы	KN
Label - ярлык	LBL	Latitude - широта	LAT
Latitude/Longitude – широта/долгота	L/L	Leeway – защищенный путь	LWY
Limit - предел	LIM	Line Of Position – линия положения	LOP
Log – лог			
Long Pulse – длинный импульс	LP	Longitude - долгота	LON
Loran - Лоран	LOR	Loran/Tchaika – Лоран/Чайка	L <sup>см.1)</sup>
Lost Target – потеря цели	LOST TGT	Magnetic - магнитный	MAG
Magnetic Variation – магнитное склонение	MAG VAR	Man Overboard – человек за бортом	MOB
Manoeuvre Time – время маневра	MVR TIME	Manual - ручное	MAN
Map Lines – линии карты-схемы		Maps – карты-схемы	MAP
March - март	MAR	Marker - маркер	MKR
Master - капитан	MSTR	Maximum - максимум	MAX
May - май		Medium Pulse – импульс средней длительности	MP
Menu - меню		Metres - метры	M <sup>см.5)</sup>
Mfdf	M <sup>см.1)</sup>	Minimum - минимум	MIN
Minutes - минуты	MIN <sup>см.4)</sup>	Missing - отсутствующий	
Mute - не излучающий звук		Nautical Mile – морская миля	NM
Navigation – навигация	NAV	Normal - нормальный	NORM
North – север	N <sup>см.3)</sup>	North Up – ориентация по норду	N UP
Not Less Than – не менее чем	NLT <sup>см.1)</sup>	Not More Than – не более чем	NMT <sup>см.1)</sup>
Not Under Command – не управляется	NUC	November - ноябрь	NOV
October – октябрь	OCT	Off - выключено	
Off Centre – смещение центра	OFF CENT	Off Track – отклонение от траектории	OFF TRK
Offset – компенсация		On - на	
Output – производительность	OUT	Own Ship – собственное судно	OS
Panel Illumination – освещение панели	PANEL or PANEL DIM	Parallel Index Line – параллельные индексные линии	PI
Past Positions – последняя позиция	PAST POSN	Performance Monitor – монитор исполнительной прокладки	PM
Permanent – постоянный	PERM	Personal Identification Number – личный идентификационный номер	PIN
Port – порт		Position - положение	POSN
Position Approximate – положение приблизительное	PA <sup>см.1)</sup>	Positional Dilution Of Precision – ослабление точности положения	PDOP
Power – электропитание	PWR	Predicted Area Of Danger – предсказанная зона опасности	PAD
Predicted Point Of Collision – предсказанная точка столкновения	PPC	Pulse Length – длинный импульс	PL
Pulse Repetition Frequency – частота повторения импульсов	PRF	Pulses Per Revolution – импульсов на оборот	PPR
Radar – РЛС	RDR	Radar - РЛС	R <sup>см.1)</sup>
Radar Plotting – радиолокационная прокладка	RP	Radius - радиус	RAD
Rain – дождь		Range - расстояние	RNG

Range Rings – неподвижные круги дальности	RR	Raster Chart Display System – Система отображения растровых карт	RCDS
Raster Navigational Chart – растровая навигационная карта	RNC	Rate Of Turn – скорость поворота	ROT
Real Time Kinematic – кинематические параметры в реальном времени	RTK	Receiver - приемник	RX
Receiver Autonomous Integrity Monitoring -	RAIM	Relative – относительный	REL or R
Relative Bearing – относительный пеленг	R BRG	Relative Course – относительный курс	R CSE
Relative Motion – относительное движение	RM	Relative Motion (Relative Trails) – относительное движение (относительные следы)	RM (R)
Relative Motion (True Trails) – относительное движение (истинные следы)	RM (T)	Relative Vector – относительный вектор	R VECT
Revolutions Per Minute – обороты в минуту	RPM	Rhumb Line - локсодромия	RL
Roll On, Roll Off <sup>см.2)</sup> – вкатывать, выкатывать	RoRo <sup>см.5)</sup>	Route - маршрут	RTE
S Band – S-диапазон радиоволн	S <sup>см.5)</sup>	Safety Contour – безопасная изобата	SAF CON
Scan To Scan – от обзора к обзору	SC/SC	SEA - Term Relates To Sea Clutter – термин, относящийся к помехам от моря	SEA
Search And Rescue – поиск и спасение	SAR	Seconds - секунды	SEC or S
Select – выбирать	SEL	September - сентябрь	SEP
Sequence – последовательность	SEQ	SET (Used In The Context Of “Set And Drift” Or “Setting” A Value.) – используется в контексте «направление/снос» или «установка» значения.	
Short Pulse – короткий импульс	SP	Signal Station – сигнальная станция	SS <sup>см.2)</sup>
Signal To Noise Ratio – отношение сигнал/шум	SNR	Simulation - симуляция	SIM
Slave – раков		South - юг	S <sup>см.3)</sup>
Speed – скорость	SPD	Speed And Distance Measuring Equipment – оборудование для измерения скорости и проходимого расстояния.	SDME
Speed Over The Ground – скорость относительно грунта	SOG	Speed Through The Water – скорость относительно воды	STW
Stabilised – стабилизированный	STAB	Standby – управлять вручную	STBY
Starboard – вправо	STBD	Symbols Off – символы выключены	SYM OFF
Synchronisation Pulse – импульс синхронизации	SYNC	System Electronic Navigational Chart – системная электронная навигационная карта	SENC
System Raster Navigational Chart – системная растровая навигационная карта	SRNC	Target - цель	TGT
Test Target – тестирование цели	TEST TGT	Time - время	
Time Dilution Of Precision – время ухудшения точности	TDOP	Time To Closest Point Of Approach – время до точки кратчайшего сближения	TCPA
Time To Go – время следования	TTG	Time To Wheel Over Line – время до начала перекладки руля	TWOL
Track – путь, маршрут	TRK	Track Control System – система проводки по маршруту	TCS
Tracking – прокладка, сопровождение	TRKG	Trails - следы	
Transceiver – приемопередатчик	TX/RX	Transferred Position Line – перенесенная линия положения	TPL
Transmitter – передатчик	TX	Transponder - транспондер	TPR

Trial Manoeuvre – проигрывание маневра	TRIAL	Trigger Pulse – импульс триггера	TRIG
Transmit – передавать	TX	True - истинный	T
True Bearing – истинный пеленг	T BRG	True Course – истинный курс	T CSE
True Motion – истинное движение	TM	True Speed – истинная скорость	T SPD
True Vector – истинный вектор	T VECT	Tune – настраивать	TUNE
Uninterruptible Power Supply – устройство непрерывного питания	UPS	Universal Transverse Mercator – универсальная поперечная проекция Меркатора	UTM
Unstabilised – нестабилизированный	UNSTAB	Variable Range Marker – подвижный маркер дальности	VRM
Vector – вектор	VECT	Vector Time – время вектора	VECT TIME
Vessel Traffic Services – система управления движением судов (СУДС)	VTS	Video - видео	VID
Visual – визуальный	V <sup>см.1)</sup>	Visual Display Unit – модуль визуализации	VDU
Voyage – рейс	VOY	Waypoint – поворотная точка	WPT
Waypoint Closure Velocity – скорость сближения с точкой поворота	WCV	West – запад	W <sup>см.3)</sup>
Wheel Over Line – перекладка руля	WOL	Wheel Over Point – точка начала перекладки руля	WOP
World Geodetic System – Всемирная геодезическая система	WGS	X Band – X-диапазон радиоволн	X <sup>см.3)</sup>
<b>Примечания:</b>			
1) Должно использоваться только в связи с символами определения места в ЭКДИС (символы исполнительной и предварительной прокладки в публикации МЭК 61174). Должны представляться в указанных случаях.			
2) Только для символов картографических объектов, определенных в публикации S52 - Colour & Symbol Specifications for ECDIS, Special Publication No. 52 Appendix 2p.			
3) Альтернативный символ может быть использован.			
4) Должен быть представлен этим сокращением в оговоренных случаях.			
5) Должен быть представлен в оговоренных случаях, когда используется для отображения символов картографических объектов, определенных в публикации S52 - Colour & Symbol Specifications for ECDIS, Special Publication No. 52 Appendix 2p.			




**Стандартные символы объектов.**

Объект	Символ	Пояснения
<i><b>Собственное судно</b></i>		
Наше судно		Двойной круг с центром в расчетном месте судна. Цвет – установленный для символа судна.
Контур нашего судна в масштабе карты		Выраженный в масштабе карты контур судна, соответствующий его координатам. Ориентирован по курсу. Используется на крупномасштабных картах.
Место антенны нашего судна		Крест на контуре судна в месте расположения антенны. Цвет – как у символа судна.
Курсовая линия нашего судна		Сплошная линия до неподвижного круга дальности или фиксированной длины, если нет НКД. Цвет – как у символа судна.
Траверзная линия нашего судна		Сплошная линия фиксированной длины, перпендикулярная линии курса. Цвет – как у символа судна.
Вектор скорости нашего судна		Пунктирная линия толще, чем курсовая черта. Длина штриха с пробелом равна проходимому за 1 мин. расстоянию. Начинается у места судна с пробела, заканчивается штрихом. Длина вектора соответствует выбранному времени прогноза. Цвет – как у символа судна.
Стабилизация относительно воды		Одиночная стрелка в конце вектора скорости. Цвет – как у символа судна.
Стабилизация относительно грунта		Двойная стрелка в конце вектора скорости. Цвет – как у символа судна.
Прогноз пути		Прогнозируемая траектория судна может быть показана как кривой вектор скорости судна. Цвет – как у символа судна.
Прошлый путь по главному источнику		Толстая линия. Допускается нанесение отметок времени. Цвет – установленный для прошлого пути по главному источнику данных.
Прошлый путь по вторичному источнику		Тонкая линия. Допускается нанесение отметок времени. Цвет – установленный для прошлого пути по вторичному источнику данных.
<i><b>Цели САРП</b></i>		
Цель САРП		Сплошная залитая или незалитая окружность с центром в месте цели. Цвет – установленный для символов целей САРП.
САРП-цель с вектором скорости		Пунктирная линия. Длина штриха с пробелом равна проходимому за 1 мин. расстоянию. Начинается у места цели с пробела, заканчивается штрихом. Длина вектора соответствует выбранному времени прогноза. Цвет – как у символов целей САРП.
САРП-цель в промежутке “захвата”		Окружность, показываемая сегментами вокруг отметки цели. Цвет – как у символов целей САРП.

Опасная САРП-цель		Красная сплошной толстой линией окружность (может быть больше обычного символа) и вектор. Оба мигают, пока не будет получено подтверждение, что цель замечена.
Потерянная САРП-цель		Толстый крест через символ цели. Мигают, пока не будет получено подтверждение, что потеря цели замечена. Цвет – как у символов целей САРП.
САРП-цель в охранный зоне		Толстая красная окружность, показываемая сегментами вокруг отметки цели. Мигает, пока не будет получено подтверждение.
Выбранная САРП-цель		Квадрат, показываемый своими углами вокруг положения цели. Цвет – как у символов целей САРП.
Прошлый путь САРП-цели		Показывается точками. Цвет – как у символов целей САРП.
<b>АИС-цели</b>		
Пассивное состояние АИС-цели		Центр треугольника (половина высоты) представляет место судна. Символ ориентирован по курсу судна, или по его путевому углу, когда курса нет. Символ может быть меньшим символа активированной цели. Цвет – как у символов целей САРП.
Активированная цель		У символа отображается линия курса и вектор путевой скорости. Цвет – как у символов целей САРП.
Контур АИС-цели в масштабе карты		На крупномасштабных картах символ АИС-цели может быть заменен контуром цели, выраженным в масштабе карты. Символ ориентируется по курсу. Цвет – как у символов целей САРП.
Место антенны АИС-цели		Крест в месте антенны на выраженном в масштабе контуре цели. Цвет – как у символов целей САРП.
Опасная цель		Жирный красный треугольник, размер может быть увеличен. Цель должна отображаться с вектором курса и путевой скорости. Символ мигает, пока не будет подтверждения.
Потерянная АИС-цель		Толстый крест через символ цели. Мигают, пока не будет получено подтверждение. Цель ориентирована по последнему полученному значению курса. Цвет – как у символов целей САРП.
Выбранная АИС-цель		Квадрат, показываемый своими углами вокруг положения цели. Цвет – как у символов целей САРП.
Линия курса активированной цели		Сплошная линия, тоньше, чем вектор скорости. Длина в два раза больше длины символа цели. Начинается в вершине треугольника. Цвет – как у символов целей САРП.
Индикатор поворота		Поворот цели характеризуется флажком фиксированной длины. Цвет – как у символов целей САРП.
Вектор скорости активированной цели		Пунктирная линия. Длина штриха с пробелом равна проходимому за 1 мин. расстоянию. Начинается у места цели с пробела, заканчивается штрихом. Длина вектора соответствует выбранному времени прогноза. Цвет – как у символов целей САРП.
Стабилизация: вода/грунт	Нет символов	Режим стабилизации требует указывать в пользовательском интерфейсе.



Прогноз траектории поворота		Прогнозируемая траектория может быть показана как кривой вектор скорости цели. Цвет – как у символов целей САРП.
АИС- цель, курса или ПУ или V нет		Символ судна – штриховая линия. Цвет – как у символов целей САРП.
Прошлый путь АИС-цели		Показывается точками. Цвет – как у символов целей САРП.
<b>АИС на средствах навигационного ограждения</b>		
Реальное место объекта карты		Ромб с центром в передаваемых АИС координатах объекта. Показывается вместе с символом объекта на карте. Цвет – зарезервирован.
Виртуальная позиция		Ромб с центром в передаваемых АИС координатах объекта. Цвет – зарезервирован.
<b>Навигационный инструментарий</b>		
Маркер		Крест. Два варианта, один с открытым центром. Цвет – навигационной информации.
Визирная линия		Вид линии, цвет, форма выбираются по усмотрению производителя системы. Цвет – навигационной информации.
Визирная линия со смещенным центром		Точечная линия. Цвет – навигационной информации.
ПКД		Круг с центром в месте нашего судна. Вид линии выбирается по усмотрению производителя системы. Цвет – навигационной информации.
НКД		Сплошные окружности. Цвет – навигационной информации.
Параллельные индексные линии		Вид линий выбирается по усмотрению производителя системы. Должен отличаться от вида визирной линии. Цвет – навигационной информации.
Линии упрощенных карт		Согласно публикации МЭК 60936. Разрешено использовать на индикаторе РЛС, на котором нет данных системной электронной карты.
Добавочная информация карты		Вид линий выбирается по усмотрению производителя системы. Цвет – установленный для дополнительной информации.
Безопасная изобата		Сплошная линия, минимальной толщиной 3 пикселя. Цвет – установленный для безопасной изобаты.
Альтернативный маршрут		Точечная линия. Точки поворота выделены окружностями. Цвет – установленный для альтернативного пути.
Основной маршрут		Толстая пунктирная линия. Точки поворота выделены окружностями. Цвет – установленный для основного маршрута.
Зона опасности цели САРП		Необязательный шестиугольник или эллипс. Цвет – навигационной информации.
Зона захвата целей в САРП		Сплошная линия, ограничивающая зону. Цвет – навигационной информации.
Охранная зона в САРП		Сплошная линия, ограничивающая зону. Цвет – навигационной информации.
Зона поискового огня		Сплошная линия, ограничивающая зону. Цвет – опасного огня.

Проигрывание маневра в САРП	T	Большое T на экране. Цвет – навигационной информации.
Тестируемая цель в САРП	ХТ	Буква Х, ХХ, ХТ, ХХТ на экране. Цвет – навигационной информации.
Маркер события		Прямоугольник с диагональю. Дополняется текстом «МОВ», когда обозначает место падения человека за борт. Цвет – навигационной информации.
Предупреждение мореплавателям		Цвет – навигационной информации.
Информация производителя		Цвет – дополнительной информации.

# ОГЛАВЛЕНИЕ.

<b>Введение</b> .....	<b>3</b>
Перечень сокращений.....	10
Значения основных терминов.....	12
<b>1. Общие сведения о судовых навигационно-информационных системах.</b>	<b>14</b>
1.1. Назначение и основные функции навигационно-информационных систем.....	14
1.2. Состав системы.....	16
1.3. Типы НИС.....	22
1.4. Назначение НИС с учетом перспективы их развития.....	27
<b>2. Понятия об электронных картах.</b>	<b>33</b>
2.1. Основные определения.....	33
2.2. Геодезическая основа ЭК.....	35
2.2.1. Понятие о геодезической системе отсчета горизонтальных координат карты.....	37
2.2.2. Виды горизонтальных геодезических систем.....	41
2.2.3. Перевод данных карты из одного горизонтального датума в другой.....	42
2.2.4. Пути улучшения отсчета горизонтальных координат картографических объектов.....	44
2.2.5. Вертикальные геодезические датумы.....	46
2.2.6. Совершенствование отсчета вертикальных координат.....	49
2.3. Проекция морских навигационных электронных карт.....	52
2.3.1. Нормальная проекция Меркатора.....	52
2.3.2. Поперечная меркаторская проекция.....	56
2.4. Форматы данных электронных карт.....	57
2.5. Разграфка ЭК.....	62
2.6. Классификация электронных карт.....	66
2.7. Характеристика векторных карт.....	69
2.7.1. Состав данных векторных ЭК.....	69
2.7.2. Синтез векторных карт и технологии их производства.....	71
2.7.3. Официальные векторные карты.....	73
2.7.4. Другие виды векторных карт.....	77
2.7.5. Корректурa карт ЭКДИС.....	78
2.8. Особенности растровых электронных карт.....	82
2.8.1. Основные сведения о растровых картах.....	82
2.8.2. Официальные растровые карты для ЭКДИС.....	84
2.8.3. Принцип корректуры растровых карт.....	86
2.8.4. Достоинства и ограничения растровых карт.....	88
2.9. Электронные каталоги карт и книг.....	89
2.10. Распространение ЭК и корректур к ним.....	94
<b>3. Информационное обеспечение НИС.</b>	<b>99</b>

3.1. Состав данных НИС и методы их хранения .....	99
3.2. Основные виды информации НИС.....	102
3.3. Статические базы данных.....	108
3.4. Динамические базы данных.....	112
3.5. Базы знаний.....	114
3.6. Защита информации.....	115
<b>4. Датчики навигационной информации.</b>	<b>116</b>
4.1. Характеристики навигационных измерительных устройств.....	116
4.2. Позиционные датчики.....	118
4.2.1. Требования к позиционным системам.....	118
4.2.2. Среднеорбитальные спутниковые системы GPS и ГЛОНАСС.....	121
4.2.3. Перспектива спутниковых систем навигации.....	127
4.3. Электронные магнитные компасы.....	128
4.3.1. Общие сведения о магнитных компасах.....	129
4.3.2. Магнетометры.....	131
4.3.3. Состав электронного магнитного компаса.....	137
4.3.4. Характеристики электронных МК.....	139
4.4. Фиброоптические гирокомпасы.....	141
4.4.1. Виды ГК и предъявляемые к ним требования.....	141
4.4.2. Общие сведения о фиброоптических ГК.....	143
4.4.3. Принцип работы фиброгирометров.....	145
4.4.4. Характеристики фиброоптических гирокомпасов.....	147
4.5. Спутниковые компасы.....	149
4.6. Измерители скорости и проходимого расстояния.....	153
4.7. Указатели скорости поворота судна, акселерометры, датчики параметров качки.....	156
4.7.1. Датчики скорости поворота судна.....	156
4.7.2. Акселерометры.....	161
4.7.3. Датчики параметров качки.....	164
4.8. Автоматические идентификационные системы.....	164
4.8.1. Общие сведения.....	164
4.8.2. Бортовая аппаратура АИС.....	165
4.8.3. Информация, предоставляемая АИС.....	168
4.8.4. Преимущества АИС перед РЛС и САРП.....	171
4.9. Радиолокационные средства.....	172
<b>5. Средства общения НИС с оператором.</b>	<b>180</b>
5.1. Пользовательский интерфейс.....	180
5.2. Требования к отображению картографических данных.....	185
5.3. Виды и методы представления картографической информации.....	187
5.3.1. Виды отображения данных карт.....	188
5.3.2. Обеспечение наглядности карт.....	190
5.4. Отображение навигационных элементов.....	194

5.5. Пути улучшения отображения информации.....	196
5.6. Предложения по гармонизации отображения навигационных данных.....	212
<b>6. Требования ИМО к ЭКДИС.</b>	<b>216</b>
6.1. Назначение ЭКДИС.....	216
6.2. Данные ЭК и их структура.....	216
6.3. Ориентация изображения, режим движения, дополнительная информация.....	218
6.4. Цвета и символы. Требования к дисплею.....	219
6.5. Предварительная прокладка.....	220
6.6. Исполнительная прокладка.....	220
6.7. Регистрация данных. Сигнализация и индикация.....	221
6.8. Точность. Сопряжение с другой аппаратурой.....	223
6.9. Режим РКДС.....	223
<b>7. Прикладное программное обеспечение НИС.</b>	<b>226</b>
7.1. Управление изображением карт.....	226
7.2. Планирование пути.....	229
7.3. Счисление, обсервации, прокладка пути.....	231
7.4. Мониторинг прохождения маршрута.....	233
7.5. Контроль навигационной безопасности.....	234
7.6. Использование радиолокационной информации.....	236
7.7. Работа с АИС.....	238
7.8. Регистрация информации.....	240
7.9. Предоставление справок.....	241
7.10. Решение дополнительных задач.....	241
7.11. Обновление данных и обмен ими.....	243
7.12. Управление движением судна.....	244
7.13. Другие функции.....	244
7.14. Учет погодных условий.....	246
<b>8. Достоинства и недостатки НИС.</b>	<b>251</b>
8.1. Достоинства навигационно-информационных систем.....	251
8.2. Понятие об источниках погрешностей НИС.....	254
8.3. Недостатки цифрования карт и средств отображения.....	254
8.4. Качество картографических данных.....	256
8.5. Погрешности, обусловленные ошибками датчиков информации.....	260
8.6. Влияние отличия координатных систем.....	261
8.7. Погрешности интерпретации данных. Риск передоверия..	262
<b>9. НИС речных судов.</b>	<b>265</b>
9.1. Общие сведения.....	265
9.2. Характеристика речных ЭКДИС.....	270
9.3. Требования, предъявляемые к ИЭКДИС.....	274

9.4. Принцип совмещения радиолокационного изображения с картой.....	278
<b>Список литературы</b> .....	<b>280</b>
<b>Приложение 1.</b> Сведения о горизонтальных датумах.....	283
<b>Приложение 2.</b> Список горизонтальных датумов карт Британского адмиралтейства.....	289
<b>Приложение 3.</b> Стандартные термины и сокращения.....	290
<b>Приложение 4.</b> Стандартные символы объектов.....	295