

Вагущенко Л.Л.

**ИНТЕГРИРОВАННЫЕ
СИСТЕМЫ ХОДОВОГО
МОСТИКА**

Одесса 2003

Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика. – Одесса: Латстар, 2003. – 169 с.

УДК 656.61.052

Рассматриваются принципы построения и состав судовых интегрированных систем ходового мостика. Освещается место этих систем в общей комплексной системе управления судном. Характеризуются требования, предъявляемые к интегрированным системам ходового мостика. Приводятся сведения об их составных частях.

Предназначена для учащихся судоводительской специальности морских академий. Может быть полезной для штурманского персонала морских транспортных, рыбопромысловых и научно-исследовательских судов.

Ил. 31, табл. 7, библиогр. 34 назв.

Рецензенты:

М.С.Алексейчук, к.т.н., доцент;

В.А.Синяев, к.ф-м.н., доцент.

Книга одобрена Ученым советом Одесской национальной морской академии (протокол №7 от 27 марта 2003 г.).

ISBN

© – Л.Л.Вагущенко, 2003.

Охраняется законодательством о печати.

ВВЕДЕНИЕ.

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

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

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

Применение микропроцессорной техники для целей судовождения позволило:

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

Важным направлением стала и **оптическая электроника**, достижения которой все шире используются на судах. Здесь можно назвать бортовые

системы ночного видения, лазерные локаторы, построенные с помощью волоконно-оптических каналов интегрированные системы управления судовыми технологическими процессами и др.

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

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

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

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

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

Формальная логика - это наука, позволяющая анализировать рассуждения, отвлекаясь от их содержания, обращая внимание лишь на форму, выделяя их структуру. Начало ей положил Аристотель. Основы этой науки, в ее современном понимании, были созданы в начале XX века. Особое значение в формировании этих основ имели работы английского ученого Бертрана Рассела.

Формальная логика ещё называется символической (или математической), а отдельные её разделы – исчислениями. Она позволяет описывать отношения между величинами, их совокупностями, умозаключениями и высказываниями. Здесь под **высказыванием** понимается предложение, которое *истинно* либо *ложно*. Такая возможность имеет большое значение при создании функций поиска, упорядочивания и обработки самой разнообразной информации. Математическая логика широко используется для описания различных технологических процессов,

организационных и управляющих систем, а также при анализе и моделировании мыслительной деятельности человека.

Нечеткая логика представляет собой научное направление, соединившее воедино принципы логики с теорией вероятностей. Это направление было предложено профессором Калифорнийского университета Лофти Заде в 1965 году. Им же в 1973 г. дано название этого вида науки - *нечеткая логика*.

В нечеткой логике, в отличие от обычной формальной, высказывания не бывают лишь *истинными* либо *ложными*. Здесь оперируют с такими неточными, размытыми количественными понятиями как, "большинство", "много", "мало", "редко", "почти нуль", "около 500", и т.д. Нечеткая логика строится на основе простых правил. Она дает возможность учитывать различные неопределенности, которые имеют место в сложных системах управления.

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

Выполнение программы в ПЛК построено по «принципу реакции» в реальном времени на входные события. Т.е. программа непрерывно работает по замкнутому циклу, выдавая «наружу» определенные сигналы в моменты наступления предусмотренных входных событий. Это могут быть моменты выполнения каких-то условий, либо моменты, определяемые таймером, либо моменты активации оператором той или иной клавиши и т.д.

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

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

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

В настоящее время в автоматизации различного рода установок наблюдается сдвиг от применения специализированных ПЛК, созданных на

основе оригинальных аппаратных средств, в сторону универсальных контроллеров на базе персональных компьютеров. Главные разработчики систем управления уже перешли к использованию ПЛК, построенных в промышленном исполнении на базе персональных компьютеров.

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

В системе кондиционального управления для возможных видов ситуаций может быть составлен перечень операций (таблица решений), которые должна выполнить система при наступлении той или иной ситуации. Такая система непрерывно тестирует условия своей деятельности с целью распознавания ситуаций, в которых она функционирует. При возникновении ситуации конкретного вида система выдает предусмотренную для нее последовательность управляющих действий.

К ситуационным судовым задачам относятся: маневрирование главным двигателем, управление режимами технических средств и вентиляцией грузовых помещений, восстановление работоспособности аппаратуры и ряд других. На современных судах многие из этих задач выполняются с помощью программируемых логических контроллеров.

Внедрению на судах аппаратуры, основанной на последних достижениях электроники и информатики, способствует проводимая ИМО политика. Здесь можно назвать:

- изменения, внесенные в СОЛАС-74 в части оснащения судов новой техникой;
- требования к интерфейсу навигационных приборов, обуславливающие построение всей навигационной аппаратуры на единой дискретной основе;
- требования к интеграции систем ходового мостика;
- требования ко всем бортовым средствам автоматизации иметь встроенную систему контроля работоспособности;
- и другие меры.

На современных морских судах от отдельных устройств и простых систем автоматизации перешли к использованию интегрированных систем, в комплексе решающих задачи управления судовыми техническими средствами. Одной из таких судовых систем является электронный комплекс для решения задач: навигации, предупреждения столкновений, управления движением, обеспечения безопасности, радиосвязи, контроля технических средств и ряда других. Такие электронные комплексы получили название - **интегрированные системы ходового мостика**. Сокращенно они обозначаются – *ИСМ*. В документах ИМО и в англоязычной литературе эти системы именуются - *Integrated bridge system (IBS)*.

Интегрированная система ходового мостика совместно с судоводителем образует эргатическую (человеко-машинную) систему управления движением судна и обеспечения его безопасности.

Касаясь выполняемых *ИСМ* задач, необходимо отметить следующее. На современном этапе главная роль *ИСМ* состоит в **информационной поддержке решений судоводителя** – в обеспечении его своевременными, достаточными и легко интерпретируемыми данными, необходимыми для принятия решений.

Кроме этого, *ИСМ* предоставляет штурманскому составу возможность непосредственного управления силовыми средствами, включая главную движительную установку. Она также автоматически решает несложные задачи управления. К ним относятся: стабилизация курса судна, удержание центра массы судна на отрезке маршрута, выполнение изменения курса на заданный угол, проводка судна по заданному маршруту и ряд других.

В предлагаемой читателю книге рассматривается структура *ИСМ*, характеризуются ее составные части, освещаются средства для решения локальных задач. Эта книга представляет собой учебное пособие для курсантов морских академий по дисциплине “**Автоматизированные комплексы судовождения**”. Основное внимание в ней уделено вопросам, не нашедшим широкого освещения в специальной литературе для этой категории читателей. Сведения, хорошо представленные в учебниках и учебных пособиях, приводятся в сокращенном виде.

В первой главе книги кратко изложены общие понятия, касающиеся интегрированных систем ходового мостика.

В главе 2 рассматривается состав *ИСМ*, предъявляемые к этим системам требования. Характеризуется место *ИСМ* в общей системе управления судном.

В остальных главах даны характеристики систем, входящих в состав *ИСМ*.

Третья глава содержит сведения о новых навигационных датчиках информации, которые нашли применение на судах.

В четвертой главе приведены данные о центральном модуле *ИСМ* – навигационно-информационной системе с электронными картами.

В главе 5 освещаются требования и особенности системы, используемой при решении задач предупреждения столкновений судов.

Шестая глава содержит сведения о станции управления движением судна, входящей в состав *ИСМ*.

Глава 7 посвящена электронной системе, предназначенной для контроля и оптимизации мореходности судна. Эта глава написана А.Л.Вагущенко.

В восьмой главе рассматриваются назначение, информационные ресурсы и типовые функции системы планирования и оптимизации пути.

В главе 9 дана характеристика регистратора данных рейса, предназначенного для записи и хранения информации о процессе судовождения в целях оказания помощи в расследовании аварий.

В десятой главе освещена централизованная система мониторинга и сигнализации, осуществляющая оперативный контроль состояния судна и его технических средств.

Одиннадцатая глава содержит общую информацию о судовой интегрированной системе радиосвязи.

При написании книги использованы источники, приведенные в списке литературы, сведения из технической документации современных бортовых систем судовождения, а также материалы, найденные в Интернете на сайтах производителей морской аппаратуры.

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

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ.

АИС – автоматическая идентификационная система;
АР – авторулевой;
БД – база данных;
БЗ – база знаний;
ГДУ – главная движительная установка;
ГК – гироскоп;
ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система;
ДП – диаметральной плоскости;
ЖК – жидкокристаллические;
ИИЭР – Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике;
ИМО – Международная морская организация;
ИС – интегрированная система;
ИСМ – интегрированная система ходового мостика;
ИСС – интегрированная система судна;
ИСУ – интегрированная система управления;
КВ – короткие радиоволны;
МАМС – Международная ассоциация маячных служб;
МГО – Международная гидрографическая организация;
МИО – морской информационный объект;
МППСС – международные правила предупреждения столкновения судов;
МЭК – Международная электротехническая комиссия;
НАВТЕКС – навигационный телекс;
НИС – навигационно-информационная система;
НКД – неподвижный круг дальности;
ПВ – промежуточные радиоволны;
ПИ – приемоиндикатор;
ПК – персональный компьютер;
ПКД – подвижный круг дальности;
РГВ – расширенный групповой вызов;
РДР – регистратор данных рейса;
РЛС – радиолокационная станция;
САВТ – система автоматического вождения судна по заданной траектории;
САРП – средства автоматической радиолокационной прокладки;
САС – средства автосопровождения;
СМН – система мониторинга нагрузок на корпусе;
СМПВ – система мониторинга параметров волнения;
СМТ – средства микропроцессорной техники;
СНВ – система ночного видения;
СНС – спутниковая навигационная система;
СОК – система обеспечения качества;
СОМ – система оценки мореходности;
СПЗ – система приема звуковых сигналов;
СПП – система планирования пути;
СППР – система поддержки принятия решений;

СПС – система предупреждения столкновений;
СУ – система управления;
СУД – станция управления движением;
СУДС – береговая система управления движением судов;
СЭП – средства электронной прокладки;
ТС – технические средства;
УКВ – ультракороткие волны;
ЦИВ – цифровой избирательный вызов;
ЦСМ – централизованная система мониторинга и сигнализации;
ЭДЦ – элементы движения цели;
ЭК – электронные карты.

GMDSS - Global Maritime Distress and Safety System;
GNSS – Global Navigation Satellite System;
GPS – Global Position System;
ECDIS - Electronic Chart Display and Information System;
ECS - Electronic Chart System;
ENC - Electronic navigation chart;
LAN - Local area net;
OMBO - One man bridge operations;
RCDS - Raster Chart Display System;
SAR – Search and rescue.

1. Основные понятия и определения.

Используемые на современных судах электронные комплексы судовождения представляют собой интегрированные информационно-управляющие системы. Чтобы облегчить восприятие приведенного в книге материала об этих комплексах, ниже рассматриваются общие понятия и определения, касающиеся информационно-управляющих систем.

1.1. Понятие системы.

Основные определения. Под **системой** в общем случае понимается совокупность частей, совместно выполняющих определенную задачу, и обладающую свойствами, которых нет у частей системы в отдельности. Главное, что определяет систему - это взаимосвязь и взаимодействие частей (компонентов, элементов множества) в рамках целого, а также наличие характерных свойств, присущих только системе и отсутствующих у отдельных её компонентов.

Множество внешних элементов любой природы, оказывающих влияние на систему или находящихся под ее воздействием в условиях рассматриваемой задачи, называют **внешней средой** либо окружением системы.

Существуют системы различного вида: социальные, биологические, производственные, экономические и т.д. Ниже рассматриваются только представители технических электронных систем. Такие системы создаются человеком для решения конкретных задач, и их функционирование направлено на достижение определенных целей.

Автоматической называется система, в которой процессы получения, преобразования, передачи и использования энергии, вещества или информации выполняются без непосредственного участия человека.

Автоматизация систем может рассматриваться как задача алгоритмизации и программирования. **Алгоритм** представляет собой логическую схему решения задачи системы. Запись алгоритма на том или ином формализованном языке называется **программой**. Запрограммировав некоторые процессы, можно поручить их выполнение роботу, автомату или программной системе с целью улучшения надёжности выполнения этого процесса или повышения его эффективности.

Автоматизированными именуют системы, в которых одни функции выполняют технические средства, а другие возложены на человека. Такие

системы называются также *человеко-машинными* или *эргатическими системами*.

Обеспечение эффективности систем. Важным требованием ко всем системам является обеспечение их эффективности. Под **эффективностью (качеством) системы** понимается соответствие функционирования системы ее целям. Задача обеспечения продолжительного эффективного функционирования систем имеет три основные составляющие: *надежность, целостность, удобство эксплуатации и обслуживания*. Ее решение предполагает, в первую очередь, борьбу с нарушениями в работе системы: ошибками и неисправностями, порождаемыми отказами, сбоями и другими причинами.

Надежность – это способность системы работать без отказов. Улучшение надежности электронных систем основано на принципе предотвращения неисправностей путем:

- снижения интенсивности отказов и сбоев за счет применения электронных схем и компонентов с высокой и сверхвысокой степенью интеграции,
- уменьшения уровня помех,
- использования облегченных режимов работы схем,
- обеспечения благоприятных тепловых режимов работы,
- совершенствования аппаратуры системы и методов ее сборки.

Числовым показателем надежности является *среднее время наработки на отказ*.

Целостностью системы называют неизменность такого ее состояния, при котором значения всех эксплуатационных характеристик системы находятся в заданных пределах. Она заключается в сохранности всех присущих системе полезных свойств. Целостность обычно рассматривают, как *готовность системы* в полном объеме качественно выполнять свои функции в любой момент времени.

Повышение готовности предполагает своевременное обнаружение нарушений в ее работе, подавление, в определенных пределах, влияния ошибок, отказов и сбоев на функционирование системы. Это осуществляется с помощью средств контроля, диагностики, коррекции ошибок, устройств защиты, а также средств автоматического восстановления работоспособности после проявления неисправности, включая аппаратную и программную избыточность, на основе которой реализуются различные варианты отказоустойчивых архитектур. Повышение готовности – способ сокращения времени простоя системы.

Количественно целостность оценивается показателем, называемым *коэффициент готовности*. Этот коэффициент определяет вероятность пребывания системы в работоспособном состоянии в любой момент времени. Статистически коэффициент готовности системы определяется как *среднее время восстановления*, иначе говоря, среднее время между моментом неисправности и моментом возврата системы к полноценному

функционированию. Существуют и другие, частные количественные оценки целостности систем. Способность системы своевременно обнаруживать нарушения в своей работе может характеризоваться вероятностью предоставления оператору данных о своем неправильном функционировании в пределах определенного интервала времени.

Большое значение для обеспечения целостности систем (повышения готовности) имеет их контроле пригодность, способность обнаруживать ошибки в работе, приспособленность для диагностики, к восстановлению функций.

Удобство эксплуатации и обслуживания также существенно влияет на основные характеристики систем. Оно предотвращает неверные действия оператора при работе с системой, уменьшает вероятность неправильной интерпретации ее данных, облегчает и ускоряет принятие решений.

Понятие сложной системы. Среди систем различных видов выделяют *сложные системы*. **Сложная система** характеризуется большим числом элементов и, что наиболее важно, большим числом взаимосвязей между элементами. Специфика такой системы определяется разнообразностью взаимосвязей, множеством частных целей, иерархичностью, многоаспектностью и рядом других свойств.

1.2. Системы управления.

Понятие системы управления. Система, в которой осуществляется управление тем или другим объектом либо процессом, называется **системой управления (СУ)**.

Под **управлением** обычно понимается процесс, когда один объект обеспечивает требуемое поведение другого объекта с помощью целенаправленных воздействий (команд).

Объект, вырабатывающий целенаправленные воздействия, называется *управляющей* или **командной системой (КС)**. В технических системах этот объект именуют *устройством управления*.

Объект, которым управляют, называется **объектом управления (ОУ)**. Для него также используют термины - *управляемый объект, управляемая система, управляемый процесс*.

Обобщенно **система управления** представляется совокупностью *командной системы* и *объекта управления*, взаимодействующих при решении задачи управления.

Прикладываемые со стороны командной системы к *ОУ* целенаправленные силы называются *управляющими воздействиями*. В общем случае процесс выбора значений этих сил для обеспечения желаемого поведения *ОУ* называют **принятием решений** по управлению объектом.

Изменение состояния *ОУ* происходит под влиянием управляющих сил и возмущений среды. В совокупности эти воздействия называются *входными величинами СУ*. Параметры, характеризующие состояние системы, являются ее *выходными величинами*. Те из них, которые в процессе управления преднамеренно изменяются или сохраняются постоянными в соответствии с целью задачи, именуются *управляемыми величинами*.

Основные условия осуществимости управления. Для возможности решения системой задачи управления *ОУ* должен быть *управляемым и наблюдаемым*, а командная система - обладать *способностью управлять*.

Под **управляемостью** в общем случае понимается способность объекта управления выполнять должным образом команды *КС* за определенное конечное время.

Наблюдаемость – это возможность контроля состояния объекта управления (основное – его управляемых переменных) командной системой.

Способность управлять означает наличие у *КС* достаточных средств для выработки решений и проведения их в жизнь.

Этапы принятия решений при управлении. В теории управления принятия решений рассматривается как циклический процесс, каждый цикл которого включает реализацию следующих функций:

1. получение информации о состоянии *СУ* и внешней среды, прогноз и оценка удовлетворительности состояния системы;
2. формирование цели о некотором другом состоянии, в которое желательно перевести систему;
3. определение допустимых путей достижения системой поставленной цели;
4. выбор из множества допустимых решений наилучшего.
5. реализация принятого решения.

Рассмотренные первые три этапа называются *подготовкой решения*, а четвертый – *принятием решения*.

Виды структур СУ. Различают командную, функциональную и формальную структуры систем управления.

Представление *СУ* компонентами, выступающими в роли управляющих или управляемых подразделений, называется ее *командной организацией* или *командной структурой*.

Под *функциональной структурой* или *функциональной организацией* системы управления понимается схема функциональных устройств *СУ* и связей между ними.

Схема, отражающая формальный характер преобразования входных сигналов *СУ* в выходные, носит название *формальной (описательной, математической) структуры* системы управления.

1.3. Информационные системы.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Программное обеспечение информационной системы состоит из четырех основных частей:

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

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

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

Поэтому методы и виды получения, регистрации, упорядочивания, хранения, поиска, обработки, защиты сведений, приведения их на уровень современности, представления данных потребителям имеют в информационных системах первостепенное значение. Охарактеризуем лишь некоторые из способов оперирования с данными.

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

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

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

Методы поиска данных. Поиск нужных сведений в памяти информационных систем может осуществляться разными способами: по смысловому содержанию (по ключевому слову), по однозначно определяемому их признаку (наименованию или идентификатору), по совокупности таких признаков, по месту расположения сведений в памяти (по номеру страницы при страничной организации данных) и другими

способами. Любой эффективный поиск, требующий минимальных затрат труда и времени, основывается на систематизированной организации информации в памяти системы. Из упорядоченных структур данных можно назвать записи, списки, таблицы, массивы, файлы, различного вида базы данных и базы знаний.

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

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

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

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

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

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

1.4. Характеристики информационных систем.

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

Количество информации. Для хранения, передачи и восприятия информации существенное значение имеет ее объем. В информационных системах при передаче и хранении сведения обычно представляется в виде последовательности некоторых символов, чаще всего букв и цифр. Поэтому объем информации принято определять количеством символов, в байтах.

Байт обычно состоит из восьми двоичных разрядов, что позволяет записать в закодированной форме 256 различных символов.

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

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

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

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

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

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

Точность информации – степень соответствия значений тех или иных параметров (или совокупности параметров) их истинным значениям. Количественно точность характеризуется с помощью различных оценок: абсолютной, относительной, среднеквадратической погрешностью и другими показателями.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.5. Информационные ресурсы систем.

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

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

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

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

Элементы знаний включают понятия, события, свойства.

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

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

Свойства – качественные и количественные характеристики событий.

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

Отношения также делят на алгоритмические и неалгоритмические.

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

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

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

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

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

СУБД обеспечивает:

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

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

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

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

Условно в составе знаний выделяют:

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

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

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

Существуют разнообразные способы представления информации в базах знаний, предназначенных для формирования решений: *декларативное, процедуральное*, в форме *семантических сетей*, в виде *фреймов*. Все эти

формы направлены на обеспечение возможности получения быстрого, правильного решения поставленных задач в предметной области, знания о которой помещены в БЗ.

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

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

1.6. Системы информационной поддержки принятия решений

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

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

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

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

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

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

Пятый этап – реализация решения.

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

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

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

СППР может рассматриваться как комплекс средств, автоматизирующих информационные процессы подготовки решений при управлении и оказывающих помощь руководителю в ходе выполнения поставленной задачи. Эта система предназначена обеспечить возможность учета всей требуемой при управлении информации, сократить до минимума время ее обработки, представить в концентрированном виде данные, необходимые для принятия решений, а также в ряде случаев подготовить варианты допустимых решений и рекомендовать из них наилучший (по заложенному критерию).

1.7. Информационные сети.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Информационный канал, по которому объекты сети обмениваются данными, состоит из собственно канала и блоков доступа к нему

(интерфейсных устройств), обеспечивающих подключение отдельных систем к сети. Под **интерфейсом** обычно понимаются средства, обеспечивающие взаимодействие объектов. Задачей интерфейса является определение и реализация параметров, процедур и характеристик «общения» любых партнеров. Ими могут быть функциональные блоки, устройства, программы, системы, сети и т.д.

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

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

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

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

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

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

Документы, определяющие правила и процедуры подключения систем к сети, называются **протоколами**. Такие протоколы вырабатываются и

утверждаются ИИЭР, а также Международной электротехнической комиссией – МЭК (IEC - International Electrotechnical Commission).

1.8. Интегрированные системы.

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

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

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

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

Интегрированные системы именуют также *комплексными системами*.

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

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

Пожалуй, самым важным требованием к интегрированным системам является обеспечение их открытости. Она состоит в том, что должна быть возможность подключения к системе дополнительного оборудования и организации его работы в составе *ИС*. Это требование определяет

способность *ИС* к расширению функций, к модернизации, к дальнейшей автоматизации процессов в той или в другой предметной области.

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

Единая дискретная основа означает, что все отдельные части *ИС* должны управляться микропроцессорной техникой, преобразовывать данные и выдавать их в цифровой форме. Такое построение аппаратуры позволяет более просто и надежно организовывать информационное взаимодействие между частями системы, а также между системой и другим оборудованием.

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

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

Различают конструктивную, информационную и энергетическую совместимость аппаратуры.

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

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

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

Касаясь интегрированных систем ходового мостика, необходимо отметить следующее.

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

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

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

идентификационной системы должна соответствовать требованиям Международного телекоммуникационного союза (ITU - International Telecommunication Union).

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

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

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

Условия стандарта на интерфейс включают:

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

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

Применение эффективных методов интеграции систем.

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

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

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

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

1.9. Обеспечение качественного функционирования ИС.

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

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

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

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

В результате внедрения *СОК* в состав *ИСУ* образуется иерархическая система, где на верхнем уровне находится *СОК*, а на нижнем – *ИСУ* в роли объекта управления качеством. **Управляемыми величинами** в *СОК* является совокупность показателей, характеризующих эффективность рассматриваемой *ИСУ*, а управляющими воздействиями – меры, которые принимаются для обеспечения требуемых их значений. Следует отметить, что обеспечение качества *ИСУ* невозможно без знания показателей управляемого ей процесса и текущей информации об их значениях.

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

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

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

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

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

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

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

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

В результате оценки этой информации *СОК* должна обнаруживать отклонения свойств системы управления от требуемых и выявить причины

их изменения. На основании полученных результатов система обеспечения качества должна сформировать решение о мерах, т.е. о воздействии на ИСУ, для устранения причин, повлекших изменение свойств комплекса управления, с целью достижения высокой эффективности его функционирования.

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

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

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

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

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

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

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

Диагностика – это анализ признаков с целью:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Подсистемы *СОК*. В интегрированных информационно-управляющих системах контролю должны подлежать технические характеристики

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

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

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

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

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

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

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

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

При эксплуатации информационной системы либо сети диагностика осуществляется всякий раз, как только обнаружится ошибка. Диагностическая программа исследует причину возникновения ошибки и предоставляет данные для последующего анализа. Ошибки могут возникать при запоминании данных, их обработке и передаче. Для обнаружения ошибок в данные вводится определенная избыточность, позволяющая осуществлять необходимую диагностику. В особо важных случаях процесс обработки информации дублируется.

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

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

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

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

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

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

2. Интегрированные системы ходового мостика

2.1. Состав интегрированных систем ходового мостика.

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

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

Интеграция систем ходового мостика позволяет:

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

Основными в функционировании *ИСМ* являются параметры, характеристики и содержание внешних и внутренних информационных взаимодействий. Это определяет и построение *ИСМ* как информационной сети, в которой взаимодействие между частями производится в соответствии со специальным протоколом.

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

- Систему навигационных датчиков (Navigation Sensors);
- Навигационно-информационную систему – **НИС** (Navigation and Information System);
- Систему для предупреждения столкновений – **СПС** (Collision Assessment and Avoidance System);

- Систему оценки и оптимизации мореходности – **СОМ** (Vessel Seaworthiness Assessment and Optimization System);
- Систему планирования и оптимизации пути – **СПП** (Voyage Planning and Route Optimization System);
- Станцию управления движением судна – **СУД** (Maneuvering Control Station);
- Централизованную систему мониторинга и сигнализации – **ЦСМ** (Centralized Monitoring and Alarm System);
- Интегрированную систему радиосвязи – **ИСР** (Integrated Radio Communication System – **ИРС**);
- Регистратор данных рейса – **РДР** (Voyage Data Recorder – **ВДР**);
- Консоль управления движением с крыла мостика (Bridge Wing Console).

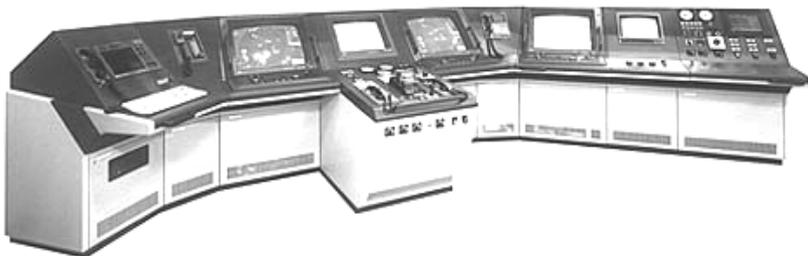


Рис. 2.1. Интегрированная система ходового мостика.

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

ИСМ могут поставляться в разных конфигурациях.

Современные **ИСМ** отвечают требованиям к управлению судном одним человеком (One man bridge operations - **ОМВО**). У них один пульт управления с двумя рабочими местами (рис.2.1).

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

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

условиях. Так как при LC-технологии каждый пиксель управляется отдельным транзистором, четкость получаемого на жидкокристаллическом дисплее изображения выше в сравнении с ЭЛТ-монитором. В отличие от ЭЛТ-дисплеев, у жидкокристаллической панели не может быть ни несведения лучей, ни расфокусировки.

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



Рис. 2.2. ИСМ, использующая плоскоэкранный технологию.

Именно по этой причине в аппаратуре ИСМ переходят с традиционных ЭЛТ-мониторов на жидкокристаллические. В качестве примера ИСМ, в которой использованы ЖК-мониторы, можно привести систему “MANTA” фирмы «Kelvin Hughes», общий вид которой приведен на рис. 2.2.

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

2.2. Требования к ИСМ.

Интегрированная система ходового мостика должна рассматриваться как средство помощи капитану и штурманскому составу в решении задач судовождения. Она не освобождает судоводительский персонал от необходимости принятия решений по управлению судном, обеспечению его безопасности, чистоты окружающей среды, а также от ответственности за эти решения. Судоводители должны уметь эффективно использовать ИСМ, знать ограничения и недостатки этих средств, использовать малейшую возможность для контроля их работы и правильности получаемой от них информации.

Требования ИМО. Эксплуатационные требования к интегрированным системам ходового мостика устанавливаются ИМО и национальными

классификационными обществами. Касаясь стандартов ИМО, необходимо отметить следующее.

Общие требования к электронным навигационным средствам определены Резолюцией ИМО А.694(17) – Recommendation on General Requirements for Shipborn Radio Equipment Forming Part of the Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) and for Electronic Navigational Aids. – 1991. Содержание этого документа включает общие замечания по дизайну пультов, размерам и количеству органов управления, требования к настройке, к освещению, к шумности, к излучению, к работоспособности при различных погодных условиях и при изменении параметров электропитания, и т.д. В полной мере эти требования относятся и к интегрированным системам ходового мостика.

Специальные требования к *ИСМ* изложены в Приложении 1 резолюции ИМО MSC.64(67) – **Рекомендации по эксплуатационным требованиям к интегрированным системам ходового мостика**. Эта резолюция была принята 5 декабря 1996 года.

Анализируя рекомендации ИМО в отношении интегрированных систем ходового мостика, можно выделить требования:

- к объединяемому оборудованию;
- к интеграции;
- к взаимодействию;
- к контролю работы;
- к электропитанию;
- к функционированию после перерывов в электропитании.

Требования к объединяемому оборудованию. Компоненты *ИСМ* должны удовлетворять условиям, которые освещены ниже.

Необходимо, чтобы каждая часть *ИСМ* соответствовала общим требованиям к электронным навигационным средствам (резолюция А.694(17)) и стандартам технических испытаний (публикация МЭК 60945). Здесь под «частью» *ИСМ* подразумевается индивидуальный блок, оборудование или подсистема.

Составные части *ИСМ* обязаны отвечать требованиям к каждой индивидуальной функции, которую они отслеживают, выполняют или которой они управляют.

Отказ одной части *ИСМ* не должен затрагивать функциональность других ее компонентов, за исключением тех функций, которые прямым образом зависят от информации, поступающей от неисправной части.

Требуется, чтобы каждая подлежащая интеграции часть *ИСМ* обеспечивала подробности ее эксплуатационного состояния, латентности и действительность важнейшей информации.

Применяемые датчики информации должны быть совместимы с другим оборудованием *ИСМ* и удовлетворять международным требованиями к морским интерфейсам (протокол МЭК 61162). Они

также обязаны информировать о своем эксплуатационном состоянии, латентности и действительности важнейших данных.

Требования к интеграции. При объединении систем в *ИСМ* необходимо учитывать следующие положения.

ИСМ предназначена обеспечивать работу систем, решающих две или более из следующих задач:

- выполнение перехода;
- связь;
- управление механизмами;
- погрузка, выгрузка и управление грузовыми операциями;
- безопасность и охрана.

Работа *ИСМ* должна быть такой же эффективной, как и отдельных ее компонентов.

В *ИСМ* следует иметь возможность отображения полной и используемой конфигурации системы.

ИСМ должна позволять оперировать данными и информационными ресурсами каждой ее части.

В интегрированной системе необходимо дублировать средства для выполнения важных функций, а также обеспечивать альтернативные источники важнейшей информации. *ИСМ* обязана указывать на потерю любого информационного датчика.

Сведения, поступающие от источника (информация измерительного устройства, результаты расчета средств обработки или вводимые вручную данные), должны отображаться в *ИСМ* непрерывно или по требованию.

Если в *ИСМ* используются средства отображения неисправностей и устройства управления функциями, необходимыми для безопасной эксплуатации судна, то это оборудование должно дублироваться и быть взаимозаменяемым.

Требования к взаимодействию включают стандарты обмена данными и необходимость учета человеческого фактора.

К обмену данными предъявляются такие требования.

Необходимо, чтобы обмен данными отвечал безопасной эксплуатации судна.

Интерфейс *ИСМ* должен соответствовать международным требованиям к взаимодействию морского оборудования (протокол МЭК 61162).

Следует обеспечивать целостность потока данных в информационной сети *ИСМ*.

Отказ в проводимости информации не должен затрагивать функциональность системы.

Человеческий фактор. С целью обеспечения эффективного взаимодействия с оператором, необходимо следующее.

Требуется, чтобы *ИСМ* могла эксплуатироваться персоналом, обладающим соответствующими дипломами.

ИСМ следует проектировать единообразно для всех функций, чтобы работа с ней была легко понятной.

Если используются устройства отображения неисправностей, то они должны быть цветными, непрерывно отображать информацию и функциональные области. Различные меню следует представлять единообразно.

Требуется, чтобы *ИСМ* запрашивала подтверждение оператора для действий, которые могут вызвать внеплановые результаты.

Непрерывно отображаемую информацию в *ИСМ* нужно сводить к минимуму, необходимому для безопасной эксплуатации судна. Дополнительную информацию следует иметь под рукой и представлять по требованию;

Всегда должно быть ясно, откуда может активироваться исполнение важнейших функций.

Требование к контролю работы. Необходимо обеспечивать эффективный контроль работы *ИСМ*.

Управление аварийно-предупредительной сигнализацией в *ИСМ*, как минимум, должно отвечать требованиям резолюции ИМО А.830(19) - Кодекс по аварийно-предупредительной сигнализации и индикаторам.

Управление аварийно-предупредительной сигнализацией требуется обеспечить по приоритету и функциональным группам.

Количество типов аварийно-предупредительной сигнализации и фактов ее срабатывания следует иметь как можно меньшим. С этой целью для информации меньшей важности рекомендуется применять индикацию.

Сообщения аварийно-предупредительной сигнализации должны быть такими, чтобы вызвавшая ее причина и функциональные результирующие ограничения могли быть легко понятными. Следует обеспечивать ясность и доходчивость указаний и рекомендаций.

Требования к электропитанию. Требования ИМО к энергоснабжению отдельных частей интегрированной системы должны оставаться в действии при работе этих частей в составе *ИСМ*.

Электропитание *ИСМ* необходимо производить:

- от основного и аварийного источников с обеспечением, при необходимости, автоматического переключения через местный распределительный щит (возможность непреднамеренного вывода из работы должна быть исключена);

- от переходного источника электроэнергии в течение не менее 1 мин;
- где требуется, части *ИСМ* должны получать энергию от резервного источника.

Требования к функционированию после перерывов в электроснабжении. При включении после нормального вывода из работы *ИСМ* должна придти в начальное состояние без вмешательства оператора.

Необходимо, чтобы после перерывов в электропитании полная функциональность *ИСМ* обеспечивалась сразу же после восстановления функций ее компонентов. При подаче энергии *ИСМ* не должна увеличивать время прихода в готовность функций индивидуальных подсистем.

После возобновления прерванного по той или иной причине электропитания *ИСМ* должна поддерживать используемую конфигурацию и продолжать автоматическую работу, насколько это практически возможно.

Автоматические функции, связанные с безопасностью, после перерывов в энергоснабжении необходимо восстанавливать только после подтверждения оператором.

Требования к навигационному комплексу ОМВО–судов.

Следует отметить, что изготавливаемые разными фирмами *ИСМ* отвечают также требованиям к управлению судном одним человеком. Они имеют один пульт управления с двумя рабочими местами и аппаратуру, определяемую требованиями классификационных обществ к ОМВО-судам.

Обобщенный перечень обязательных навигационных приборов и систем, которые должны быть на мостике судна класса ОМВО-ship, выглядит таким образом: радиолокатор, САРП, измеритель угловой скорости, гирокомпас, магнитный компас, лаг, эхолот, электронная система навигации (приемоиндикаторы РНС и СНС), авторулевой, автоматический приемник NAVTEX, автопрокладчик, система электронных карт, автоматическая система управления движением на траектории.

Некоторые из требований к автоматизированному комплексу судовождения ОМВО-судов охарактеризованы ниже.

Пульт управления *ИСМ* должен иметь два рабочих места, одно для вахтенного штурмана, второе - для капитана или подвахтенного помощника. Требуется, чтобы конструкция мостика и его оборудование позволяли одному вахтенному штурману обеспечивать управления судном и соблюдение навигационной безопасности плавания в открытом море и в прибрежных водах. В стесненных водах и в районах лоцманской проводки *ИСМ* должна предоставлять

возможность обеспечения безопасного плавания при взаимодействии двух судоводителей.

На крыльях мостика требуется иметь бортовые пульта управления (посты швартовки), обеспечивающие управление главным двигателем, рулем и подруливающими устройствами. Посты швартовки должны быть оборудованы средствами внутренней и внешней связи, а также иметь органы управления устройствами подачи звуковых сигналов.

ИСМ должна непрерывно следить за безопасностью движения судна, контролировать работу устройств управления и датчиков информации. Она обязана подавать тревожные сигналы в следующих ситуациях:

- При отклонении судна от заданного курса и/или траектории на величину, большую установленной;
- При приближении к точке поворота;
- При выполнении поворота, когда угловая скорость превысит допустимую величину;
- При возможности посадки на грунт, прежде чем глубина моря, измеренная эхолотом, станет недостаточной для плавания по заданному курсу;
- При опасности столкновения с другими судами или объектами.

Штурманскому составу должна быть предоставлена возможность установки времени (в пределах от 6 до 30 мин) срабатывания предупредительной сигнализации до возможной посадки на мель, или до момента столкновения.

Если в течение одной минуты принятие любого из тревожно-предупредительных сигналов не будет подтверждено вахтенным штурманом, то этот сигнал должен ретранслироваться подвахтенному помощнику и капитану. Они в этом случае обязаны в минимально-возможный срок подняться на мостик.

На ходовом мостике следует иметь двухстороннюю телефонную связь с другими постами управления и со всеми жилыми помещениями штурманского персонала. Эта система связи должна быть независимой от основного источника электроэнергии на судне. Система внешней связи должна удовлетворять требованиям GMDSS.

2.3. Интегрированная система судна и место в ней ИСМ.

Морское судно является подвижным плавучим объектом, предназначенным для выполнения определенной целевой функции (перевозки грузов, пассажиров, лова рыбы, прокладки различного вида

кабелей, выполнения гидрографических работ и т.д.). Оно оснащено оборудованием для:

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

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

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

Интегрированная микропроцессорная система, управляющая судовыми процессами (судовождением, выработкой энергии, и т.д.) с целью обеспечения безопасности и выполнения задачи функционирования судна, ниже называется **интегрированной системой судна (ИСС)**. Ее объект управления включает в себя корпус судна и совокупность всех судовых технических средств.

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

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

полученные интегрированные системы объединялись в проблемно-ориентированные управляющие системы более высокого уровня.

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

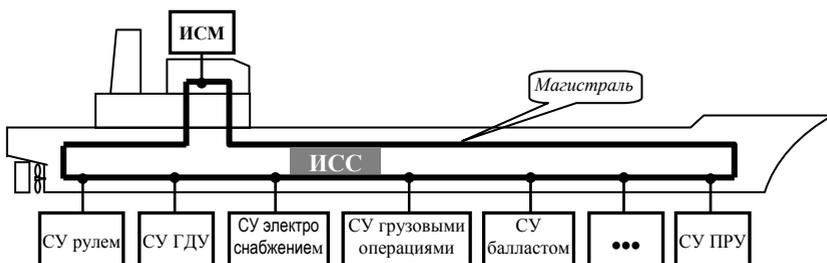


Рис. 2.3. Схема интегрированной системы судна.

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

Типовая интегрированная система судна (рис. 2.3) включает в себя:

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

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

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

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

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

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

3. Датчики навигационной информации.

3.1. Конвенционные навигационные приборы и системы.

На судне имеется большое количество измерительных устройств, данные которых используются при управлении различными процессами. Среди этих датчиков информации можно назвать навигационные и метеорологические приборы, датчики параметров качки, измерители рабочих параметров главного двигателя, рулевого устройства, а также датчики рабочих параметров других устройств, систем и механизмов.

Навигационные датчики служат для получения информации, необходимой при проводке судна из порта отхода в порт назначения.

Перечень навигационных приборов и систем, которые должны быть на судах, определяется конвенцией СОЛАС, V глава, правило 19. В 1999 году эта глава была существенно переработана с учетом опыта мореплавания и результатов научно-технического прогресса. Новое содержание главы было утверждено на 73 сессии Комитета по безопасности на море ИМО и вошло в действие 1 июля 2002 г.

В переработанном правиле 19 перечень обязательных навигационных приборов расширен. В совокупности они должны полностью удовлетворить требованиям к навигационному обеспечению судоходства, разработанным ИМО и изложенным в ее резолюциях А.529(13), А.815(19), А.860(20). Отметим изменения, касающиеся навигационных приборов, внесенные в главу 5 конвенции СОЛАС.

Безусловным становится требование оснащения всех судов независимо от размера **приемниками глобальной навигационной спутниковой системы** – СНС (GPS, ГЛОНАСС, GNSS) или другой РНС, которая действует в районе их плавания. Эта аппаратура должна *автоматически определять текущее место судна и непрерывно отображать его координаты.*

Все совершающие международные рейсы грузовые суда валовой вместимостью 300 рег.т. и более, каботажные суда вместимостью не ниже 500 рег.т. и пассажирские суда независимо от их размера следует в период 2002÷2008 года оборудовать **универсальными транспондерами АИС** – автоматической идентификационной

системы. Снабженные этой аппаратурой объекты (морские суда, береговые станции, средства навигационного ограждения) могут обмениваться информацией о своих параметрах (названии, позывном, координатах места и т.д.). Получение таких сведений способствует повышению безопасности плавания.

В новом правиле 19 **расширены требования в части оснащения судов радиолокационным оборудованием**. Здесь, прежде всего, следует отметить введение средств радиолокационной прокладки разной степени сложности:

- электронной прокладки – СЭП (Electronic plotting aid - EPA);
- автосопровождения – САС (Automatic tracking aid - ATA);
- автоматической радиолокационной прокладки – САПП (Automatic radar plotting aid - ARPA).

Все суда от 300 до 500 рег.т должны быть оборудованы РЛС с упрощенным электронным устройством (СЭП), обеспечивающим прокладку до 10 целей. Ввод засечек судов в СЭП может быть ручным.

На судах от 500 до 3000 рег.т. следует иметь средство (САС) для автосопровождения не менее 10 целей.

Суда вместимостью 3÷10 тыс. рег.т. следует оборудовать второй РЛС и устройством автоматического сопровождения целей (САС).

Суда вместимостью 10 тыс. рег.т. и более должны снабжаться средством (САПП) для автоматической радиолокационной прокладки не менее 20 целей.

РЛС, средства автосопровождения и автопрокладки должны удовлетворять новым эксплуатационным стандартам ИМО к радиолокационному оборудованию (Резолюции: MSC.64(67), Приложение; А.823(19); А.820(19)).

По сравнению с предыдущими требованиями в новых внесены изменения относительно эффективного диаметра экрана РЛС, шкал дальности, частоты вращения антенны, интерфейса для приема информации внешних датчиков и относительно других параметров и режимов.

Указатель скорости поворота и абсолютный лаг для измерения продольной и поперечной составляющих скорости судна относительно грунта становятся обязательными для судов валовой вместимостью 50 тыс. рег.т. и более.

Новым в конвенции является требование оснащения судов с полностью закрытым мостиком **системой приема звуковых сигналов – СИЗ** (SRS – Sound Reception System). Она должна позволять слышать на мостике звуковые сигналы и определять направление на их источник. Отмечено, что Национальная Администрация может

освободить судно от выполнения этого требования, если сочтет его излишним.

Конвенцией также определено, что на судах вместимостью 10 тыс. рег.т. и более авторулевой должен быть дополнен **системой, обеспечивающей автоматическую проводку судна по заданному маршруту**. В англоязычной литературе такая система именуется *Track Control System*.

В целях оказания помощи в расследовании аварий, согласно правилу 20 переработанной главы 5 СОЛАС, все пассажирские суда и другие суда вместимостью 3 тыс. рег. т. и более в период с 2002 до 2009 года необходимо оборудовать **регистратором данных рейса** («черным ящиком»).

Усовершенствоваться должны и традиционные навигационные приборы: гирокомпасы, лаги, эхолоты. Это определено изменениями, которые внесло ИМО в технико-эксплуатационные требования на указанную аппаратуру.

Из старого перечня конвенционных навигационных приборов **устаревшим признан только радиопеленгатор**, от применения которого на судне сочтено возможным отказаться.

В заключение приведем перечень основных навигационных датчиков, с указанием предоставляемой ими информации.

1. Гирокомпас – курс.
2. Магнитный компас– курс.
3. Флюкс-гейт компас – курс.
4. Относительный лаг – продольная скорость относительно воды.
5. Абсолютный лаг – на глубинах до 200 метров - продольная и поперечная составляющие скорости относительно грунта, на больших глубинах – относительно воды.
6. Эхолот – глубина под килем.
7. Радар – радиолокационное изображение надводной обстановки, направление и дистанция на выбранный объект.
8. Датчик угловой скорости поворота – угловая скорость поворота.
9. Датчик положения руля – угловое положение руля.
10. Приемник СНС (GPS, ГЛОНАСС, GPS/ ГЛОНАСС, GNSS) – время, координаты места, курс и скорость относительно грунта.
11. Приемники РНС «Лоран-С» и «Декка» - координаты места.
12. Приемник «Навтекс» - навигационные и метеорологические предупреждения.

Традиционные навигационные приборы и системы достаточно хорошо описаны во многих учебниках и учебных пособиях. Поэтому ниже уделено внимание лишь новой навигационной аппаратуре.

3.2. Автоматическая идентификационная система.

3.2.1. 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 в зоне СУДС;
- СУДС оказывать навигационную помощь судам в прохождении района, подконтрольного СУДС;
- передавать на судно или 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.

3.2.3. 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.



Рис. 3.1. Комплект бортовой аппаратуры АИС.

Состав аппаратуры. Судовое оборудование АИС используется для обмена данными, синхронизации, формирования и коммутации потоков информации.

Универсальный транспондер АИС (Рис. 3.1) состоит из основного блока (Transponder unit), модуля управления и отображения (Multiplexed Keyboard and Display unit), УКВ и GPS антенн.

Основной блок включает приемопередатчик, связной процессор, внутренний GPS приемник, средство контроля достоверности передаваемых и принимаемых данных, встроенную систему автоматического контроля 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 координат места, 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 процесс приема 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, САП, ECDIS, ECS, RCDS, РС. Прием данных от внешнего приемника СНС производится с разрешением, не хуже одной десяти тысячной минуты дуги, в геодезической системы координат WGS84 .

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 посылки в радиоканал;
- сохранение статических данных, предназначенных для автоматической передачи;
- вывод принятых по радиоканалу сведений на устройства отображения;
- выдачу информации о своей работоспособности, обнаружении неполадок и выхода 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 с короткими временными интервалами.

Следует заметить, что при необходимости представители компетентной власти в районе действия 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.

3.2.3. 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 Mobile 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 судовой 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 поступают 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).

Частота обновления информации. В основном режиме работы АИС различные типы информации передаются с разной частотой. Статические данные о судне посылаются каждые 6 минут и по требованию. Интервал передачи динамической информации зависит от скорости судна и изменения курса (табл. 3.1). Связанные с рейсом сведения посылаются с периодом 6 минут, при изменении этих данных и по запросу.

Короткие сообщения относительно безопасности направляются по мере надобности.

Таблица 3.1.

Интервал передачи данных, характеризующих движение судна.

Состояние судна	Интервал между сообщениями
Судно на якорю	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

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 должны влиять на необходимость наблюдения МППСС.

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.

3.3. Бортовая система приема звуковых сигналов.

Назначение. Система приема звуковых сигналов (*СПЗ*) – это акустическое электронное навигационное средство, предназначенное для усиления внешних звуковых сигналов и определения направления на их источник. Оно позволяет вахтенному помощнику внутри полностью закрытой рулевой рубки слышать внешние акустические сигналы судов, береговых станций и других объектов.

СПЗ должна устанавливаться на судах с полностью закрытым мостиком. Это определено правилом 19, главы 5 СОЛАС. Кроме этого, согласно требованиям ряда классификационных обществ этой системой также должны снабжаться ОМВО-суда.

Минимальные эксплуатационные требования к системе определены Резолюцией ИМО А.694(17). *СПЗ* должна работать в диапазоне частот 70÷100 Гц.

Состав. В систему приема звуковых сигналов входит четыре водозащищенных микрофона, соединенные через усилитель с громкоговорителем, индикаторы работы микрофонов.

Усилитель, громкоговоритель, индикаторы работы микрофонов находятся в пульте системы, располагаемом внутри рулевой рубки. Вид пульта *СПЗ* фирмы «Stento Marine Communication» показан на рис. 3.2.

Микрофоны устанавливают снаружи рубки на открытом воздухе: два на крыльях мостика, два в ДП (один впереди, другой сзади рубки).

Принцип определения направления. Микрофоны работают в парах. Сигналы от микрофонов на крыльях мостика предназначены

для определения борта прихода акустического сигнала. Если источник звука справа, то на пульте системы загорается индикатор микрофона правого борта, и наоборот.

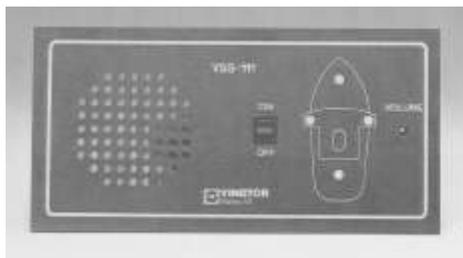


Рис. 3.2. Пульт системы приема звуковых сигналов

По сигналам микрофонов в диаметральной плоскости судна система устанавливает, по носу или по корме находится источник звука. Если он на носовых курсовых углах, то на пульте системы загорается индикатор переднего микрофона, и наоборот.

Комбинация сигналов от пар микрофонов указывают квадрант, откуда приходит звук.

3.4. Судовая система ночного видения.

Назначение. Система ночного видения - *СНВ* (Night vision system) предназначена для повышения безопасности вождения судов в ночных условиях. Ее основная задача заключается в помощи судоводителям избежать опасных столкновений с посторонними объектами на поверхности воды. Эта система позволяет обнаруживать неосвещенные объекты и предметы, которые могут не наблюдаться по РЛС (малые шлюпки, льдины, бревна, упавшего за борт человека и др.). *СНВ* может применяться и для идентификации обнаруженных по РЛС объектов, для просмотра мертвой зоны РЛС. Кроме ночной (инфракрасной) камеры, эта система обычно имеет и дневную видеокамеру. Дневная видеокамера может использоваться для рассматривания отдельных объектов и для их съемки в светлое время суток.

Система ночного видения оказывает существенную помощь на высокоскоростных пассажирских паромах в районах нахождения большого числа малых прогулочных и рыболовных судов. Установка *СНВ* на этих паромах требуется, например, Гонконгским морским

департаментом. *СНВ* может применяться также на пограничных кораблях, на поисковых и спасательных судах, на береговой станции для контроля акватории порта в ночное время.

Состав системы. *СНВ* включает электронно-оптический модуль (интегрированную видеокамеру), блок разворота видеокамеры по азимуту и высоте, электронный блок, панель управления и дисплей (рис. 3.3).

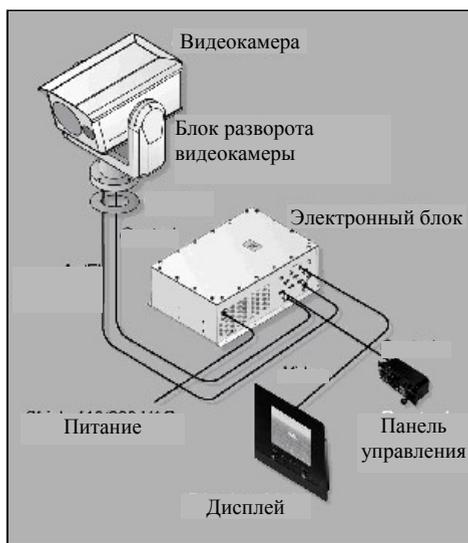


Рис. 3.3. Состав аппаратуры бортовой системы ночного видения фирмы «Spergy-marine».

Электронно-оптический блок работает в диапазоне видимых и инфракрасных волн, длиной от 400 нм до 950 нм.. Он снабжен устройствами для очистки и мытья стекла объектива. Поле зрения видеокамеры в горизонтальной плоскости составляет $20\div 25^{\circ}$, а в вертикальной - $15\div 20^{\circ}$.

В видеокамере создается изображение объекта, попавшего в поле зрения системы, и усиливается его яркость. Затем в виде телевизионного сигнала это изображение передается на монитор. Ночью наблюдение осуществляют в инфракрасном режиме видеокамеры. В светлое время суток применяется ее дневной режим.

Блок разворота позволяет менять направление оптической оси видеокамеры на 360^0 по азимуту, и $\pm 30^0$ по высоте от горизонтального положения.

Панель управления имеет джойстик для ручного изменения направления оптической оси камеры по азимуту и высоте, выключатель системы в работу, переключатель режимов «автоматического сканирования» по азимуту и «ручного» управления по этой координате, органы для ручной фокусировки, изменения яркости, контраста, органы для управления очисткой окна видеокамеры. Угол сканирования в автоматическом режиме может выбираться 10, 20, 30^0 право и влево.

СНВ имеет два монитора: основной – в рулевой рубке, дополнительный – в каюте капитана. На них может показываться линия относительного движения целей и расстояние кратчайшего сближения с ними. Экран монитора обычно составляет порядка $9 \div 14''$. На нем можно показывать метки дальности через 0,2, 0,1, 0,05 морские мили.

Внешний вид электронно-оптического модуля с блоком его разворота и панели управления с монитором *СНВ* фирмы «TURN Ltd.» представлен на рис. 3.4.

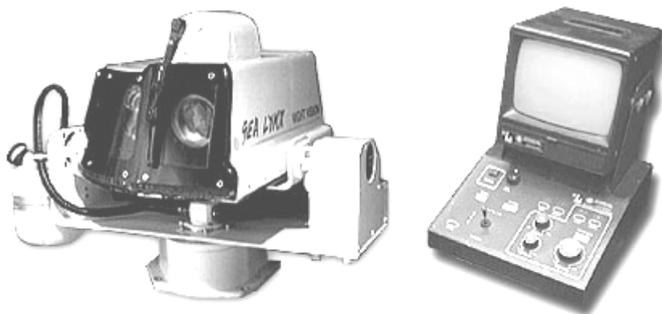


Рис. 3.4. Аппаратура *СНВ* фирмы «TURN Ltd.».

Режимы работы. Система может работать в пассивном, активном и активно-импульсном режимах. Активно-импульсный режим обеспечивает работу в условиях тумана, снега и дождя. При работе в активных режимах используется «подсветка обстановки» с помощью специального лазера.

3.5. Спутниковый компас.

Общие сведения о средне орбитальных спутниковых навигационных системах. Рассматривая источники информации, необходимой при оперативном управлении движением морских судов по заданному маршруту, следует отметить, что основными из них стали средне орбитальные спутниковые навигационные системы: GPS и ГЛОНАСС. Традиционная бортовая аппаратура этих систем предоставляет данные о системном времени, координатах места, путевом угле и путевой скорости судна.

Таблица 3.2.

Основные характеристики средне орбитальных 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	1575,42	1602,56...1615,50
F2	1227,60	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	1,023	0,511
P-код	10,23	5,11
Режимы обслуживания	SPS, PPS	Единый
Системное время	UTC (USNO)	UTC (SU)
Опорная координатная система	WGS84	SGS90
Метод определения положения объекта	Квази дальномерный	Квази дальномерный
Метод определения скорости объекта	Квази радиально-скоростной	Квази радиально-скоростной
Погрешности (95%) аппаратуры гражданских потребителей при определении:		
плановых координат, м.	36	28
высоты, м	68	40
скорости, м/с	0,4	0,3
времени, мкс	0,68	1,4

Основные характеристики названных спутниковых систем содержатся в табл. 3.2.

Сокращения, приведенные в этой таблице, обозначают:

SPS, PPS - два уровня обслуживания потребителей в GPS: стандартные определения (SPS – Standard Positioning Service), точные определения (PPS – Precise Positioning Service). PPS основывается на точном P-коде, а SPS – на общедоступном C/A-коде. Уровень обслуживания PPS предоставляется военным и федеральным службам США, а SPS – массовому гражданскому потребителю. В ГЛОНАСС режим обслуживания специальных служб и массовых потребителей единый, за счет этого предоставляемая гражданским потребителям точность определений выше, чем у GPS.

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).

WGS84, SGS90 (ПЗ-90) – всемирные горизонтальные геодезические датумы (WGS84 - World Geodetic System of 1984; SGS90 – Soviet Geocentric Coordinate System of 1990).

СНС «ГЛОНАСС» пока работает с неполным составом спутников. Несмотря на это, приемники СНС, способные использовать навигационные сигналы обеих систем GPS и ГЛОНАСС, позволяют получить точность определений места $\pm 15 \div 20$ м.

Развитию спутниковых навигационных систем уделяется первостепенное внимание. Это объясняется, прежде всего, их универсальностью. СНС дают возможность получить информацию практически о всех кинематических параметрах движения судна: о положении, путевом угле и путевой скорости, о курсе судна, о параметрах килевой и бортовой качки. Кроме обеспечения чисто навигационных задач по управлению отдельными объектами, они позволяют решать задачи радиосвязи и управления потоками судов, осуществлять привязку систем единого времени, использоваться для синхронизации работы различных систем.

Дифференциальный режим работы СНС в районе контрольной станции обеспечивает точность определения положения $\pm 1 \div 5$ м. Использование в специальных дифференциальных подсистемах для геодезических целей фазовых измерений **несущей частоты** дает возможность *при относительном нахождении места* получить точность порядка нескольких сантиметров.

Ближайшая (2003÷2005 гг.) перспектива развития средне орбитальных 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 широко зонные дифференциальные подсистемы, в которых передача поправок производится через стационарные спутники Инмарсат-3. В регионах, обслуживаемых этими подсистемами, точность определения положения будет находиться в пределах ± 10 м.

Принцип определения курса в спутниковом компасе. С помощью средне орбитальных 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 трех антенные 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 трех антенной системы представлен на рис. 3.5. Диаметр окружности, проходящей через антенны A_1 , A_2 , A_3 , приблизительно равен одному метру.

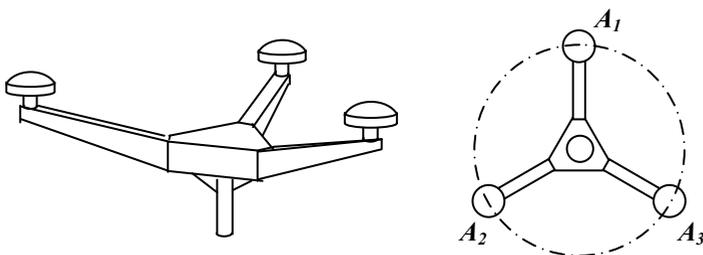


Рис. 3.5. Трех антенная система спутникового компаса.

Допустим, две антенны A_1 , A_2 спутниковой системы GPS расположены в диаметральной плоскости судна (рис.3.6). Расстояние между антеннами b 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. Режим излучения - непрерывный с псевдошумовой модуляцией. Навигационные сигналы представляют собой защищенный P -код (precision code), которым модулируются частоты $F1$, $F2$, и общедоступный C/A -код (coarse and acquisition code), которым модулируется только частота $F1$.

В бортовой аппаратуре GPS для судов коммерческого флота используется только общедоступный C/A -код на частоте $F1$. Длина волны этой несущей частоты составляет приблизительно 19 см.

При определении положения, по координатам места судна и по эфемеридам спутников всегда могут быть рассчитаны горизонтные координаты НИСЗ: высота h_s и азимут A_s . На рис. 3.6 эти координаты показаны для одного из спутников.

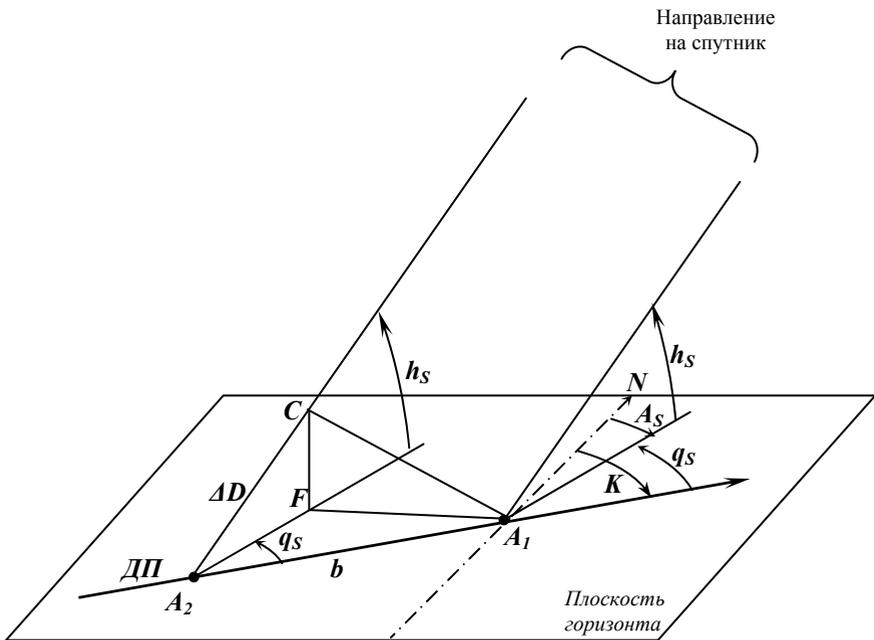


Рис. 3.6. К характеристике принципа работы спутникового компаса.

Расстояния, которые проходит сигнал с определенного спутника до антенн A_1 , A_2 , отличаются на величину ΔD . 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.

По значению $\Delta\Phi$ величина ΔD находится по формуле:

$$\Delta D = \lambda \Delta\Phi,$$

где λ – длина волны несущего сигнала.

Зная ΔD и высоту h_S спутника над истинным горизонтом, можно найти курсовой угол q_S спутника и истинный курс судна K :

$$A_2 F = \Delta D \cos h_S; \quad q_S = \arccos \frac{A_2 F}{b}; \quad K = A_S - q_S.$$

Значение курса определяется по всем спутникам, находящимся над горизонтом, и усредняется.

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.

Состав аппаратуры спутникового компаса и его характеристики. В состав 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.

Устройство управления и отображения спутникового компаса фирмы “Furuno” показано на рис. 3.7. Этот спутниковый компас 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).

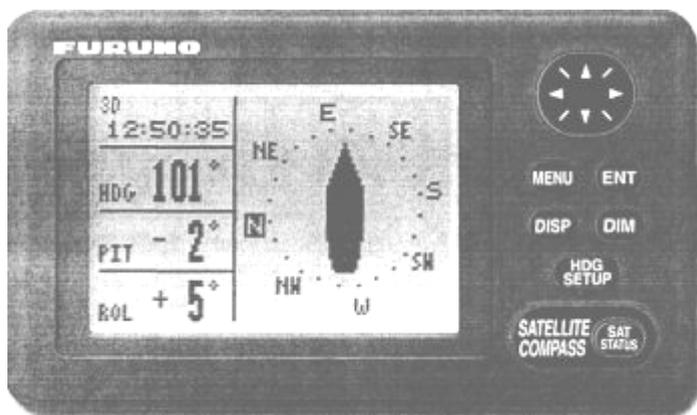


Рис. 3.7. Устройство отображения спутникового компаса фирмы “Furuno”.

Спутниковый компас может передавать информацию о курсе судна в такие устройства, как РЛС, САПП, авторулевой, транспондер АИС, ECDIS 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.

На работу спутникового компаса не влияют скорость судна, ускорения, изменение широты, геомагнетизм.

Основной его недостаток по сравнению с ГК – неавтономность.

4. Навигационно-информационная система.

4.1. Назначение системы.

Навигационно-информационная система – *НИС* (Navigation and Information System) **предназначена** для:

- отображения картографической и навигационно-гидрографической информации, необходимой для безопасного и эффективного судовождения,
- решения оперативных навигационных задач и ведения исполнительной прокладки,
- непрерывного отображения текущего места судна и корректуры электронных навигационных карт.

Ниже дается лишь краткая характеристика *НИС*. Для подробного изучения этих систем существует специальный курс - «Навигационные информационные системы».

НИС может рассматриваться как система информационной поддержки решений при проводке судна по заданному маршруту, так как она выполняет определенные операции по подготовке решений для штурманского состава:

- получает, обрабатывает и отображает информацию;
- контролируется ее достоверность;
- выдает необходимые справки, касающиеся района плавания;
- находит концентрированные, сжатые характеристики процесса судовождения, облегчающие принятие решений;
- оценивает навигационную безопасность и выдает предупреждения с помощью визуальных и акустических средств сигнализации.

Информация вахтенному помощнику представляется в **интегрированном виде** путем отображения концентрированных характеристик текущего состояния процесса судовождения на электронной карте (ЭК).

Навигационно-информационные системы изготавливаются рядом фирм и организаций. Аппаратура разных производителей имеет определенные отличия по дизайну, составу, объему выполняемых функций и по другим характеристикам. Общий вид модуля *НИС* интегрированного мостика фирмы Litton Marine Systems приведен на рис. 4.1.

НИС имеет функции для:

- работы с электронным каталогом карт и с ЭК,

- управления получением информации от РЛС, САРП, АИС и других источников,
- выполнения счисления, обсерваций и прокладки пути,
- контроля прохождения маршрута,
- оценки навигационной безопасности и опасности столкновений,
- предупреждений и регистрации информации,
- поддержания баз данных на уровне современности
- и ряд других.



Рис. 4.1. Модуль *НИС* интегрированной мостиковой системы.

Для выполнения своих задач *НИС* использует информацию практически всех судовых навигационных датчиков: гирокомпаса, лага, эхолота, РЛС, САРП, АИС, приемоиндикаторов спутниковых и береговых радионавигационных систем и др.

Следует отметить, что *НИС* – это не только система, которая позволяет вести электронную прокладку и корректировать электронные карты. Это также система, которая:

- содержит в памяти важную в навигационном отношении информацию и позволяет вызвать ее в любое время и без задержки представить вахтенному помощнику;
- обладает способностью получать сведения, как от внутрисудовых, так и от внешних источников информации и записывать их в свою память;
- обеспечивает привлечение внимания вахтенного помощника к ситуациям, требующим его контроля;
- позволяет накладывать на электронную карту радиолокационное изображение, данные АИС, климатические карты, карты текущей погоды

- и ее прогнозов, карты ледовой обстановки, облегчая судоводителю принятие решений в сложных ситуациях;
- является не только навигационной системой, но и средством предупреждения столкновений.

4.2. Состав системы.

НИС может рассматриваться как совокупность аппаратных средств, программного обеспечения и данных.

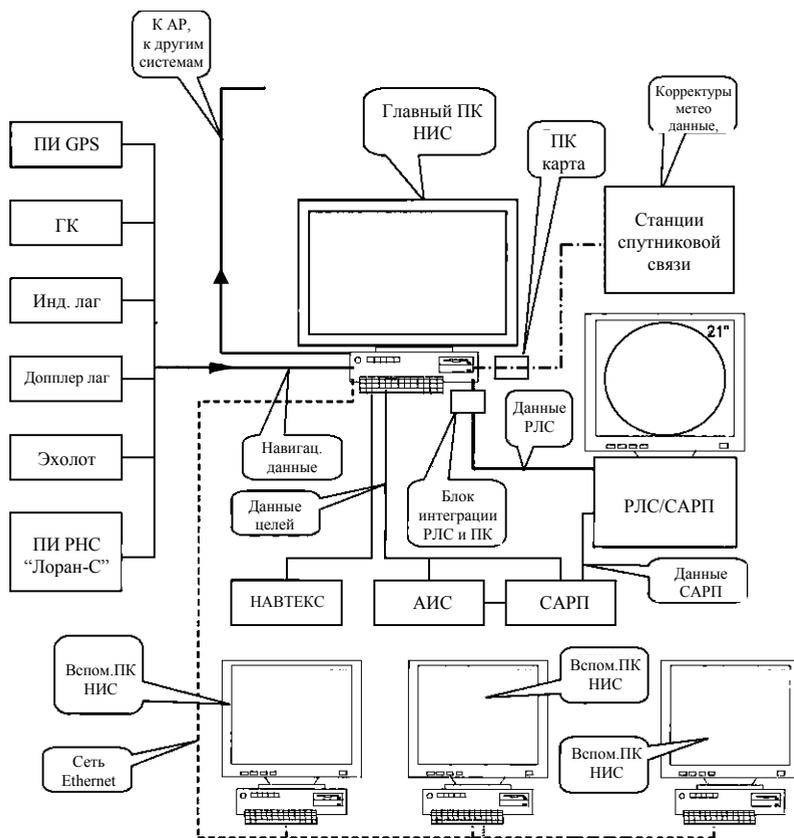


Рис. 4.2. Блок-схема *НИС* с периферийными устройствами.

Аппаратное обеспечение – это в общем случае установленный в специальной консоли высокопроизводительный персональный компьютер, который соединен с навигационными приборами. 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.

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

В навигационно-информационной системе обеспечивается возможность приема данных от различных источников информации и вывода данных в другие системы и устройства.

На рис. 4.2 приведена одна из возможных конфигураций *НИС* с периферийными устройствами. Так, *НИС* получает курс от гирокомпаса, скорость – от лага, глубину - от эхолота и т.д. Отличительной чертой является автоматический ввод в *НИС* координат места от приемника спутниковой навигационной системы GPS или ГЛОНАСС, обеспечивающий возможность непрерывного отображения высокоточного текущего места судна на карте. Эта возможность, по сути, представляет наиболее важное достоинство *НИС*.

На изображение ЭК может накладываться информация от РЛС, цели от САРП и 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 экране дисплея *НИС* может отображаться информация приемника НАВТЕКС.

Блок интеграции РЛС и ПК – это аппаратно-программный блок (PC radar kit). Он позволяет, с одной стороны, преобразовать эхосигналы РЛС в цифровую форму, передать их в ПК и наложить радиолокационное изображение на электронную карту. Кроме этого, он дает возможность передавать радиолокационное изображение через сеть Ethernet на любые другие компьютеры.

С другой стороны, это устройство предоставляет персональному компьютеру функции для управления РЛС. Современные устройства интеграции РЛС и ПК позволяют соединить с компьютером любую современную РЛС и обеспечить управление радиолокационной

станцией с любого компьютера системы, главного или вспомогательного, где бы он ни находился на судне.

Вывод информации из НИС может производиться на авторулевой, принтер и в другие устройства и системы. Ряд *НИС* позволяет по каналу Ethernet передавать изображение с главного ПК на дисплеи вспомогательных (периферийных) компьютеров. Это может быть компьютер в штурманской рубке, в каюте капитана или в другом помещении.

Программное обеспечение НИС состоит из программ организации пользовательского интерфейса, программ для отображения навигационных карт на дисплее и, так называемой, «библиотеки функций». «Библиотека функций» – это совокупность программ, которые в зависимости от активации кнопок, ключей и иных элементов пользовательского интерфейса позволяют решать определенные навигационные задачи, оперировать с изображением электронной карты, получать различные справки и т.д.

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.

Ниже приведен перечень информационных баз, данные которых используются в *НИС*:

- | | |
|---|---|
| 1. Картографическая база; | 5. База данных для расчета приливных явлений; |
| 2. База сведений о навигационных средствах; | 6. База сведений о портах; |
| 3. База рекомендованных маршрутов; | 7. База данных о судне; |
| 4. Климатическая база; | 8. Базы корректур; |
| | 9. Другие базы. |

4.3. Виды ЭК и типы навигационно-информационных систем.

Основные виды ЭК. В навигационных информационных системах используются различные виды электронных карт. Эти карты классифицируются по разным признакам.

Довольно часто применяется классификация ЭК в зависимости от данных, представляющих изображение карты на электронных носителях. Согласно этого признака выделяют *растровые* и *векторные* ЭК.

В **растровых картах** используется метод цифрового представления изображения карты в виде матрицы точек (пикселей). При таком представлении *сведений об отдельных картографических объектах в памяти нет*, что представляет основной недостаток этого вида карт. Растровые карты получаются путем сканирования бумажных карт и являются их электронными копиями.

Растровые карты могут быть в разных графических форматах. Британское адмиралтейство поставляет растровые карты в формате ARCS. Гидрографическая служба США выпускает растровые карты в формате NDI/BSB. Свой формат имеют и растровые карты других гидрографических служб и частных организаций, изготавливающих растровые карты.

Информация **векторной карты** хранится в памяти в виде последовательности записей, характеризующих каждый имеемый на карте объект. По этим записям *НИС* с помощью специальной программы сама строит изображение карты на экране дисплея.

Как и растровые ЭК, векторные карты могут быть в разных форматах. Векторные карты выпускаются государственными гидрографическими службами в формате S57, v. 3. Крупнейший из частных производителей векторных карт фирма «Транзас» изготавливает их в формате TX-97. Другая известная фирма «С-МАР» представляет ЭК в формате CM-93/3. Можно привести примеры и других форматов, в которых информация векторных карт хранится на электронных носителях.

В зависимости от юридического статуса различают официальные и неофициальные карты. *Официальными* считаются ЭК, выпускаемые государственными гидрографическими организациями. Все другие ЭК относят к *неофициальным* картам.

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

- ECDIS (Electronic Chart Display and Information System);
- ECS (Electronic Chart System);
- ECDIS/ECS.

ECDIS – это навигационно–информационная система, удовлетворяющая специальным требованиям ИМО, МГО, МЭК.

Соответствие системы названным требованиям позволяет судоводителям официально использовать ее прокладку на электронной карте вместо прокладки на бумажных картах. Такой статус ECDIS определен правилом 20 главы V Международной конвенции ИМО по безопасности жизни на море (SOLAS–74).

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 также путем их представления на экране ECDIS.** Это касается и других необходимых на рейс навигационных пособий, информация которых также может быть отображена на экране ECDIS.

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

В ECDIS должны использоваться только электронные карты (*ecdis-карты*), данные которых подготовлены государственными гидрографическими организациями, стандартизованы по содержанию (Публикация МГО S52), структуре, действующему формату обмена картографической информацией (Публикация МГО S57, v.3) и полностью удовлетворяющие специальным требованиям ИМО. В официальной литературе для этих карт используется сокращенная запись **ENC** - Electronic navigation chart. Таким образом, используемое сокращение *ENC* и термин *ecdis-карта* представляют одно и то же.

ECS – это навигационно-информационные компьютерные системы, не полностью удовлетворяющие требованиям к ECDIS. **Применение ECS не освобождает судоводителя от ведения прокладки на бумажных картах.** Используемые в таких системах карты, называемые ниже *ecs-картами*, не полностью отвечают специальным требованиям ИМО и МГО. К ECS относятся:

- *RCDS* (Raster Chart Display System) – компьютерные системы с растровыми ЭК.
- *НИС* с векторными ЭК, не полностью удовлетворяющими требованиям к *ecdis-картам*;
- *НИС* с упрощенными ЭК.

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

Когда в ECDIS/ECS используются *ecdis-карты*, эта система имеет статус ECDIS.

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

Следует отметить, что *ecs-карты* по формату и принципам их отображения на экране могут значительно отличаться от *ecdis-карт*. Поэтому обеспечение в *ECDIS/ECS* возможности работы с разными ЭК существенно усложняет программное обеспечение системы. Требуется, чтобы в *ECDIS/ECS* системе *ecs-карты* не смешивались с *ecdis-картами*. С этой целью ***ecdis-карты и карты других видов должны храниться в разных частях памяти***. При отображении *ecdis-карты* также должны иметь четкие отличия от *ecs-карт*.

Файлы *ecdis-карт* помещаются в так называемую *ENC*-базу данных. Эта база должна включать только *ENC*, выпущенные государственными гидрографическими организациями.

Данные *ecs-карт* разных видов также рекомендуется хранить в разных местах памяти. Например, файлы карт фирмы «Транзас» - в ТХ-97 базе данных, карты фирмы «С-МАР» – в базе СМ-93, и т.д.

На 44 сессии ИМО в июле 1998 г. субкомитет по безопасности навигации дал согласие на внесение в Требования к *ECDIS* добавочного приложения 7 по растровым картам. Это приложение разрешает работу *ECDIS* в двух режимах: *ECDIS* и *RCDS*. Поскольку режим *RCDS* не имеет полных функциональных возможностей *ECDIS*, ИМО выпустило специальный циркуляр SN/Circ.207. – Differences between *RCDS* and *ECDIS*. – 7, Jun, 1999, объясняющий различия между *ECDIS* и *RCDS* режимами. Режим растровых карт разрешается использовать только в районах, на которые нет *ecdis-карт*, и только при дублировании электронной прокладки ведением графического учета движения судна на откорректированной бумажной карте.

Распространение ЭК. Электронные карты могут распространяться их изготовителями напрямую, либо через уполномоченные организации.

Официальные ЭК могут быть как векторными, так и растровыми.

Из крупных поставщиков официальных растровых электронных навигационных карт можно назвать:

- Британское адмиралтейство;
- Гидрографическую службу США (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA);
- Гидрографическую службу Канады;
- И гидрографические службы ряда других государств.

Гидрографические службы Англии и США выпускают и поставляют также *ecdis-карты* (официальные векторные карты в формате S57, v.3) своих побережий.

Ecdis-карты для своих прибрежных вод создаются и распространяются Главным управлением навигации и океанографии (ГУНиО) России.

Кроме поставок напрямую от государственных гидрографических организаций, *ecdis-карты* могут распространяться через Региональные координационные центры (RENC – Regional ENC Coordinating Center), а также через других дистрибьюторов и сервисных провайдеров. Так, например, *ecdis-карты* можно приобрести в Европейском международном координационном центре PRIMAR. Этот центр имеет официальную базу данных карт ENC, изготавливаемых в Бельгии, Дании, Франции, Германии и в других странах Европы. Эта база содержит и более 400 файлов карт, выпускаемых в России для Балтийского, Баренцева, Черного и Азовского морей. В качестве второго примера можно привести фирму «Softchart International», которая продает *ecdis-карты* побережий Греции, Корсики, Туниса, Алжира, Марокко, Средиземноморского побережья Франции.

Электронные векторные карты в формате NIMA выпускает американское военное картографическое агентство.

Официальные векторные карты формата S57, v.3 на воды Украины (Черное и Азовское моря) можно приобрести в организации “Укрморкартография”.

Из частных организаций крупнейшими производителями и поставщиками ЭК являются фирмы «Транзас» и «С-МАР». Коллекция фирмы «Транзас» насчитывает более 7500 карт формата TX-97. По своему качеству эти ЭК не уступают официальным электронным картам для ECDIS. Фирма «С-МАР» поставляет пакет карт SDK-PRO на весь Мировой океан в формате CM-93/3. Карты фирм «Транзас» и «С-МАР» могут быть конвертированы в формат S57.

4.4. Краткие сведения об ECDIS.

Как отмечалось выше, ECDIS представляет собой навигационно-информационную систему с ЭК, соответствующую специальным международным стандартам и требованиям. Эта система работает в реальном масштабе времени и отображает интегрированную картографическую и другую, относящуюся к процессу судовождения, информацию.

Требования к ECDIS. Среди предъявляемых к ECDIS требований ниже названы основные.

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

Требования к содержанию *ENC*, к условным обозначениям, к применяемым цветам, к дисплеям определены в специальной публикации Международной гидрографической организации: S52 - Specification for Chart Content and Display of ECDIS, Edition 5, Dec 1996.

Описание формата представления данных *ENC* на электронных носителях содержится в специальной публикации МГО: S57 - Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, edition 3, Nov 1996. Название этого формата соответствует номеру публикации.

Технические требования к ECDIS 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”.

Сертификация ECDIS. На классификационные общества возложена ответственность тестирования *НИС* на предмет соответствия стандартам и принадлежность к ECDIS. Руководство для тестирования содержится в публикации МЭК 61174.

Навигационно-информационные системы, отвечающие всем предъявляемым требованиям, получают от классификационного общества соответствующий сертификат (Type Approval Certificate) и могут после этого законно называться ECDIS.

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

1. ECDIS сертифицирована классификационным обществом;
2. ECDIS снабжена одобренной резервной системой, которая имеет достаточные средства для обеспечения безопасного судовождения на оставшейся части рейса в случае выхода ECDIS из строя. Резервная система может иметь ограниченные функции ECDIS, 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;

3. При прокладке используются только *ecdis-карты*;
4. *Ecdis-карты* откорректированы по дату использования (приведены на уровень современности).

В случае невыполнения любого из этих требований на судне должен быть комплект откорректированных бумажных карт. При нарушении только второго требования разрешается использовать электронную прокладку без дублирования ее графической прокладкой на бумажной карте.

Ключевые положения эффективного использования ECDIS.

Выделяют три основных аспекта, обеспечивающие эффективность ECDIS:

- 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.

Улучшение ECDIS. Совершенствование ECDIS представляет собой основное направление развития систем с ЭК. ECDIS появилась как система “*отображения картографической и навигационно-гидрографической информации*” с элементами подготовки решений по управлению движением судна в процессе перехода. ***Основной путь развития ECDIS состоит в превращении ее в полноценную систему поддержки принятия решений на мостике.*** С этой целью проводятся обширные работы по расширению числа отображаемых на экране ECDIS *морских информационных объектов* (МИО) и функций по подготовке решений.

Термин «*морские информационные объекты*» означает отображаемые на экране элементы, несущие картографическую и другую, относящуюся к навигации информацию. Это различные картографические и навигационно-гидрографические объекты, характеризующие движение собственного судна элементы (позиция, прошлый путь, планируемый маршрут и др.), данные САП о целях и т.д.

В разработку стандартов отображения МИО для ECDIS были привлечены многие международные организации.

ИМО приняла «Эксплуатационные требования к ECDIS», где определила типы данных для этой системы и уровни отображения информации на экране (базовая, стандартная и полная информация).

МГО разработала спецификацию цветов и символов для картографической информации и требования к дисплеям (МГО, S52).

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).

Международная ассоциация маячных служб (МАМС) разработала стандарты отображения на экране ECDIS информации СУДС – береговых систем управления движением судов.

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

- | | |
|----------------------|------------------------------|
| – Ледового покрытия; | – Океанографических явлений; |
| – Приливных уровней; | – Погоды; |
| – Течений; | – Данных поиска и спасения. |

Таким образом, наблюдается явно выраженная тенденция дальнейшего увеличения информации, предоставляемой ECDIS. Однако, следует четко осознавать, что проблема вовсе не заключается в отображении все большего числа объектов на экране ECDIS. Для принятия решений вреден как недостаток информации, так и лишние данные. Это четко определил один из капитанов, который заметил: *«Мне не нужно много сведений. Я хочу иметь только то, что необходимо и достаточно для решаемой мною в данный момент задачи».*

Поэтому одной из основных сторон ECDIS должна быть возможность удобного целенаправленного отбора информации для решения задач в сложившейся ситуации.

Определять, какая информация наиболее подходит к данной ситуации, должен судоводитель. Умение выбрать то, что необходимо при решении конкретной задачи, требуется закладывать при подготовке штурманского состава.

Рост объема информации, которую может представить ECDIS, уже приводит к необходимости пересмотра уровней ее отображения в сторону увеличения. Здесь стоит задача не только в том, как представлять на экране новые объекты, но и какие из них и каким

образом отобразить в совокупности с другой, относящейся к навигации информации.

Расширение числа МИО, интегрированных в ECDIS, способствует совершенствованию ее как системы поддержки принятия решений. Представление новых типов МИО как программных объектов позволяет ECDIS оперировать с ними. В результате появляется возможность автоматически предупреждать не только об опасных глубинах и о районах со специальными условиями, но также об айсбергах, зонах интенсивного волнения и о других различного вида опасных явлениях. Вдобавок, это позволит системе вырабатывать определенные рекомендации, облегчая штурманскому персоналу выбор правильных решений.

5. Система для предупреждения столкновений судов.

5.1. Назначение, состав и функции системы.

Назначение. Судовая система для предупреждения столкновений (*СПС*) служит для решения следующих задач:

- обнаружения судов-целей,
- определения элементов движения целей,
- предупреждения об опасности столкновения,
- облегчения выбора маневров для расхождения с судами,
- и других.

СПС представляет собой средство поддержки принятия решений для предотвращения столкновений с судами. Оно не освобождает штурманский состав от принятия решений и действий по обеспечению безопасности судна, а также от ответственности за эти решения.

Ввиду того, что радиолокационное оборудование, составляющее основу *СПС*, и методы его использования в судовождении изучаются в специальных курсах, ниже дается лишь краткая характеристика рассматриваемой системы.

Состав. *СПС* включает:

- процессор для обработки радиолокационной информации и данных АИС;
- средства для хранения и отображения информации;
- органы для управления (трекбол и ряд других);
- интерфейсные устройства для подключения датчиков информации и для связи с другими системами *ИСМ*;
- программное обеспечение;
- информационные ресурсы.

СПС строится на базе персонального компьютера. Для выполнения своих задач она использует данные РЛС, АИС, курсоуказателя и лага. К ней могут подключаться и другие источники информации. В памяти многих *СПС* хранится картографическая информация, по которой на экране дисплея *СПС* воспроизводятся электронные карты.

До недавнего времени **основным датчиком информации СПС являлся радиолокатор**. В настоящее время к нему **добавляется транспондер АИС**. Он предоставляет информацию о целях, оборудованных аппаратурой АИС.

РЛС служит для получения сведений об объектах, находящихся в зоне обзора. Задача *СПС* состоит в том, чтобы, получив видеосигналы из приемника РЛС и/или данные от АИС-транспондера, записать их в

памяти, произвести необходимую обработку, а затем обеспечить воспроизведение обработанной информации на экране в удобной для судоводителя форме.

В настоящее время в эксплуатации находится довольно много типов *СПС*, изготавливаемых различными фирмами. Они имеют определенные отличия по дизайну, конструкции и объему решаемых задач. Внешний вид модуля *СПС* интегрированного мостика фирмы JRC приведен на рис. 5.1.



Рис. 5.1. Радиолокационный модуль *ИСМ*.

Функции. При отображении радиолокационной обстановки *СПС* позволяет выбирать различные диапазоны дальности и ориентировать изображение по разным направлениям (по курсу, по стабилизированному курсу, по норду, по фарватеру). Информация системы может представляться в режимах истинного и относительного движения. Совместно с первичной радиолокационной информацией на экране монитора *СПС* могут отображаться вектора и следы сопровождаемых целей, радарные электронные карты и навигационные линии. Возможно отображение параллельных индексных линий, а также охранных зон и областей авто захвата.

СПС имеет функции:

- ручного и автоматического захвата целей на сопровождение;
- автосопровождения целей;
- изменения времени экстраполяции движения;
- отображения траекторий прошлого движения целей;
- представления цифровых значений элементов движения целей;

- обнаружения маневров сопровождаемых целей;
 - предупреждения об опасности столкновения по заложенному в *СПС* критерию;
 - проигрывания задаваемых или рекомендуемых маневров на расхождение.
- По каждой цели, передающей АИС-информацию, в *СПС* могут быть представлены подробные данные: MMSI номер, позывной сигнал, название и тип судна, навигационный статус и другие сведения.

5.2. Перечень требований к оборудованию СПС.

Минимальные эксплуатационные требования к оборудованию СПС изложены в следующих документах ИМО:

- Эксплуатационные требования к РЛС - Резолюция MSC.64(67), 1996, Приложение;
- Эксплуатационные требования к САПП - Резолюция А.823(19), 1995;
- Эксплуатационные требования к РЛС для скоростных судов - Резолюция А.820(19), 1995.
- Временное руководство для представления и отображения информации о АИС-целях - ИМО циркуляр SN/Circ.217 от 11.07.01 .

Технические стандарты на радиолокационные приборы и аппаратуру АИС установлены Международной электротехнической комиссией. Они содержатся в следующих публикациях этой организации:

- 60872-1 – стандарты для САПП;
- 60872-2 – стандарты для радиолокационных средств автосопровождения;
- 60936-1 – стандарты для судовых РЛС;
- 60936-2 – стандарты для РЛС высокоскоростных судов;
- 61993-2 – тестовые стандарты для АИС транспондеров класса А;
- 62287 – тестовые стандарты для АИС транспондеров класса В.

Перечисленные стандарты включают методы испытаний радиолокационного оборудования, рекомендации по применяемым символам и терминам для отображаемой информации, обозначения для органов управления и ряд других данных.

5.3. Требования к радиолокационному оборудованию судов.

Стандарты, которым должны соответствовать РЛС обычных судов, устанавливаются Резолюцией ИМО MSC.64(67),1996 (Приложение 4) – «Эксплуатационные требования к РЛС». Действие этого документа

распространяется на суда, построенные 1 января 1999 г. и после этой даты. Осветим эти требования.

Радиолокационное оборудование предназначено для отображения относительно своего судна положения надводных объектов (других судов, препятствий, буев, берега, навигационных знаков) в виде, оказывающем помощь при навигации и предупреждении столкновений.

Требования к дальности. При нормальных условиях распространения радиоволн, когда высота антенны над уровнем моря равна 15 м. и нет помех, РЛС должна давать четкое изображение:

- берега - на расстоянии 20 миль, когда он возвышается над уровнем моря до 60 м.; и на расстоянии 7 миль, когда он поднимается до 6 м;
- судов вместимостью 5000 брт независимо от ракурса - на расстоянии не менее 7 миль;
- малых судов длиной порядка 10 м. - на расстоянии не менее 3 миль;
- объектов, таких как навигационные буи, имеющих эффективную отражающую поверхность порядка 10 кв.м. - на расстоянии не менее 2-х миль.

Надводные объекты должны быть четко отображены, начиная с минимальной горизонтальной дистанции 50 м. от позиции антенны.

Индикация. Радиолокатор должен иметь дисплей для пользования при дневном свете без внешнего увеличения с **эффективным минимальным диаметром** в пределах шкалы пеленгов не меньшим, чем:

- 180 мм для судов вместимостью 150-1000 брт.;
- 250 мм для судов вместимостью 1000-10000 брт.;
- 340 мм для судов вместимостью 10000 брт. и выше.

Разрешается применение цветных мониторов.

Обязательны для РЛС **шкалы дальности**: 0.25, 0.5, 0.75, 1.5, 3, 6, 12 и 24 мили. Шкалы дальности с другими номиналами допускаются.

В пределах эффективной площади экрана должна содержаться только информация, которая используется для навигации или предупреждения столкновений, а также элементы, которые имеют отношение к целям (например, символ цели, ее вектор) или к изображению.

Требуется, чтобы шкалы дальности были линейными с началом в месте своего судна. Изображаемая на экране информация должна быть легко читаемой при всех условиях освещенности.

Выбранные элементы системной электронной навигационной карты (СЭК) могут быть представлены на дисплее РЛС, но таким образом, чтобы информация РЛС не маскировалась, не затемнялась и не искажалась. Информация СЭК, показываемая на экране

радиолокационной системы, должна, по крайней мере, включать безопасную изобату собственного судна, навигационные препятствия, стационарные и плавучие средства навигации. При представлении элементов СЭК совместно с информацией РЛС/САРП требуется, чтобы:

- информация РЛС/САРП и элементы СЭК были в одной и той же системе координат;
- вся эффективная площадь дисплея содержала данные РЛС и СЭК;
- информации РЛС отдавался приоритет;
- обеспечивалась устойчивость изображения, векторов САРП, элементов СЭК;
- четко указывался активный режим работы,
- обеспечивалась независимость РЛС/САРП и СЭК (информация СЭК не должна оказывать неблагоприятный эффект на данные РЛС, данные РЛС/САРП и СЭК должны легко узнаваться, нарушение нормального функционирования одной из компонент не должно влиять на функции второй).

Измерение расстояний и пеленгов. Предписывается иметь на экране дисплея *электронные НКД* для оценки расстояний, причем на шкалах 0.25, 0.5, 0.75М должно быть, по крайней мере, два, но не свыше шести НКД. На шкалах большего номинала следует иметь шесть НКД. При смещении центра развертки должны отображаться дополнительные кольца дальности с интервалом, равным интервалу между основными НКД.

Радиолокационное изображение необходимо снабжать *подвижным маркером дальности* в виде кольца (ПКД) с индивидуальным цифровым индикатором. Допускаются добавочные ПКД. Требуется, чтобы *точность измерения дистанций с помощью НКД и ПКД как при несмещенном, так и смещенном центре развертки была не хуже $\pm 1\%$ от значения используемой шкалы*, или 30 метров, если 1% от дистанции шкалы больше этой цифры. Предписывается иметь толщину НКД не больше максимальной разрешенной толщины курсовой линии. На всех шкалах дальности наведение ПКД на объект должно производиться с требуемой точностью в течение 5 с. Установленное с помощью ПКД расстояние не должно изменяться при переключении шкал дальности.

Курсовая линия на экране дисплея должна отображаться сплошной линией от начала развертки до края дисплея с ошибкой, не более $\pm 1^0$. Требуется, чтобы ее толщина не превышала 0.5^0 на максимальном расстоянии шкалы. На шкале пеленгов дисплея РЛС предписано иметь указатель курса.

В радиолокационной системе должна быть ЭЛН - *электронная линия для снятия направлений* (пеленгов и курсовых углов), с

индивидуальным цифровым индикатором. Она должна позволять получать в течение 5 с. направление на любой объект, где бы он ни находился на экране. Направление на цель на границе экрана должно измеряться с погрешностью, не большей $\pm 1^{\circ}$.

ЭЛН должна быть не толще курсовой линии и отличаться от нее. Предписывается иметь возможность изменения яркости и выключения ЭЛН. Требуется, чтобы ЭЛН поворачивалась в обоих направлениях непрерывно или с шагом, не большим 0.2° .

Направление ЭЛН должно индицироваться в градусах, а отсчет состоять, по крайней мере, из четырех знаков, один из которых после десятичной точки. Предписывается иметь возможность измерения, как пеленгов, так и курсовых углов, отсчеты которых должны отличаться.

Требуется, чтобы шкала направлений была на краю экрана и разделена через 5° , с 5 и 10-градусными отличными друг от друга делениями. Числа у делений должны быть, по крайней мере, через 30° .

Начало ЭЛН должно перемещаться с места судна в любую точку экрана и обеспечиваться возможность относительно нового начала измерять направления. Рекомендуется на ЭЛН иметь ПКД.

Для параллельной индексации необходимо иметь, по крайней мере, две линии.

Разное. РЛС должна иметь такую *разрешающую способность по дистанции*, чтобы обеспечивать отдельные индикации на шкале 1.5 мили двух точечных целей, расположенных на одном пеленге в пределах пространства $50 \div 100\%$ номинала шкалы, и на расстоянии не более 40 м друг от друга.

Разрешение по пеленгу на этой шкале для двух точечных целей, расположенных на одном расстоянии от центра в пределах $50 \div 100\%$ номинала шкалы, должно быть не более 2.5° .

Радиолокационное оборудование должно нормально работать при килевой и бортовой качке до $\pm 10^{\circ}$.

Предписано, чтобы антенна вращалась по часовой стрелке, равномерно, автоматически, *со скоростью не меньшей 20 об/мин* при относительной скорости ветра до 100 узлов. Допускается к такой работе использовать дополнительные режимы сканирования антенны по азимуту.

Следует иметь возможность *ориентации изображения по норду и по курсу*. Курс должен вводиться от ГК либо другого эквивалентного курсоуказателя. Погрешность согласования с компасом должна быть не больше $\pm 0.5^{\circ}$ при повороте судна со скоростью до $12^{\circ}/с$. Требуется, чтобы переключение с одного режима на другой с установкой заданной ориентации выполнялось в пределах 5 с.

Обязательными для РЛС являются устройства *подавления нежелательных эхосигналов от волнения моря, дождя и других форм осадков, облаков, грозы*. Эти средства должны подстраиваться вручную. Допускается иметь и автоматическое подавление помех с возможностью его отключения.

Когда антенна расположена на высоте 15 м над уровнем моря, то даже в условиях помех от моря оборудование должно *давать четкую отметку стандартного радиолокационного отражателя на расстоянии до 3.5 мили*.

РЛС должна быть полностью *в рабочем состоянии в пределах 4 минут после ее включения*. Необходимо предусмотреть положение предварительной готовности РЛС – «Подготовка». Переход из этого положения в режим "Работа" должен осуществляться в пределах 15 с.

Предписано обеспечивать *возможность независимого изменения яркости НКД, ПКД, ЭЛН* и полного их выключения. Для РЛС, отображающих на экране вторичную информацию (символы целей, вектора, и др.), должна быть возможность отключения ее показа на экране.

Требуется в РЛС иметь *режимы относительного и истинного движения*, а также допускать *смещение начала развертки* не менее чем на 50% и не более чем на 75% номинала шкалы дальности. В режиме истинного движения следует обеспечивать стабилизацию изображения относительно воды (моря) и грунта.

Используемые в радиолокационной системе относительные *лаги* должны позволять измерять скорость на переднем и заднем ходу. При стабилизации относительно грунта необходимо обеспечивать двух координатный вход данных скорости и проходимого расстояния. Это могут быть данные от доплерлага, электронной позиционной системы, либо от самой РЛС при сопровождении неподвижных объектов. Следует иметь *возможность ручного ввода скорости своего судна* (от 0 до 30 узлов с шагом, не большим 0.2 узла) и данных течения и дрейфа.

Оборудование должно сопрягаться со средствами счисления, электронной позиционной системой в соответствии с *международным стандартом к интерфейсу*. Название источника получения информации должно отображаться. Дополнительно к радиолокационному изображению требуется иметь возможность представления на экране в графической форме точек, навигационных линий и карт.

Средства прокладки. В радиолокационной системе должны быть следующие устройства радиолокационной прокладки:

- на судах от 300 до 500 брт - средства электронной прокладки (СЭП) с ручным вводом засечек целей (Electronic plotting aid - EPA);
- на судах от 500 до 1600 брт - средства автосопровождения - САС (Auto tracking aid - АТА);
- на судах от 1600 до 10000 брт - САРП (Automatic radar plotting aid) с минимальным эффективным диаметром дисплея не менее 250 мм;
- на судах от 10000 брт и больше - САРП с минимальным эффективным диаметром монитора не менее 340 мм.

5.4. Требования к РЛС высокоскоростных судов.

К высокоскоростным относятся суда, скорость полного переднего хода которых больше 30 узлов. Условия, которым должно удовлетворять радиолокационное оборудование таких судов, определены Резолюцией ИМО А.820(19), 1995 – «Эксплуатационные требования к РЛС высокоскоростных судов». Действие этого документа распространяется на суда, построенные 1 января 1996 и после этой даты.

Ниже приведены основные из этих требований.

Назначение. Радиолокационное оборудование необходимо устанавливать на высокоскоростных судах со следующими характеристиками:

- максимальная скорость – до 70 узлов;
- максимальная скорость поворота - до 20°/с;
- район плавания - между 70°N и 70°S.

Оно предназначено для отображения относительно своего судна положения надводных объектов (других судов, препятствий, буев, береговой черты, навигационных знаков) в виде, способствующем навигации и предупреждению столкновений.

Требования к дальности. Когда антенна радиолокатора расположена на высоте 7,5 м над уровнем моря, то при отсутствии помех оборудование должно обеспечивать четкую индикацию надводных объектов, таких как навигационные буи (эффективная поверхность отражения приблизительно 10 м²), на расстоянии не менее 2,5 мили.

Надводные объекты, должны быть четко видны, начиная с минимального расстояния 35 м от позиции антенны.

Индикация. Требуется, чтобы обеспечивалось четкое цветное радиолокационное изображение надводной обстановки *на экране с эффективным диаметром не менее чем 250 мм.* в условиях дневного освещения, без применения внешних увеличительных устройств.

Должны быть предусмотрены *цвета, характерные для дня и ночи* с возможностью регулировки яркости.

Обязательными являются *шкалы дальности*: 0.25, 0.5, 0.75, 1.5, 3, 6, 12 и 24 морские мили. Дополнительные шкалы дальности с другими номиналами допускаются. Необходимо обеспечить четкую индикацию номинала используемой шкалы дальности и расстояния между НКД, когда они отображаются.

Требуется иметь возможность *смещения центра развертки*, по меньшей мере, на 50% и не более 75% от номинала шкалы дальности.

Оборудование должно позволять в дополнение к информации радиолокатора представлять на экране *графические элементы*, например, точки поворота и линию пути между ними. Источник графической информации должен быть четко указан.

Измерение расстояний и пеленгов. Предписывается для измерения расстояний иметь ПКД с индивидуальным цифровым индикатором значений дальности и *неподвижные электронные кольца дальности*:

- на шкалах 0,25, 0,5 и 0,75 морских мили — по крайней мере, два НКД;
- на шкалах дальности большего номинала — по шесть НКД.

НКД и ПКД должны обеспечивать измерение расстояния до объекта *с погрешностью, не превышающей 1% от максимального значения используемой шкалы* или 30 м, в зависимости оттого, что больше. Необходимо предусмотреть возможность *изменения яркости НКД и ПКД* до полного их удаления с экрана.

Курс судна должен указываться на экране линией *с максимальной погрешностью не более $\pm 1^\circ$* . Ширину отметки курса предписывается иметь не более $0,5^\circ$ у края экрана. Следует предусмотреть выключение линии курса.

Требуется обеспечить *быстрое измерение направлений* на любой объект, отметка которого появляется на экране. Предназначенные для этого средства должны измерять направление на объект, отметка которого расположена на краю экрана, *с погрешностью, не превышающей $\pm 1^\circ$* .

Для параллельной индексации необходимо иметь, по крайней мере, две линии.

Разное. Необходимо, чтобы *разрешающая способность по дистанции* обеспечивала раздельное отображение на экране двух целей (поверхность порядка 10 м^2), лежащих на одном азимуте, на дистанции 50÷100% шкалы 1 морская миля или меньшей, если нет засветки от моря, и, если расстояние между целями не превышает 35 метров.

Разрешающая способность по пеленгу должна обеспечивать раздельное отображение на экране двух целей (площадь 10 м²), находящихся на одном расстоянии между 50÷100% шкалы 1,5 мили, если их углом положение различается не более чем на 2,5° (X-band) и 4° (S-band).

Параметры оборудования должны быть такими, чтобы при бортовой и килевой качках ±10° эксплуатационные требования к дальности были удовлетворены.

Антенна должна вращаться по часовой стрелке, автоматически, с частотой не менее 40 оборотов в минуту. Требуется, чтобы оборудование было работоспособно при относительной скорости ветра до 100 узлов.

РЛС должна сопрягаться с одобренным датчиком направления и обеспечивать по его данным азимутальную стабилизацию дисплея. Точность согласования с одобренным датчиком направления должна быть в пределах 0,5° при скорости поворота судна до 20°/с.

Требуется обеспечивать также удовлетворительную работу в режиме без стабилизации, когда связь с основным одобренным датчиком направления отсутствует.

Необходимо предусмотреть средства для быстрого определения значительного ухудшения работоспособности оборудования относительно калиброванного значения, а также средства для правильной настройки в случае отсутствия целей.

Обязательными являются устройства помехозащиты от нежелательных отражений от моря, дождя и других осадков, облаков и песчаных бурь. Они должны иметь органы для ручной плавной регулировки.

Работа оборудования. Включение оборудования и управление им должно выполняться с рабочего места судоводителя на мостике судна. Органы управления должны быть доступны, легко различимы и удобны в эксплуатации. Необходимо, чтобы применяемые символы соответствовали рекомендациям «Организации органов управления морского навигационного радиолокационного оборудования».

Система должна быть полностью **в рабочем состоянии в течение 4 минут после ее включения**. Предписано иметь **положение предварительной готовности**, из которого оборудование может быть приведено в рабочее состояние за 15 секунд.

После установки и регулировки на судне, точность пеленгования, указанная в настоящих эксплуатационных требованиях, должна сохраняться без последующих регулировок, независимо от движения судна в магнитных полях Земли.

Оборудование должно иметь *режимы относительного и истинного движения*.

Необходимо обеспечить *возможность смещения начала развертки* на расстояние не менее 50% и не более 75% от радиуса экрана.

Предписано при стабилизации изображения относительно воды или грунта иметь точность и разрешающая способность, соответствующую настоящим эксплуатационным требованиям.

Антенна должна быть спроектирована таким образом, чтобы противостоять внешним воздействиям, которым подвергается судно.

Требуется, чтобы все радиолокаторы, работающие в диапазоне 3 см, имели горизонтально поляризованное излучение.

Необходимо предусмотреть возможность выключения тех устройств обработки сигналов, которые могут исключить изображение сигналов маяка на экране радиолокатора.

Там, где требуется две РЛС, они должны быть установлены таким образом, где каждая могла работать самостоятельно, независимо друг от друга.

Интерфейс. Радиолокационная система должна быть способной в соответствии с требованиями протокола МЭК 61162 получать информацию от гироскопа, лага, а также от электронных систем определения местоположения.

Об отсутствии информации внешних датчиков РЛС должна сообщать с помощью индикации. Необходима аварийно-предупредительная сигнализация об ухудшениях качества информации внешних датчиков, которое может повлиять на работу РЛС.

Проигрывание. Проигрывание целей требуется представлять на экране в виде синтезированного послесвечения. Проигрывание может быть в истинном или в относительном движении. В истинном движении изображение может быть стабилизировано относительно воды или грунта.

5.5. Требования к САРП.

Стандарты, которым должны соответствовать средства радиолокационной прокладки, определены резолюцией ИМО А.823(19), 1995 – «Эксплуатационные требования к САРП». Действие этого документа распространяется на САРП, установленные на суда 1 января 1997 г и после этой даты.

Назначение. САРП должны в соответствии с требованиями предупреждения столкновений на море:

- уменьшать рабочую нагрузку на судоводителей путем замены трудоемкой ручной прокладкой на автоматическую;
- предоставлять возможность получения информации по всем целям;
- обеспечивать точную непрерывную и быструю оценку ситуации.

Захват и сопровождение объектов. Необходимо иметь ручной или автоматический захват целей на сопровождение при их относительных скоростях до 100 узл. В любом случае следует предусмотреть устройство для ручного захвата и сброса целей с сопровождения. В САРП с автоматическим взятием целей на сопровождение должна быть возможность запрета захвата в определенных зонах обзора. На любой шкале дальности, на которой существует такой запрет, зона захвата должна быть указана на экране индикатора.

Режим "автосопровождения" должен обеспечивать сопровождение, обработку информации и непрерывную выдачу данных, по крайней мере, по 20 целям, независимо от вида захвата.

Примечание. Под *сопровождением* объекта понимается процесс наблюдения за последовательными изменениями его позиции. Отбор объекта, который необходимо взять на автосопровождение, называется *захватом*. Захват объектов на сопровождение бывает ручным и автоматическим. *Автоматический захват* снимает часть нагрузки с оператора, но может привести к избытку информации на экране при большом количестве целей. *Ручной захват*, несмотря на потерю оператором определенного времени для "захвата" и сброса целей с сопровождения, обеспечивает отбор именно тех объектов, которые представляют интерес.

Когда предусмотрен автоматический захват, то критерий выбора целей для сопровождения должен указываться в технической документации. Сопровождаемые цели должны быть четко обозначены на экране соответствующим символом. Необходимо, чтобы надёжность сопровождения была не хуже, чем при использовании ручного отслеживания целей с записью их последовательных положений.

САРП должно продолжать сопровождение захваченного объекта, четко различимого на экране в 5 из 10 последовательных обзоров, не допуская при этом «обмена объектов».

Примечание. Под *обменом объектов* понимается ситуация, когда данные одного объекта по ошибке используются при вычислении ЭДЦ другого. Такая ситуация может возникать, когда два сопровождаемых объекта находятся на близком расстоянии друг от друга.

Возможность появления ошибок в системе сопровождения объектов, включая обмен объектов, должна быть сведена к минимуму самой конструкцией САРП. Для штурманского состава требуется иметь качественное описание влияния источников ошибок на сопровождение целей. В это описание необходимо включить влияние шума приемника, помех от волнения моря, дождя, снега, низкой облачности, а также несинхронных помех.

Индикация. Индикатор (дисплей) САРП может быть отдельным устройством или общей частью РЛС. Требуется, чтобы в любом случае индикатор САРП отображал информацию в соответствии с требованиями ИМО к радиолокационному оборудованию. Конструкция индикаторов САРП должна быть такой, чтобы выход из строя любого узла, выдающего дополнительную информацию к данным РЛС, не нарушал бы изображения на экране основного радиолокатора.

Обязательными для САРП являются шкалы дальности 3, 6, 12 миль. Дополнительно они могут иметь шкалы дальности с другими номиналами. Необходимо обеспечивать четкую индикацию номинала используемой шкалы.

Требуется, чтобы у САРП был режим относительного движения с ориентацией изображения "север", "курс" и "курс стабилизированный". Дополнительно может быть режим истинного движения. Оператор должен иметь возможность переключения этих режимов. Необходима индикация на экране названия активного режима движения.

Информация о курсе и скорости должна отображаться в векторной или графической форме, четко указывающей ожидаемое перемещение сопровождаемого объекта.

У САРП, отображающих прогноз развития ситуации только в векторной форме, должен быть выбор векторов истинного или относительного движения. При выборе истинных векторов на экране должен указываться вид стабилизации изображения (относительно грунта или воды).

САРП, способные отображать информацию о курсе и скорости объекта в графической форме, должны, по возможности, предоставлять такие данные в виде истинного или относительного векторов.

Векторная информация должна экстраполироваться по времени или иметь фиксированную временную шкалу. Такая шкала должна быть ясно обозначена метками на самом векторе.

Если для получения элементов движения относительно грунта используются стационарные объекты, то они должны обозначаться соответствующими символами. В этом режиме относительные вектора сопровождаемых целей, включая вектора упомянутых стационарных объектов, должны отображаться по требованию.

Необходимо, чтобы информация САРП не затеняла данные РЛС и не ухудшала способности обнаружения объектов. Работа индикатора САРП должна контролироваться оператором РЛС. Требуется предусмотреть возможность выключения нежелательных данных САРП за время, не превышающее 3 с.

Должны быть предусмотрены отдельные регулировки яркости изображений САРП и РЛС, включая возможность выключения данных, предоставляемых САРП.

Аппаратура САРП должна обеспечивать возможность надежного наблюдения не менее, чем одним оператором, в условиях нормальной освещенности в дневное и ночное время. Допускается использование различных светозащитных устройств, не мешающих наблюдению. Необходимо иметь устройства для регулировки яркости.

В САРП должны обеспечиваться условия для быстрого определения пеленга и расстояния любого объекта в зоне обзора.

Требуется, чтобы режим автосопровождения позволял за период времени, не превышающий одной минуты после захвата цели, представить данные о направлении движения объекта, и в течении трех минут с начала сопровождения вывести на экран прогноз движения в соответствии с предъявляемыми требованиями.

При переключении шкал дальности векторная или графическая информация должна четко наблюдаться на экране через четыре оборота антенны РЛС и не затеняться изображением предыдущей шкалы дальности.

Предупредительная сигнализация. В САРП необходимо предусматривать предупредительную звуковую и световую сигнализацию. Она должна включаться, когда любой объект сблизится с нашим судном на заданное расстояние или пересечет охранную зону, установленную судоводителем. Объект, вызвавший включение сигнализации, должен быть четко выделен на экране.

Требуется, чтобы САРП предупреждали оператора с помощью визуального или звукового сигнала о любом сопровождаемом объекте, который имеет вычисленные значения $D_{кр}$ и $T_{кр}$, меньшие безопасных пределов, установленных судоводителем.

Сигнализация должна также включаться в случае сброса объекта с автоматического сопровождения по любой причине, кроме выхода за пределы шкалы дальности. Следует выделять такой объект на экране.

Система предупредительной сигнализации должна иметь возможность включения и отключения ее по усмотрению судоводителя.

Выдача данных. Требуется, чтобы наблюдатель мог выбрать любую сопровождаемую цель для получения информации. Выбранные цели должны быть обозначены соответствующим символом на экране.

Если требуется информация более чем по одной цели в одно и то же время, то их символы должны быть идентифицированы, например, номером. По требованию оператора оборудование должно немедленно по любому сопровождаемому объекту выдавать в буквенно-цифровом виде текущие значения:

- дистанции и пеленга - D , P ;
- истинного курса и скорости - K , V ;
- дистанции кратчайшего сближения и времени следования до точки кратчайшего сближения - $D_{кр}$, $T_{кр}$.

Для истинного курса и скорости должно быть указано, даны они относительно моря или грунта.

Если представляются цифровые данные нескольких целей сразу, то не менее двух параметров каждой цели следует показывать одновременно. Эти данные должны быть сгруппированы следующим образом: D и P ; $D_{кр}$ и $T_{кр}$; K и V .

Имитация маневра. В САРП должна быть предусмотрена возможность имитации маневра своего судна на расхождение со всеми сопровождаемыми целями с упреждением по времени или без него. При этом обработка и отображение буквенно-цифровой информации по сопровождаемым целям не должны прерываться. Название режима имитации, если он применяется, должно показываться на экране.

В Наставлении по эксплуатации следует приводить объяснение основополагающих принципов алгоритма имитации маневрирования, включая характеристику моделирования движения своего судна, если оно предусмотрено.

Необходимо иметь возможность в любой момент прервать имитацию маневра.

Обеспечение точности. При рассмотрении требований к точности САРП считается, что различного рода погрешности его датчиков информации (радиолокатора, ГК, лага) находятся в пределах, допускаемых ИМО.

Стандарты точности вычисления элементов движения целей определены для четырех контрольных ситуаций, параметры которых приведены в табл. 5.1.

В пределах 3 мин после начала автосопровождения погрешности расчета элементов цели с вероятностью 0.95 не должны превышать значений, указанных в табл. 5.2.

Таблица 5.1.

Контрольные ситуации движения судов

	Параметры ситуации	1	2	3	4
1.	Курс своего судна, град.	0	0	0	0
2.	Скорость своего судна, уз	10	10	5	25
3.	Дистанция до цели, мили	8	1	8	8
4.	Пеленг цели, град	0	0	45	45
5.	Относительный курс цели, гр.	180	90	225	225
6.	Относит. скорость цели, уз	20	10	20	20
7.	Расчетный курс цели, град.	180	45	238	310
8.	Расчетная скорость цели, уз.	10	14.1	17.5	17.5
9.	$D_{кр}$, мили	0	1	0	0
10.	$T_{кр}$, мин	26	6	24	24

Таблица 5.2.

Требуемая ИМО точность расчетных параметров

Ситуация	Параметр сближения	Отн. курс, град.	Отн. скор., узлы	$D_{кр}$, мили	$T_{кр}$, мин	Ист. курс, град.	Ист. скор., узлы
		1	3.0	0.8	0.5	1.0	7,4
2	2.3	0,3	-----	-----	2,8	0,8	
3	4.4	0.9	0.7	1.0	3,3	1.0	
4	4.6	0,8	0.7	1.0	2,6	1.2	

Когда сопровождаемое или собственное судно выполнило маневр, САРП должны за время не более 1 мин. дать информацию о новых параметрах движения, а в пределах 3 мин. рассчитать прогноз движения с точностью, соответствующей данным табл. 5.2. Конструкция САРП должна быть такой, чтобы его ошибки были незначительны по сравнению с ошибками входных данных.

Связь с другим оборудованием. САРП не должно ухудшать свои рабочие характеристики при совместной работе с различной судовой аппаратурой и периферийными приборами. Необходимо, чтобы эффективность этих приборов также не снижалась из-за работы САРП.

С САРП должны быть сопряжены приборы измерения курса и скорости. Следует обеспечивать ввод скорости относительно воды и дополнительно - относительно грунта. Название измерительных устройств, информация от которых вводится в САРП, требуется показывать на экране.

Лаг, от которого данные поступают в САРП, должен иметь возможность измерения скорости на переднем и заднем ходу.

Название используемого источника данных о скорости относительно грунта (доплерлаг, электронная система определения места или сопровождение стационарных объектов) необходимо отображать на экране.

Контроль работоспособности. В САРП следует иметь сигнализацию, которая оповещала бы оператора о неисправностях аппаратуры. В системе контроля должна быть предусмотрена возможность периодической проверки соответствия всех параметров САРП техническим требованиям. Данный контроль требуется осуществлять с помощью специальных тестовых программ. На работу тестовой программы должен указывать соответствующий символ на экране.

5.6. Требования к представлению АИС-информации в радиолокационных системах и в ECDIS.

Требования к графическому представлению и отображению данных АИС-целей в автономных и в интегрированных навигационных средствах и системах определены в циркуляре ИМО SN/Circ.217 от 11.07.01 – «Временное руководство для представления и отображения информации о АИС-целях».

Это руководство должно рассматриваться как предварительные эксплуатационные требования, которые будут оформлены в качестве соответствующего стандарта после определенного опыта эксплуатации.

Временное руководство введено в действие, чтобы позволить производителям вовремя разработать соответствующее оборудование и функции, позволяющие мореплавателям ознакомиться с использованием АИС информации с первых дней эксплуатации этой системы.

Основные определения. Для АИС-целей вводятся приведены ниже определения.

“Спящая” цель – символ цели, указывающий место и ориентацию судна, оборудованного АИС. Никакой добавочной информации у символа не приводится, чтобы не перегружать экран.

Активированная цель – символ активированной автоматически или вручную “спавшей” цели, для графического отображения 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 – символ цели, выбранной вручную для отображения детальной информации о ней на специальной информационной панели дисплея. На этой панели должна быть возможность представить все данные о цели, включая $D_{кр}$ и $T_{кр}$.

Опасная цель – символ АИС-цели (активированной или нет), вычисленные данные $D_{кр}$ и $T_{кр}$, которой меньше установленных безопасных пределов.

Потерянная цель – символ, представляющий последнюю действительную позицию АИС-цели, перед тем, как данные о ней перестали поступать.

Описание символов, представляющих различные виды АИС-целей, приведены в табл. 5.3.

Представление информации. При отображении АИС-сведений на графическом дисплее должны быть представлены, по крайней мере, следующие данные:

- положение цели,
- путевые угол и скорость,
- курс,
- скорость поворота, или направление поворота, если возможно.

Отображая информацию АИС о целях, необходимо использовать описанные в табл. 5.3 символы. На дисплее РЛС данные АИС следует отображать таким образом, чтобы информация РЛС не маскировалась, не затемнялась и не искажалась.

Где бы ни применялась АИС-информация, графические свойства векторов отметок целей от других источников должны быть эквиваленты свойствам АИС-векторов. Типы представления векторов (символы средств радиолокационной прокладки или АИС-символы) должны быть различимыми. Активный режим представления векторов должен быть указан с помощью индикации.

Отображение на экране символов АИС-объектов, за исключением «спящих» и утерянных целей, должно иметь приоритет перед другими видами отметок объектов, включая отметки цели от СЭП, САС и

САРП. Если АИС-цель выбрана для представления ее характеристик, другие возможные источники данных об этой цели могут быть указаны на информационной панели дисплея и обеспечена возможность отображения их по команде оператора.

Таблица 5.3.

Описание символов АИС-целей.

АИС-цель	Символ	Описание символа
«Спящая» цель		Равнобедренный, остроугольный треугольник. Центр треугольника представляет место судна. Биссектриса самого острого угла совпадает с курсом судна, или с его путевым углом, когда информации о курсе цели нет. Символ «спящей» цели может быть меньшим символа активированной цели.
Активированная цель		Равнобедренный, остроугольный треугольник. Центр треугольника представляет место судна. Биссектриса самого острого угла совпадает с курсом судна, или с его путевым углом, когда информации о курсе цели нет. Вектор путевой скорости отображается пунктирной линией с началом в центре треугольника. Линия курса отображается сплошным отрезком фиксированной длины с началом в вершине угла треугольника. Чтобы выделить без задержки маневрирующую цель, в конце ее отрезка курса наносится флажок, указывающий величину и направление скорости поворота судна. Прогноз траектории движения цели также может обеспечиваться.
Выбранная цель		Выделяется обрамлением квадратом, показываемым своими углами.
Опасная цель		Контур треугольника, обозначающего цель, очерчивается жирной линией, четко различимой по сравнению с линиями контура неопасной цели. Величина символа может быть увеличена. Цель должна отображаться с вектором путевой скорости, отрезком курса и указателем скорости поворота, если она маневрирует. На цветном дисплее треугольник цели должен быть красным.
Потерянная цель		Символ цели, перечеркнутый выделяющейся сплошной линией, перпендикулярной направлению ориентации цели в момент последнего поступления о ней информации. Символ должен мигать, до тех пор, пока оператор не подтвердит принятие сигнала о потере цели. Цель должна отображаться без графических указателей ее элементов движения.

Мореплаватели, кроме данных об элементах движения, должны иметь возможность представить на экране и другую получаемую по линии АИС информацию о цели (по крайней мере, ее

идентификационный номер мобильной морской службы). О случаях получения по линии АИС неполной информации должно указываться индикацией.

Следует использовать одинаковые функции для наложения АИС-символов и отметок целей от других источников на один и тот же дисплей, и для расчета параметров цели (например, $D_{кр}$, $T_{кр}$).

Если АИС-данные отображаются на индикаторе РЛС, то она должна быть способна осуществлять соответствующую стабилизацию радиолокационного изображения и АИС-информации.

Требуется, чтобы данные РЛС о цели, и сведения, полученные по линии АИС, были четко различимы.

Оператор должен иметь возможность выбрать для отображения все или только несколько АИС-целей. Используемый режим отображения должен указываться на экране. Исключение опасной АИС-цели в этом случае может быть только временным, пока оператор не активирует соответствующий контроль.

На крупномасштабном (с малой шкалой дальности) дисплее отметка активированной АИС-цели может быть заменена выраженным в масштабе символом судна.

Если показывается вектор путевой скорости, то его начало должно соответствовать действительному или виртуальному месту антенны судового позиционного средства, т.е. месту, которому соответствуют значения передаваемых координат.

Предписано, в аппаратуре обеспечить средства для выбора оператором цели или собственного судна с целью отображения АИС-данных. Если выбрано больше одной цели, то символы целей и соответствующие им данные должны снабжаться идентификаторами. Необходимо указать и источник данных, например, АИС, РЛС.

Оперирование с информацией. Зоны или пределы автоматического захвата целей должны быть одинаковыми для автоматической активации и представления любых отметок цели, независимо от их источника.

Время прогноза движения целей должно регулироваться и учитываться при отображении любых символов цели, независимо от их источника.

При отображении АИС-информации в САРП необходимо иметь возможность равноценного с САРП расчета и отображения параметров столкновения по данным АИС.

Если рассчитанные по данным АИС значения $D_{кр}$, $T_{кр}$ меньше безопасных пределов, то аппаратура должна отобразить символ опасной цели и подать тревожный сигнал.

Требуется, чтобы предварительно установленные пределы $D_{крз}$ и $T_{крз}$ были одними и теми же для всех отметок целей, независимо от их источников.

Если сигнал об опасной АИС-цели не получен в пределах установленного времени, то:

- символ *потерянной цели* должен появиться в точке самой последней ее позиции и подан тревожный сигнал;
- символ потерянной цели должен исчезнуть после подтверждения оператора о приеме тревожного сигнала;
- для воспроизведения данных о потерянных целях может быть введена соответствующая функция. Предпочтительно эта функция должна действовать по отношению к целям в пределах определенной дистанции.

Чтобы избежать отображения двух символов (САРП и АИС) одной и той же физической цели, может быть введена функция автоматической селекции. Когда выполнен критерий автоматической селекции, должен показываться символ активированной АИС-цели. В противном случае оба символа цели представляются на экране.

Необходимо обеспечить отображение и подтверждение о приеме тревожных сигналов о состоянии АИС. О ситуациях выхода из строя АИС или ее выключении должно сообщаться индикацией.

Интерфейс оператора. В пользовательском интерфейсе средства для оперирования, отображения и индикации АИС-функций должны быть равноценными соответствующим средствам для функций другой навигационной аппаратуры.

5.7. Основные характеристики судовых радиолокационных систем.

Рассматривая источники информации, необходимой при оперативном управлении движением морских судов, особо следует выделить радиолокационную аппаратуру, которая широко используется как в условиях ограниченной видимости, так и в ясную погоду при решении задач расхождения судов и навигации.

Основные характеристики радиолокационных систем содержатся в табл. 5.4.

Из новых решений, которые нашли применение в радиолокационной технике за последние годы, отметим следующие.

Применение РЛС-ПК (RadarPC). РЛС-ПК – это радиолокационная станция, в которой обработку эхосигналов и представление радиолокационного изображения выполняет персональный компьютер.

Таблица 5.4.

Основные технико-эксплуатационные характеристики
радиолокационного оборудования.

№	Характеристика	Значение
1.	Длина волны излучаемого РЛС сигнала, см	3 (X-band) 10 (S-band)
2.	Длительность зондирующего импульса, мкс: малые шкалы дальности средние шкалы дальности большие шкалы дальности	0.5÷4.0 2.0÷9.0 7.0÷12.0
3.	Частота повторения импульсов, гц малые шкалы дальности средние шкалы дальности большие шкалы дальности	1000÷4000 600÷2000 400÷1000
4.	Частота вращения антенны, об/мин РЛС обычных судов РЛС высокоскоростных судов	20÷40 40÷60
5.	Ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости, град. X-band S-band	0.5÷2.5 2.0÷8.0
6.	Ширина диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости, град.	15÷30
7.	Минимальная дальность, м РЛС обычных судов РЛС высокоскоростных судов	Не более 50 Не более 35
8.	Максимальная дальность радиолокационного обзора, мили	120
9.	Максимальное количество сопровождаемых целей	20÷500
10.	Максимальная дальность захвата на сопровождение, мили	16÷32
11.	Минимальная дальность автосопровождения, мили	Не хуже 0.1
12.	Разрешающая способность по дистанции, в процентах от номинала шкалы	0.7÷1.0
13.	Разрешающая способность по пеленгу, град	Не хуже 2.5
14.	Точность измерения дистанций, в процентах от номинала шкалы	0.7÷1.0

Использование такой интеграции радиолокационного приемопередатчика с персональным компьютером позволяет:

- применить наиболее эффективные методы фильтрации помех, распознавания ложных эхосигналов, обработки данных, расчета необходимых параметров;
- улучшить графическое изображение радиолокационной обстановки;
- повысить надежность сопровождения целей;
- использовать функцию «электронной лупы», применять многооконный режим;
- осуществлять по сети Ethernet передачу радиолокационного изображения на другие судовые компьютеры (например, на ПК в каюте капитана) и

производить на их экранах радиолокационное наблюдение за обстановкой;

- записывать данные радиолокационного наблюдения в информационную базу, хранить ее и передавать через E-mail в береговые организации (это даст возможность на берегу воспроизводить результаты наблюдения и путем консультаций оказывать судну навигационную помощь с берега);
- упростить процедуры наложения на радиолокационную картину дополнительной информации;
- получить другие преимущества.

Использование плоских ЖК дисплеев. Жидкокристаллические мониторы «экономят» место, потребляют мало энергии и обеспечивают высококачественное, помехозащитное отображение обстановки.

Обеспечение возможности использования «коротких» и «длинных» зондирующих импульсов и разной скорости вращения антенны с целью улучшения качества радиолокационного изображения и приспособления к условиям плавания.

Режим работы для швартовки. Для этого режима в новых РЛС используются специальные 250 и 500 метровые шкалы дальности. По данным РЛС на этих шкалах отображается контур выраженного в масштабе судна и береговой черты, рассчитываются и представляются в цифровом виде расстояния до причала от носа и кормы, а также скорости сближения их с причалом.

5.8. 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 судов зависит от их тоннажа и ракурса. При отсутствии помех распространению радиоволн и их приему средние тоннажные суда обнаруживаются с помощью РЛС на расстояниях 10÷18 миль, а малые суда – 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 судов практически в реальном масштабе времени как при движении судов-целей одним курсом, так и при маневрировании. Это время не зависит 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 определение ЭДЦ с требуемой точностью затрачивается порядка двух-трех минут. Это время зависит от скорости цели. На оценку ЭДЦ тихоходных целей САРП затрачивает больше времени, чем на нахождение кинематических параметров быстроходных объектов. ЭДЦ маневрирующих целей САРП определяет с очень низкой точностью. Ввиду инерционности фильтра, данные САРП об элементах движения целей обладают запаздыванием порядка 1 минуты.

При использовании АИС **уменьшается время обнаружения маневра цели**. Выявление начала маневрирования при использовании АИС производится за счет контроля изменения передаваемых целью значений своего курса, а в ряде случаев - и значений угловой скорости.

В САРП маневр обнаруживается путем статистического определения факта отклонения отметок цели от гипотезы прямолинейного равномерного движения. По данным исследований, проведенных специалистами, среднее время на выявление маневра по РЛС/САРП составляет 1 мин 25 с, а по АИС – 20 с.

У АИС нет и ряда других недостатков САРП, например, представления ошибочной картины маневрирования груженого большого танкера с настройкой на корме. Радиолокационная отметка такого танкера соответствует корме. Движение кормы при маневре курсом судна отличается от движения центра массы (рис. 5.2), что способствует еще большей задержке в выявлении маневра.

При использовании АИС **на дистанцию обнаружения судов-целей и точность определения их элементов движения 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-целей и наблюдения за этими судами в условиях сильного волнения моря и интенсивных осадков.

АИС позволяет сопровождать цели и получать их элементы движения при близком нахождении целей от берега и при

движении в узком канале. Она исключает возможность «обмена объектов» при близком нахождении целей друг от друга.

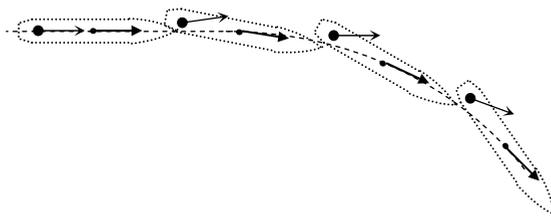


Рис. 5.2. К пояснению увеличения задержки выявления с помощью САРП маневра курсом большого грузевого танкера.

На сопровождение целей в САРП влияет разрешающая способность радиолокатора и величина стробов для селекции отметок сопровождаемых объектов, что может вызвать невозможность получения координат целей при движении их вблизи берега и «переброс» маркеров целей («обмен объектов») при их близком прохождении друг от друга.

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.

6. Станция управления движением судна

6.1. Назначение и структура.

Назначение. Бортовая станция управления движением - СУД (Maneuvering Control Station) служит для дистанционного управления судовыми силовыми средствами и для задания различных режимов управления движением судна. На ней сосредоточены органы для управления курсом, траекторией и скоростью судна.

СУД представляет собой пульт управления. Силовые средства, используемые при маневрах судна, и системы дистанционного управления ими характеризуются в специальных курсах подготовки штурманского состава.

Состав. На станции управления движением судна расположены:

- Многофункциональный штурвал (или круглая поворотная рукоятка) для управления курсом;
- Панель органов управления курсом и траекторией (Steering Controls);
- Панель органов дистанционного управления пропульсивными устройствами (Main Engine and Thrusters Controls);
- Дисплей для вождения судна (коннинг дисплей).

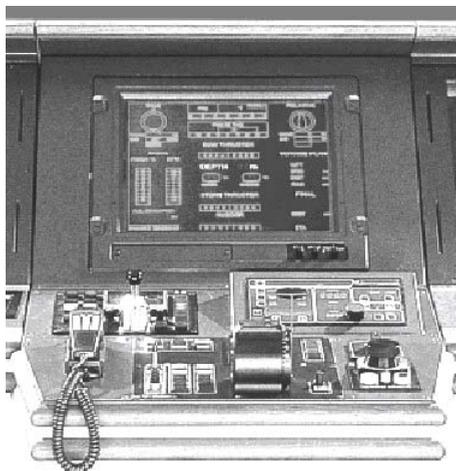


Рис. 6.1. Внешний вид станции управления движением судна.

Когда судно полностью управляемо по всем горизонтальным степеням свободы на предельно малых скоростях хода и снабжено дистанционной автоматизированной системой управления позиционированием (маневровой системой), то на станции управления имеется дополнительно **панель органов управления маневровой системы**.

Состав органов управления на панелях станции зависит от конфигурации движительно-рулевого комплекса судна и типа систем для управления им. На рис. 6.1 приведен общий вид станции управления движением интегрированного мостика фирмы Litton Marine Systems.

6.2. Панели органов управления.

Панель для управления курсом и траекторией. На этой панели размещены органы, с помощью которых производится ручное управление судном по курсу, выбираются режимы управления курсом и траекторией судна, задаются параметры поворотов, производится настройка авторулевого.

Внешний вид панели управления курсом и траекторией СУД интегрированной системы ходового мостика фирмы «Praxix automation technology» (Голландия) представлен на рис 6.2.

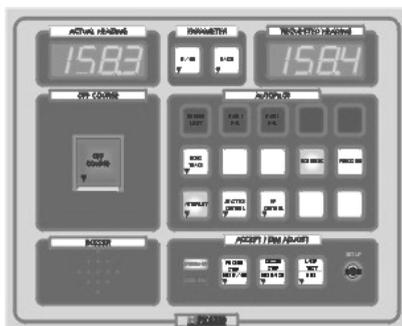


Рис. 6.2. Панель управления курсом и траекторией.

Режимы управления курсом. Количество таких режимов зависит от типа установленного на судне авторулевого (АР).

Ручные режимы. Может быть два ручных режима для управления судном по курсу: «простой» и «следящий» или только один «следящий» режим.

Автоматические режимы управления курсом. Если на судне установлен неадаптивный АР, то автоматический режим один. Он обычно именуется – «Автомат» (*Auto*). В этом режиме, если не производится ручная настройка, коэффициенты закона регулирования остаются постоянными. Поэтому этот режим иногда называют «*Auto-fixed*».

Когда на судне адаптивный АР, то может быть несколько автоматических режимов управления курсом: один без адаптации «*Auto-fixed*» и два или три с адаптацией, отличающиеся используемым критерием оптимальности. Это может быть критерий безопасности, направленный на обеспечение максимальной точности регулирования, и экономичный – предусматривающий минимальный расход ресурсов. Первый из этих режимов часто называют «*Стесненные воды*» (*Confined waters*), второй - «*Открытое море*» (*Open sea*).

У некоторых адаптивных АР имеется и третий режим адаптации, специально для оптимизации управления в условиях шторма - «*Штормовые условия*» (*Rough sea*).

В режиме «*Auto-fixed*» авторулевой выполняет регулирование курса по неизменному закону с постоянными коэффициентами, некоторые из которых можно подстроить вручную.

В режимах адаптации при изменении внешних и внутренних условий работы авторулевой самостоятельно изменяет характер управления для обеспечения наилучшего по выбранному критерию качества управления. Адаптивные авторулевые обычно приспособляются к изменению загрузки, скорости судна, глубины на мелководье, к изменению степени волнения и характера рыскания.

Режимы управления движением по траектории. Суда, на которых устанавливаются *ИСМ*, снабжаются системой автоматического вождения судна по заданной траектории – САВТ (*Track Control System*).

Со станции управления движением может устанавливаться *ручной* или *автоматический режим* проводки судна по траектории.

В *автоматическом режиме* САВТ сама без непосредственного участия человека проводит судно по запланированному пути, элементы которого должны храниться в памяти *ИСМ*. Автоматический режим часто именуют *навигационным режимом* (*NAV*). Для него могут использоваться и названия: “*Track steering*”, “*Track keeping*”, “*Track auto*”. Некоторые САВТ дополнительно к названному имеют автоматический режим управления, обеспечивающий движение к заданной точке (*Way point steering*).

Регулировки для режима «Auto-fixed». В различных типах авторулевых при ручной настройке на качественное управление регулируются разные параметры. Для настройки большинства находящихся в эксплуатации авторулевых используется три-четыре регулировки. Встречаемые в АР виды регулировок приведены ниже.

Регулировка общего коэффициента усиления управляющего сигнала (k_p). Такая регулировка называется «Руль» (*Rudder*). С ее помощью пропорционально изменяется величина вырабатываемого АР заданного значения перекладки руля. Диапазон выбора k_p обычно составляет 0.5÷5.0.

Регулировка коэффициента усиления управляющего сигнала, пропорционального производной рыскания (k_d). Регулировка k_d определяет степень одерживания судна рулем. Чаще всего она называется «Контрруль» (*Counter rudder*). Диапазон изменения значений k_d лежит в пределах от 0 до 30. Для установки регулятора обычно используется шкала с условными делениями, от нуля до единицы, либо от нуля до десяти.

Регулировки для подстройки АР к работе при плохой погоде. Для этой цели может применяться *регулировка зоны нечувствительности*, либо *регулировка скорости руля*. Они предназначены для уменьшения частоты и величины перекладок руля при рыскании судна на волнении.

С помощью первого регулятора загрубляется работа авторулевого путем увеличения диапазона его нечувствительности в условиях волнения. Зона нечувствительности может выбираться в пределах $0^0 \div 3^0$. Этот регулятор называется «Рыскание» (*Yaw*). В некоторых АР для него используется название «Погода» (*Weather*).

Регулятор «Скорость руля» (*Rudder's rate*) служит для снижения реакции авторулевого на волновое рыскание путем уменьшения скорости руля. С увеличением рыскания судна от волн скорость руля уменьшают. Диапазон выбора регулируемого параметра обычно составляет 1.5÷5.0 $^0/с$.

Регулировка «Рулевой предел» (*Rudder limit*) используется для ограничения максимального значения перекладок руля. Применяется она с целью избежания значительных углов крена при поворотах. Диапазон выбора ограничений обычно составляет $5^0 \div 35^0$.

Задание автоматически выполняемых поворотов включает установку: функции поворота, ее параметра, значения нового курса.

Наиболее распространенными **функциями автоматического изменения курса** являются:

- с заданной угловой скоростью,

– с заданным радиусом.

Установка значений параметра функций поворотов может быть плавной либо дискретной.

В зависимости от времени начала выполнения могут быть два режима поворотов:

- с началом в момент установки нового курса (Accept HTS),
- с началом по дополнительной команде после назначения нового курса (Preset HTS).

Панель пропульсивных установок. На этой панели располагаются органы управления главным двигателем и подруливающими устройствами. В качестве примера на рис. 6.3 представлена панель пропульсивных установок фирмы «Praxix automation technology».



Рис. 6.3. Панель управления главным двигателем, носовым поперечным и кормовым азимутальными подруливающими устройствами

Для изменения и поддержания скорости хода могут выбираться следующие режимы управления главным двигателем:

- Нормальный маневренный,
- Замедленный экономичный для набора и снижения скорости,
- Для длительного движения одним ходом,
- Экстренный.

С панели управления пропульсивными установками на СУД может обеспечиваться выполнение следующих операций:

- пуск подготовленного к работе ГД, а в случае неудачного первого пуска - повторные попытки с подачей светозвукового сигнала;
- реверс ГД, в особых случаях экстренный реверс дизеля с подачей контр воздуха при определенном снижении частоты вращения с возможностью одновременного отключения защит, кроме защиты по разному двигателю;
- изменение частоты вращения вала ГД в соответствии с нормальной, замедленной и экстренной программами управления;
- аварийная остановка ГД при подаче соответствующей команды с пульта управления;
- независимый от компьютерного ручной режим управления главным двигателем с мостика.

Панель маневровой системы. Суда, которые на предельно малых скоростях способны управляться по всем горизонтальным степеням свободы, называются **вполне** или **полностью управляемыми**. Для обеспечения такой управляемости судно снабжается достаточным числом вспомогательных силовых средств: поперечными и/или азимутальными подруливающими устройствами, активными рулями или другими средствами.

На вполне управляемых судах, имеющих несколько силовых органов, стали популярными джойстиковые системы управления, значительно упрощающие задачу маневрирования в стесненных акваториях. В этих системах выполнение маневров сводится к управлению плоскопараллельным перемещением судна с помощью **джойстика** и к управлению его ориентацией по курсу с помощью штурвала либо круглой поворачивающейся рукоятки - **кноба**. Выбор соответствующих режимов работы силовых средств по командам джойстика и кноба выполняет компьютер.

Переход от оперирования отдельными силовыми средствами (винтами, рулями, подруливающими устройствами...) к управлению только плоскопараллельным движением и ориентацией по курсу, позволяет минимизировать количество органов для ручного управления маневрами судна.

Системы для упрощенного выполнения маневров на предельно малых скоростях хода называют **электронными маневровыми системами**. Их также именуют *джойстиковыми дистанционными системами управления судном*, либо *системами дистанционного автоматического управления позиционированием (ДАУП)*. Эти системы устанавливаются на пассажирских лайнерах и паромах, ро-ро судах, буксирах спасателях, танкерах, газовозах и на других судах, деятельность которых связана с частыми маневрами при малых

скоростях движения или с необходимостью обеспечения повышенной безопасности.

Современные джойстиковые маневровые системы являются компьютеризованными. Они имеют режимы:

- ручного управления плоскопараллельным движением с помощью джойстика и ориентацией по курсу с помощью кноба;
- ручного управления плоскопараллельным движением с автоматической стабилизацией курса.

В *ИСМ* на станции управления движением **на панели маневровой системы располагаются:**

- включатель маневровой системы в работу;
- кноб – круглая рукоятка для управления курсом (вращением корпуса);
- переключатель трех видов поворотов судна с центром: *в носу, на миделе, в корме*;
- переключатель двух режимов управления курсом: *ручного и автоматического*;
- джойстик - рукоятка для управления плоскопараллельным движением судна.



Рис. 6.4. Панель управления маневровой системы.

В качестве примера на рис. 6.4 показана панель управления маневровой системы фирмы «Praxix automation technology».

При управлении плоскопараллельным движением *сторона* наклона джойстика, задает направление силы упора, которую должны создать силовые средства. *Величина наклона джойстика* определяет модуль результирующей силы упора.

Кнобом в режиме ручного управления курсом задается величина момента для поворота судна. *Сторона*, в которую поворачивается кноб, определяет направление изменения курса. *Угол отворота* кноба от нулевого положения задает величину управляющих сил, обеспечивающих поворот судна относительно выбранного центра вращения.

В режиме авто ориентации кнобом устанавливается курс, который должна автоматически удерживать маневровая система. Поворот

судна, при установке для стабилизации нового заданного значения курса, в этом режиме ориентации выполняется относительно выбранного центра вращения.

6.3. Коннинг дисплей.

Монитор СУД служит для отображения входных и выходных параметров систем управления судном и называется **коннинг дисплеем** (Conning Display). Это название происходит от английского слова *con*, которое означает – вести судно.

Коннинг дисплей представляет судоводителю заданные и текущие значения управляемых величин, основные элементы движения судна, параметры действующих на судно возмущений.

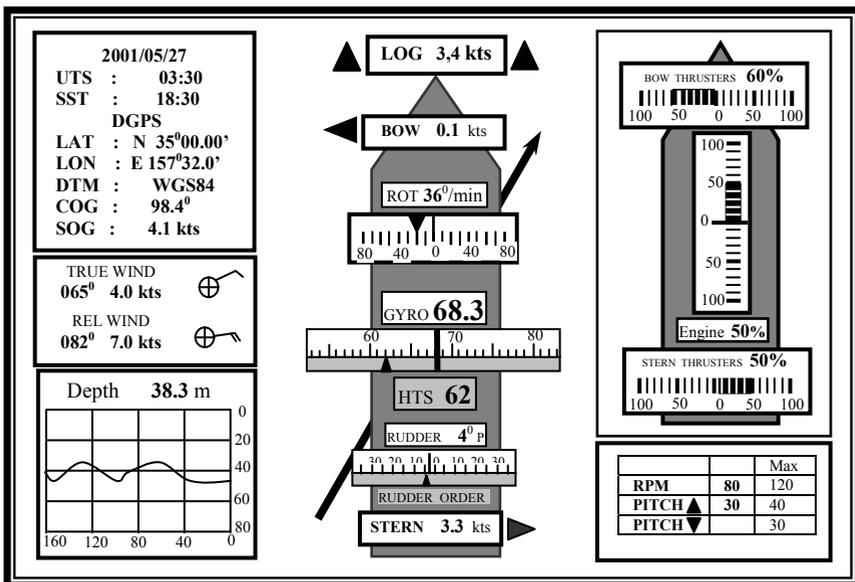


Рис. 6.5. Форма отображение данных для процессов швартовки

Информация о параметрах систем управления может отображаться на коннинг дисплее в форме для перехода – Voyage Screen, или в форме для швартовки – Berthing (docking) Screen. Если на судне имеется джойстиковая маневровая система, то может быть две формы для швартовки – с применением джойстиковой системы и без нее.

Разработанные разными фирмами-изготовителями формы отображения данных на дисплее для вождения судна отличаются друг от друга. Для примера на рис. 6.5 представлена одна из форм отображения информации для процессов швартовки.

Форма отображения данных для швартовки содержит:

- Дату и время;
- Координаты и их датум;
- Курс и путевой угол;
- Лаговую и путевую скорость;
- Скорость поворота;
- Параметры истинного и кажущегося ветра;
- Глубину под килем;
- Боковые скорости носа и кормы;
- Задаваемое и действительное положение руля;
- Режимы работы ГДУ и подруливающих устройств;
- Частоту вращения ВРШ,
- Угол лопастей ВРШ.

Форма отображения данных для перехода не включает скорость носа, кормы, а также схему режимов работы подруливающих устройств и главного двигателя (Справа сверху на рис. 6.5). Вместо этой схемы представляются данные, характеризующие плавание по маршруту:

- Название маршрута,
- Номер точки предстоящего поворота,
- Боковое отклонение от линии пути,
- Пеленг, дистанция точки поворота,
- Время следования до точки поворота и прихода в нее,
- Курс нового отрезка пути.

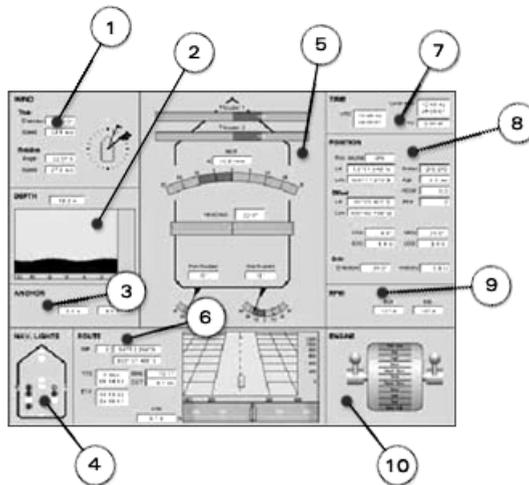


Рис. 6.6. Форма отображения данных в системе Navy-Copping фирмы «Транзас».

Формы отображаемых на коннинг дисплее данных ряда *ИСМ* дополнительно к вышеперечисленным элементам содержат сведения о навигационных огнях. Такую информацию включает, например, коннинг дисплей фирмы «Транзас».

На его экране (рис. 6.6) представляются следующие данные:

1. Элементы ветра;
2. Глубина;
3. Сведения об отданных якорях;
4. Навигационные огни;
5. Курс, скорость, положение руля;
6. Данные о прохождении маршрута;
7. Время;
8. Координаты судна;
9. Частота вращения винта;
10. Режим ГДУ.

7. Система оценки и оптимизации мореходности.

7.1. Общие сведения.

Мореходность и влияющие на нее факторы. *Мореходностью* называется способность судна к безопасному плаванию в условиях интенсивного морского волнения и ветра. Мореходность может рассматриваться как безопасность грузов на судно в штормовых условиях с точки зрения устойчивости, прочности и герметичности корпуса, надежной работы систем и механизмов, управляемости.

В условиях шторма величина воздействий на судно зависит от интенсивности волнения, размеров судна, его скорости и курса относительно направления распространения волн. Опасными являются напряжения на корпусе при больших амплитудах и ускорениях качки, при заливаемости носовой части судна, при различных видах слеминга (особенно днищевом), при оголении винта, при движении судна на попутных волнах большой высоты.

Самыми **неблагоприятными по отношению к бортовой качке** (с точки зрения величины вызывающих ее сил) являются курсовые углы к волне, близкие к 90° , а наилучшими – равные нулю или 180° . Когда судно в условиях сильного волнения располагается лагом к волне, особенно опасен резонанс бортовой качки.

По отношению к килевой качке влияние курсового угла волн обратное. На волнении с носа или с кормы килевая качка наиболее интенсивна. При встречном волнении существенно возрастает сопротивление движению судна, могут наблюдаться явления заливания носовой части судна, оголения винта, слеминга.

Значительное увеличение сопротивления ходу судна в условиях волнения может привести к перегрузке главного двигателя и к необходимости снижения его мощности.

Изменение погружения и оголение гребного винта сопровождается снижением эффективности его действия, попеременным разгоном и торможением, значительными колебаниями нагрузки на гребном валу. Это оказывает вредное влияние на главный двигатель и требует ограничения его мощности по защитным параметрам.

Переменные гидродинамические нагрузки, действующие на винт при качке, могут вызвать вибрацию гребного вала и кормы, привести к

поломке лопастей винта, конструкций гребного валопровода. Разгон и торможение винта при его периодическом оголении и погружении неблагоприятны для гребных установок, особенно для широко распространенных дизельных двигателей.

Наибольшее заливание носовой части судна происходит на встречном волнении при условии равенства длины волны длине судна.

Слеминг появляется на волнении с носовых курсовых углов, когда:

- кажущийся период волнения близок к периоду собственных колебаний судна при килевой качке,
- кажущаяся крутизна волны составляет не менее 1:30,
- скорость вертикальных колебаний корпуса превышает $3.5 \sqrt{L}$ м/с.

Бортовой слеминг (випинг) представляет собой сильные удары волн в развал носа. Они могут сопровождаться вибрацией корпуса. Явления заливания и випинга вызывают повреждения бака, наружной обшивки, люковых закрытий, палубного оборудования и т.д.

Днищевой слеминг появляется при сильном волнении с носовых курсовых углов, когда осадка носом меньше $0.04 \div 0.05$ длины судна. Большие динамические нагрузки на днище судна при ударе об воду могут привести к серьезным повреждениям обшивки, набора корпуса и оборудования.

Резонансные явления. При резонансе интенсивность качки и соответственно величина нагрузок на корпусе резко возрастают. Условием возникновения резонанса (бортовой, килевой, вертикальной) качки является совпадение периода собственных колебаний судна на качке с кажущимся преобладающим периодом волнения в диапазоне $\pm 30\%$. Исходя из этого условия, определяются резонансные зоны волнения. Под **резонансной зоной** понимается область значений курса и скорости судна, в которой период кажущегося волнения находится в пределах $(0.7 \div 1.3) T_K$, где T_K – период собственных колебаний судна при качке.

Периоды свободных колебаний судна при бортовой (T_θ), килевой (T_ψ) и вертикальной (T_ζ) качке приближенно могут быть получены по формулам:

$$T_\theta = CB / \sqrt{h}; \quad T_\psi \approx 2,4\sqrt{T}; \quad T_\zeta \approx T_\psi;$$

где B – максимальная ширина судна, T – осадка судна, h – поперечная метацентрическая высота, $C \approx 0,7 \div 0,8$.

Следует учитывать, что резонансная зона – не всегда эффективная оценка опасности нагрузок на корпусе, так как интенсивность резонансных явлений зависит от силы волнения, размеров судна, а также от его демпфирующих свойств. При умеренном волнении в

резонансной зоне энергии волн может оказаться недостаточно, чтобы раскачать крупнотоннажное судно до значений, при которых нагрузки на корпусе опасны.

Суда со скуловыми килями, обладающие большими демпфирующими свойствами, накрены меньше и испытывают меньшие нагрузки при резонансе бортовой качки. Поэтому в действительности опасные области сочетаний значений курса и скорости судна в условиях волнения могут быть как уже, так и шире резонансных зон.

Уменьшение остойчивости. Опасным в отношении потери остойчивости является движение судна на сильном попутном волнении, когда длина и скорость волн близки к длине и скорости судна. При прохождении вершины волны около миделя судна при равенстве ее длины длине корпуса поперечная метацентрическая высота и остойчивость судна уменьшаются. Когда скорость бега волны равна скорости хода, то неустойчивое состояние судна сохраняется продолжительное время, которое может оказаться достаточным для появления опасного крена, чреватого опрокидыванием судна.

При движении на спутной волне может произойти потеря управляемости и самопроизвольный разворот судна лагом к волне, сопровождаемый большим креном – *бровичинг*. Наиболее опасным является захват судна на переднем склоне волны, имеющей скорость больше скорости судна и длину $\lambda=0,8\div 1,3L$. Бровичингу в основном подвержены малые суда.

Методы оценки мореходности. Традиционно судоводители судят о мореходности на основе оценки характера качки, по отсутствию заливаемости, слеминга, оголения винта. При такой оценке используются различного вида штормовые диаграммы. Из всех элементов волнения и качки инструментально в **традиционном методе** измеряется только *период и направление волнения*.

Более объективная оценка мореходности судна выполняется с помощью **приборных методов**. Они основываются на косвенном и непосредственном измерении напряжений корпуса с последующим сравнением получаемых значений с допустимыми для судна. В условиях волнения силы на корпусе косвенно характеризуются параметрами качки.

Применение приборных методов стало возможным после создания надежных измерительных устройств, необходимых для оценки мореходности. Современные датчики параметров движения судна на качке включают в свой состав акселерометры и микропроцессор. Они могут измерять ускорение, скорость и величину:

- бортовой качки,

- килевой качки,
- вертикальной качки,
- рыскания,
- поперечного движения корпуса.

Созданы устройства для непосредственного измерения напряжений на корпусе, а также аппаратура для получения параметров морского волнения (высоты, периода, направления) по данным судовой навигационной РЛС.



Рис. 7.1. Основной модуль системы.

Приборный метод реализован в специальных электронных системах для оценки мореходности. В ограниченной конфигурации они получили название «*Системы мониторинга нагрузок на корпусе*» – *СМН* (Hull Stress Monitoring System - *HSMS*).

В относительно полной конфигурации эти системы называют по-разному. Одно из таких названий - *Системы оценки и оптимизации мореходности* – *СОМ* (Vessel Seaworthiness Assessment and Optimization System).

В настоящее время устройствами для измерения параметров качки и напряжений корпуса снабжены около 100 балкеров, ряд танкеров и контейнеровозов. Вид расположенного на мостике модуля одной из таких систем представлен на рис. 7.1.

Внедрение электронных систем оценки мореходности в практику судовождения обусловлено следующими обстоятельствами.

Используя традиционную методику оценки мореходности для крупнотоннажных судов, особенно балкеров, даже опытный капитан в отдельных случаях не может с уверенностью сказать, опасны ли вызванные волнением нагрузки на корпусе. Этот недостаток традиционного метода подтверждается статистикой конструктивных повреждений балкеров на волнении. Доля таких повреждений в общем

числе аварий и аварийных происшествий составляет около 15%. Учитывая необходимость их уменьшения, ИМО разработало «Рекомендации по установке систем мониторинга нагрузок на корпусе для повышения безопасной эксплуатации судов, перевозящих сухие грузы навалом» (Maritime Safety Committee circular, MSC/Circ.646, 1994).

Побуждающим фактором для внедрения систем оценки мореходности на разных типах судов стало также ужесточение требований к анализу причин аварий. Так как конструктивные повреждения являются одним из видов аварий, то при разработке требований к судовому регистратору данных рейса (*РДР*) ИМО посчитало целесообразным внести в состав подлежащих регистрации параметров - **ускорения и нагрузки на корпусе** (резолюция ИМО А.861(20), 1997). Это требование влечет за собой необходимость установки на судах, которые должны быть оборудованы *РДР* (суда валовой вместимостью свыше 3000 р.т. и пассажирские суда), приборов или систем для измерения названных параметров.

7.2. Рекомендации ИМО по установке СМН.

Системы мониторинга нагрузок на корпусе ИМО рекомендует устанавливать на балкерах дедвейтом 20 тыс. тонн и более. Аппаратурное и программное обеспечение системы должно быть одобрено Администрацией. В приложении к циркуляру MSC/Circ.646 содержатся минимальные требования к *СМН*, которые освещены ниже.

Цель. Система мониторинга нагрузок на корпусе предназначена для обеспечения капитана и штурманского персонала информацией о параметрах качки и нагрузках на корпусе в процессе рейса и в течение поручозных/разгрузочных операций.

Эта система должна рассматриваться как вспомогательное средство. Она не освобождает судоводительский состав от принятия решений по обеспечению безопасности судна и от ответственности.

Компоненты системы. ИМО предлагается следующая конфигурация *СМН*:

- датчики напряжений на корпусе,
- акселерометр для измерения вертикального ускорения на носу судна,
- два акселерометра в центральной части судна для измерения ускорений бортовой качки и поперечного смещения,
- микропроцессор,
- дисплей для представления информации датчиков и результатов ее обработки в удобном для оператора виде,

- устройство хранения данных для аккумуляции информации с целью ее статистической обработки.

Датчики напряжений устанавливаются на главной палубе около каждого грузового трюма и в местах возникновения при общем продольном изгибе максимальных сил сжатия и растяжения. Они должны измерять силы напряжения палубы в процессе рейса и при грузовых операциях.

Микропроцессор предназначен для интерпретации сигналов датчиков, для сравнения их с допустимыми граничными значениями, одобренными национальной Администрацией. Рекомендуется соединять его с компьютером для расчета погрузки с целью получения сведений о фазе погрузочных или разгрузочных операций (начальная, промежуточная, конечная). Процессор с помощью звуковых и визуальных средств должен сообщать о высоких уровнях нагрузки на корпусе, приближающихся к пороговым значениям.

Информация датчиков. Измерители напряжений на главной палубе должны учитывать температурный эффект и давать информацию о текущем и среднем значении нагрузки в месте их установки. На основе анализа этой информации должны формироваться предупреждения о возможности проникновения воды в трюма.

Требуется, чтобы сигналы от акселерометров характеризовали вертикальное и поперечное движение корпуса судна. На основе анализа этой информации должны вырабатываться предупреждения о возможности слеминга.

Контроль работы системы. В системе следует использовать средства, гарантирующие целостность получаемой информации. Проверки всей системы должны производиться через интервал времени, одобренный Администрацией.

7.3. Системы для оценки и оптимизации мореходности.

Кратко охарактеризуем теперь более совершенные средства, предназначенные для оценки, прогноза и оптимизации мореходности в процессе перехода и для контроля прочности корпуса при грузовых операциях. Они представляют собой системы информационной поддержки решений судоводителя по обеспечению безопасности судна в штормовых условиях.

Такая система использует для решения своих задач информацию приборов, перечисленных в рекомендациях ИМО к *СМН*, и данные других измерительных устройств. Среди них можно назвать:

- инклинометры для измерения ускорений, скорости и углов бортовой и килевой качки;
- приемник СНС для получения координат места, путевого угла и путевой скорости судна;
- датчик давления воды на уровне днища в носовой части для оценки погружения форштевня, слеминга;
- датчики параметров работы ГДУ (частоты вращения и упора винта, момента на валу, передаваемой мощности) для получения информации об изменениях сопротивлений движению судна и вращению винта;
- подсистему мониторинга параметров морского волнения по данным РЛС.

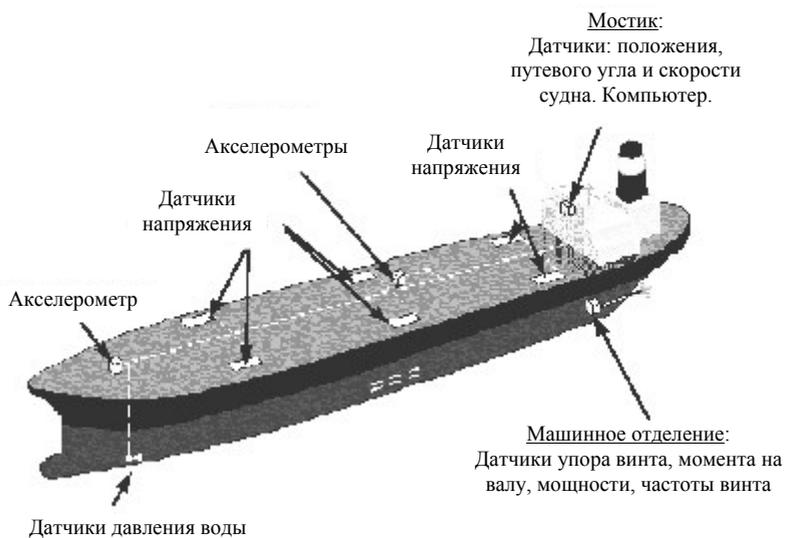


Рис.7.2. Расположение датчиков системы на судне.

Для примера на рис. 7.2 представлен набор датчиков, используемый в системе оценки мореходности фирмы «Scimar».

Существующие системы для оценки, прогнозирования и оптимизации мореходности в определенной степени отличаются друг от друга составом оборудования, перечнем решаемых задач, информационными ресурсами.

Типовая *СОМ* выполняет следующие функции:

- Постоянно измеряет параметры качки (вертикальное, боковое ускорения, углы бортовой и килевой качки, погружение носа и др.), силы сжатия/растяжения от общего продольного изгиба в различных местах на палубе. Сравнивает результаты измерений с допустимыми предельными значениями. Сигнализирует о превышении пороговых значений.
- Сохраняет результаты измерений, производит их статистический анализ.
- Показывает графики изменения измеряемых параметров за введенный оператором интервал времени.
- На основе обработки результатов измерений за время, порядка 20 минут, определяет высоту, период и направление волн.
- Оперативно предсказывает на следующие 20 минут параметры качки, вероятность слеминга, заливания, оголения винта.
- Вырабатывает рекомендации о благоприятных (с точки зрения мореходности) значениях курса и/или скорости для движения в условиях волнения.
- По введенным данным о предполагаемом новом курсе и/или скорости предсказывает параметры всех видов качки, нагрузки на корпусе, вероятность слеминга, заливаемости и оголения винта, величину падения скорости. Предупреждает, если предсказанные значения параметров превышают пороговые.
- Позволяет через каналы связи получать, сохранять в памяти и отображать на экране прогнозы погоды через 12 часов на время до 7 суток вперед.
- По прогнозу волнения, по данным о намеченном курсе и скорости находит прогностические оценки падения скорости, параметров всех видов качки, нагрузок на корпусе, определяет вероятность слеминга, заливания палубы и оголения винта. Сигнализирует, если результаты прогноза неблагоприятны для судна.
- Позволяет оформлять отчеты об условиях плавания и параметрах, характеризующих мореходность судна, на различных участках выполненного рейса.

Для примера на рис. 7.3 приведен экран *СОМ* фирмы «Litton Marine Systems» для представления результатов измерений и обработки данных о параметрах качки.

Если в состав *СОМ* входит подсистема мониторинга морского волнения по данным РЛС, то значения параметров волнения получаются практически в реальном масштабе времени (с запаздыванием 2 мин.).

Достоинства системы. Внедрение систем для оценки мореходности на судах повышает безопасность плавания, погрузки/выгрузки, и экономическую эффективность эксплуатации судов за счет:

- более точной и объективной оценки нагрузок на корпусе в условиях волнения по сравнению с традиционным методом;
- непрерывного контроля нагрузок при грузовых операциях;

- снижения вероятности повреждений обшивки и набора судна, груза, механизмов;
- уменьшения затрат на ремонт.

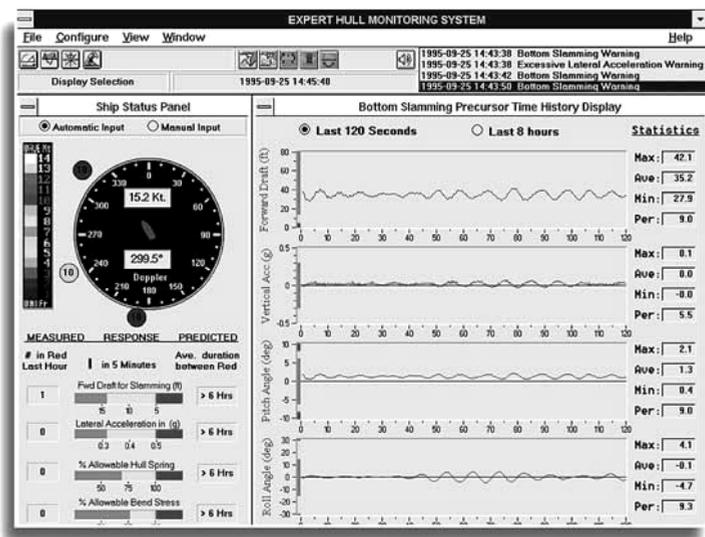


Рис. 7.3. Экран *СОМ* для представления параметров качки и нагрузок на корпусе.

Кроме того, эта система обеспечивает получение информации, подлежащей регистрации в «черном ящике» *РДР*.

7.4. Система мониторинга параметров морского волнения.

7.4.1. Основные сведения о системе.

Назначение. Система мониторинга параметров волнения (*СМПВ*) служит для:

- извлечения данных о волнении из экосигналов РЛС,
- сохранения полученных данных,
- представления судоводителю значений параметров волнения на текущий и прошлые моменты времени,
- уведомлений об изменении силы волнения.

Данные о волнении на судне используются для разных целей. В-первых, они нужны при выборе режима штормования. Одним из достоинств *СМПВ* является то, что эти данные могут быть получены не только в дневных, но и в ночных условиях. При необходимости это позволяет штурманскому составу изменять режим штормования и ночью, не дожидаясь утра.

Во-вторых, знание реальных параметров волнения способствует улучшению адаптации авторулевых.

Следует также отметить, что высота значительных волн является основным операционным параметром для разрешения эксплуатации высокоскоростных судов. На таких судах *СМПВ* позволит в процессе рейса определять, приближаются ли к предельному значению высоты волн при ухудшении погоды.

На судне система мониторинга параметров волнения может работать автономно, либо входить в состав системы оценки и оптимизации мореходности.

Состав системы и предоставляемые данные. *СМПВ* состоит из конвенционной навигационной РЛС, высокоскоростного дигитайзера для преобразования эхосигналов РЛС в цифровой код, блока хранения данных, стандартного персонального компьютера и специального программного обеспечения.

СМПВ предоставляет текущие и прошлые значения следующих параметров волнения:

- высоты $h_{1/3}$ значительных волн;
- высоты $h_{3\%}$ максимальных волн (высота волн 3% обеспеченности:
 $h_{1/3} = 0.75h_{3\%}$);
- среднего периода волнения;
- периода преобладающих волн;
- скорости и направления бега преобладающих волн;
- длины преобладающих волн.

Под ***преобладающими волнами*** здесь понимается главная гармоника волнения, соответствующая пику его спектра. На эту гармонику приходится максимум энергии волн.

СМПВ легко различает волны с длиной 40÷600 м. и с периодом от 5 до 40 с.

В графической форме на дисплее системы могут отображаться:

- частотный спектр волнения,
- спектр по направлению,
- спектр по частоте и направлению,
- график изменения во времени высот значительных волн и периода преобладающих волн,

- другие данные.

На рис. 7.4. показан вид представления данных о волнении в *СМПВ Wavex* фирмы Miros (Норвегия). Эта система обеспечивает получение параметров волнения с погрешностями, представленными в табл. 7.1.

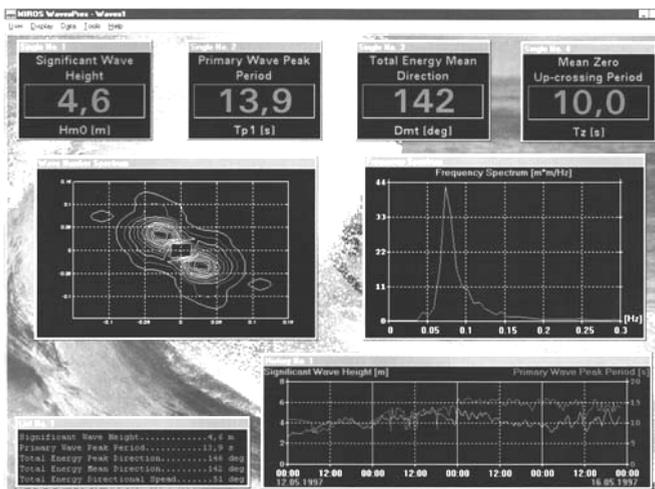


Рис. 7.4. Отображение информации о волнении в *СМПВ Wavex*.

Таблица 7.1.

Погрешности определения параметров волнения в системе Wavex.

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

Требования к РЛС. Из существующих систем мониторинга параметров морского волнения по данным РЛС можно назвать *Wavex* фирмы Miros (Норвегия) и систему *WaMoS II* фирмы OceanWaveS (Германия). Название первой системы является сокращением от Wave Extractor, а второй – от Wave Monitoring System.

Охарактеризуем требования к РЛС со стороны системы *Wavex*. Для возможности получения данных волнения с требуемой точностью технические параметры РЛС должны быть следующими:

- диапазон волн – 3-х сантиметровый (X-band);

- ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости - не более 1.3° ;
- частота вращения антенны - $24 \div 48$ об/мин.
- длительность зондирующего импульса - $50 \div 80$ нс.
- частота повторения импульсов - $1000 \div 2000$ Гц или больше.
- высота антенны над уровнем моря - $15 \div 45$ м.

Для целей мониторинга волнения выбирают малые шкалы дальности РЛС, обычно в пределах 3-х миль.

7.4.2. Интерпретация волнения и экосигналов РЛС от моря.

Два типа повторяющихся явлений. Существуют события и явления, которые происходят через одинаковый интервал во времени или в пространстве.

Повторяющиеся во времени события характеризуются *периодом*, обозначим его Δt . Величина $f_t = 1/\Delta t$ называется *частотой* или *временной частотой* события. Ее также именуют *частотой повторения во времени* или *частотой по временной координате*. Отношение $\omega_t = 2\pi/\Delta t$ представляет собой *угловую (круговую) частоту* повторения события.

Повторяющиеся в пространстве явления. События могут повторяться и в пространстве. Например, по линии электропередачи столбы для проводов устанавливаются через одинаковый интервал расстояния, обозначим его Δx . Отношение $f_x = 1/\Delta x$ именуется *частотой события по пространственной координате x*. Величина $\omega_x = 2\pi/\Delta x$ представляет собой *угловую (круговую) частоту повторения события по координате x*.

С целью сокращения названий угловые частоты ω_t , ω_x , ω_y , ... повторения событий по координатам t , x , y , ... соответственно будем также именовать *t-частотой*, *x-частотой*, *y-частотой*, ...

Интерпретация волнения. Волнение относится к явлениям, элементы которых имеют повторяющийся характер. Реальное волнение моря представляет собой протекающий во времени нерегулярный, трехмерный процесс. Следующие одна за другой волны различаются между собой по амплитуде, периоду, длине и форме. Протяженность гребней ветровых волн невелика и составляет около $2 \div 3$ длин волны. У зыби протяженность гребней значительно больше. В ряде случаев она рассматривается как **плоские волны**, т.е. как двумерные волны с бесконечной длиной гребней. Предельные высоты ветровых морских волн составляют $20 \div 30$ м., а их длина не превышает 600 м.

Нерегулярность и определенная хаотичность взволнованной поверхности моря дали основание **представлять волнение в виде случайного стационарного процесса**. При этом *волнение рассматривается как суперпозиция (наложение) бесконечного множества элементарных гармонических (синусоидальных) плоских волн, отличающихся по амплитуде, частоте, направлению*.

Морское волнение анализируют во времени и в пространстве. При решении задачи нахождения параметров волнения по эхосигналам РЛС высота h морской волны рассматривается как случайная функция трех аргументов

$$h = F_h(x, y, t). \quad (7.1)$$

Аргументами этой функции служат t – время; x, y – координаты точек в горизонтальной прямоугольной системе $хоу$.

Для получения данных о волнении анализируется обычно информация РЛС о небольшом участке акватории около судна, порядка ± 600 м по x и y . Назовем этот участок **субакваторией**.

Начало системы $хоу$ помещается в точке субакватории, соответствующей расположению антенны РЛС. При наблюдении волнения на судне ось $ох$ направляется вдоль ДП к носу. Если волнение оценивается с неподвижного относительно грунта объекта, например, с буровой платформы или с береговой станции, то ось $ох$ обычно направлена на север.

Виды координатной системы субакватории. Сокращенно в общем случае систему $хоу$ обозначим как $\langle Q \rangle$.

Когда эта координатная система связана с объектом, который *не имеет перемещения относительно воды*, назовем ее $\langle o \rangle$.

Если РЛС, а, следовательно, и начало системы $хоу$ (антенна РЛС) *находится на движущемся судне*, то $хоу$ представим как систему $\langle S \rangle$.

Символом $\langle G \rangle$ обозначим систему $хоу$, которая *связана с неподвижным относительно грунта объектом*. Это случай, когда РЛС установлена на берегу, либо на буровой или нефтегазовой платформе.

Основные зависимости между элементами плоских волн. Представим схематически одну плоскую гармонику морского волнения в горизонтальной системе координат $хоу$, начало которой связано с местом антенны РЛС (рис. 7.5). На этой схеме $ор$ - ось направления бега волн, перпендикулярная к их гребням. Расстояние

Δp между соседними гребнями по этой оси представляет собой длину волны λ_w . Угол q между осью ox и обратным направлением op (направлением, откуда приходят волны) называется **курсовым углом волн**.

Промежутки между соседними гребнями волн по направлениям ox и oy обозначим соответственно Δx , Δy . Учитывая изложенное выше, можно получить следующие **выражения для угловых частот волнения** по осям ox , oy , op :

$$\omega_x = 2\pi/\Delta x, \quad \omega_y = 2\pi/\Delta y, \quad \omega_p = 2\pi/\Delta p = 2\pi/\lambda_w. \quad (7.2)$$

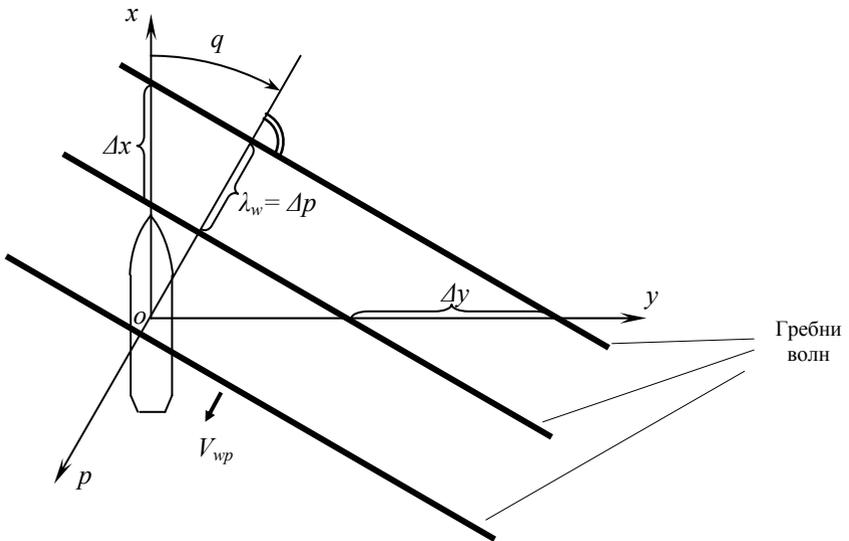


Рис. 7.5. К характеристике параметров плоских волн.

P -частота называется **частотой формы** или **пространственной частотой волны**. Ее можно рассматривать как двухмерный вектор $\vec{\omega}_p = (\omega_x, \omega_y)$ с координатами ω_x , ω_y . Модуль этого вектора равен:

$$\omega_p = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2}. \quad (7.3)$$

Касаясь **частоты волнения по времени**, следует отметить, что ее значение зависит от системы отсчета, в которой наблюдается волнение. T -частоту волнения в координатной системе $\langle Q \rangle$ обозначим

символом $\omega_i^{(Q)}$. Величина $\omega_i^{(Q)}$ связана с частотой формы волны следующим соотношением:

$$\omega_i^{(Q)} = V_{wp}^{(Q)} \omega_p, \quad (7.4)$$

где - $V_{wp}^{(Q)}$ - скорость перемещения гребня волны по оси op в выбранной системе отсчета $\langle Q \rangle$.

Частоту волнения в $\langle o \rangle$ -системе координат, связанной с водной массой, на поверхности которой образуются волны, называют **истинной (собственной) частотой волнения** ω_i . Скорость перемещения гребня плоской волны по оси op в системе отсчета $\langle o \rangle$ равна собственной скорости ее бега по водной поверхности.

Истинная скорость бега плоской морской волны связана с частотой формы этой волны соотношением, полученным Ле Блондом и Мусаком:

$$V_w = \sqrt{\frac{g \tanh(\omega_p H)}{\omega_p}}. \quad (7.5)$$

В этой формуле g – ускорение силы тяжести, H – глубина моря.

Из выражений (7.4), (7.5) следует, что **собственная частота плоской волны** будет равна:

$$\omega_i^{(o)} = \omega_i = \sqrt{g \omega_p \tanh(\omega_p H)}. \quad (7.6)$$

Частота волнения в $\langle G \rangle$ -системе отсчета. Если координатная система, в которой наблюдается волнение, связана с Землей, то скорость бега волн в ней $V_{wp}^{(G)}$ складывается из собственной скорости V_w перемещения волны (относительно воды) и проекции V_{Tp} скорости \vec{V}_T поверхностного течения на ось op . Течение с водной массой переносит всю систему плоских волн.

Подставляя выражение (7.5) в (7.4) с учетом того, что $\langle Q \rangle = \langle G \rangle$, получим **t -частоту волнения** $\omega_i^{(G)}$ при рассмотрении его в неподвижной относительно грунта координатной системе:

$$\omega_i^{(G)} = \sqrt{g \omega_p \tanh(\omega_p H)} + \omega_p V_{Tp}, \quad (7.7)$$

Частота волнения в координатной системе $\langle S \rangle$. Если наблюдать волнение на движущемся судне, то

$$\omega_t^{(S)} = \sqrt{g\omega_p \tanh(\omega_p H) - \omega_p V'_p} = \sqrt{g\omega_p \tanh(\omega_p H) - \omega_p (V_p - V_{Tp})} \quad (7.8)$$

где V_p, V'_p - проекции на ось op вектора \vec{V} скорости судна относительно грунта и вектора \vec{V}' скорости судна относительно воды ($\vec{V} = \vec{V}' + \vec{V}_T$).

Наблюдаемая на движущемся судне частота волнения $\omega_t^{(S)}$ называется *кажущейся частотой*.

Из (7.8) следует, что если известна частота волнения $\omega_t^{(S)}$, глубина моря и вектор \vec{V} скорости судна относительно грунта, то может быть определена составляющая скорости поверхностного течения V_{Tp} .

Интерпретация сигналов РЛС от моря. Как высота волны h , величина U напряжения принятого РЛС и усиленного до определенного уровня эхосигнала от моря может рассматриваться как случайная функция аргументов x, y, t :

$$U = F_U(x, y, t) \quad (7.9)$$

Функция U (7.9) отражает с определенными искажениями функцию h (7.1). Поэтому ее называют *радиолокационным образом h* .

Задача получения параметров волнения состоит в оценке характеристик функции (7.1) по ее радиолокационному образу (7.9).

7.4.3. Принцип определения параметров морского волнения по данным РЛС.

При популярных пояснениях и при грубых расчетах волнение может представляться только главной своей гармоникой. Такой тип волнения называется *регулярным*. Исходя из регулярности волнения, поясним принцип определения его параметров по данным РЛС.

При работе РЛС появляется радиолокационный образ взволнованной субакватории около судна, благодаря отражению посылаемых РЛС сигналов от склонов волн, обращенных к антенне, и отсутствию эха от склонов волн, находящихся в зоне радиолокационной тени. Наилучшее условие для отражения радиоволн соответствует направлению оси антенны в сторону, откуда приходят морские волны. В этом случае будет наблюдаться максимальная амплитуда эхосигналов моря.

При обработке эхосигналы от моря представляются в цифровой форме в виде матрицы по x и y , где значения матрицы характеризуют амплитуду эха от каждой точки субакватории. Учитывая, что скорость

вращения антенны достаточно велика, цифровой образ субакватории, полученный при одном обзоре антенны, считается относящимся к одному моменту времени.

Анализируя цифровой образ субакватории, можно установить направление q , по которому наблюдается максимальная A_u амплитуда эхосигналов, и определить частоту формы регулярной волны. Для улучшения точности эту процедуру можно выполнить для цифровых образов нескольких последовательных обзоров РЛС и полученные результаты усреднить.

Зная A_u , можно найти высоту волн. Амплитуда отраженного от склона волны эхосигнала пропорциональна высоте волны. На зависимость между амплитудой эхосигнала и высотой волны влияет вид антенны, ее высота и тип РЛС. Приближенно эта зависимость может быть описана выражением:

$$h_w = k_0 + k_1 A_u, \quad (7.10)$$

где k_0, k_1 – эмпирически определяемые для каждого судна коэффициенты.

Цифровые образы последовательных обзоров относятся к разным моментам времени. Путем сравнения данных этих образов, можно установить скорость бега волн в используемой системе отсчета. Затем, с учетом (7.7) или (7.8) найти собственную t -частоту волнения и определить другие его параметры.

7.4.4. Алгоритм СМПВ.

Основные понятия и определения. Действительное волнение моря является нерегулярным процессом. Кроме того, на эхосигналы РЛС влияют шумы приемника и искажения радиоволн при их прохождении над водной поверхностью. Все это дало основание рассматривать эхосигналы от моря в виде случайной функции (7.9) и использовать методы теории случайных функций для извлечения информации о параметрах волнения из данных РЛС [31-34].

Напомним, что **случайной функцией** называется функция, которая при любом значении аргумента является случайной величиной. Аргумент случайной функции – детерминированная величина.

Случайная функция, аргументом которой является время, называется **случайным процессом**. Случайный процесс называется **стационарным**, если его математическое ожидание и дисперсия постоянны, а корреляционная функция зависит только от разности моментов времени, для которых взяты ординаты случайной функции.

Спектральная функция $S(\omega)$ является важнейшей характеристикой случайного стационарного процесса. Она

представляет плотность распределения дисперсии случайного процесса по различным угловым частотам (элементарным гармоникам). Значения дисперсий пропорциональны квадратам амплитуд гармоник. Квадратам амплитуд пропорциональна и энергия процесса. Поэтому спектральная функция одновременно является и характеристикой распределения энергии процесса по частотам, показывая, какую долю энергии несет та или иная гармоническая составляющая. Спектральную функцию называют также **функцией спектральной плотности**.

Случайную функцию нескольких переменных принято именовать **случайным полем**. Подобно понятию *стационарности* процесса вводится понятие *однородности* поля. Случайное поле называется **однородным**, если его математическое ожидание постоянно, а корреляционная функция зависит только от разности векторов аргументов. Важной характеристикой *однородного случайного n-мерного* поля является многомерная **спектральная функция** $S(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$, называемая также **спектральным полем** или **спектральным доменом**.

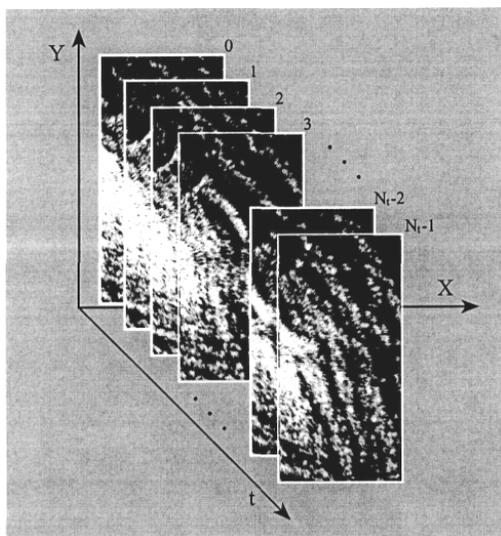


Рис. 7.6. Серия последовательных необработанных данных РЛС.

Преобразование эхосигналов РЛС в цифровой вид. Полученная с приемника РЛС в течение определенного интервала времени совокупность эхосигналов моря представляет собой реализацию однородного случайного трехмерного поля (7.9). Эта реализация

может быть представлена в виде серии последовательных радиолокационных образов субакватории, соответствующих оборотам антенны (рис. 7.6) [28].

С помощью высокоскоростного дигитайзера принятые аналоговые эхосигналы от моря преобразуются в цифровую форму, и передается в ПК. Анализируемый ПК сигнал состоит из серии последовательных **цифровых образов** субакватории, соответствующих оборотам антенны.

Таким образом, интервал дискретизации эхосигналов РЛС по времени равен периоду обращения антенны. Интервал квантования образов субакватории по x , y выбирается в зависимости от разрешающей способности РЛС, которая определяется шириной диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости и длительностью зондирующего импульса.

Обработка данных. Обозначим преобразованную в цифровой вид совокупность последовательных эхосигналов от моря как $U_{x,y,t}$. По значениям $U_{x,y,t}$, принадлежащих субакватории, в компьютере *СМПВ* оценивается спектральная функция $S_E^{(3)}(\omega_x, \omega_y, \omega_t^{(Q)})$ эхосигналов как однородного случайного трехмерного поля. Напомним, что спектральная плотность представляет распределение дисперсии (энергии) поля по различным гармоникам. Каждая такая гармоника может быть охарактеризована частотой формы $\vec{\omega}_p = (\omega_x, \omega_y)$ и t -частотой.

На вид спектральной функции $S_E^{(3)}(\omega_x, \omega_y, \omega_t^{(Q)})$ влияют:

- модуляция водной поверхности волнами,
- шум от мелкой ряби на склонах волн,
- шум приемника РЛС и искажения ее сигналов во время прохождения над водной поверхностью,
- тип системы отсчета $хоу$.

В процессе нахождения на ПК параметров морского волнения вначале из $S_E^{(3)}(\omega_x, \omega_y, \omega_t^{(Q)})$ выделяется компонента $S^{(3)}(\omega_x, \omega_y, \omega_t)$, характеризующая собственно волнение. Шумы, искажающие спектр волнения, устраняются с помощью специальных фильтров. Влияние на спектр поверхностного течения или скорости хода исключается для каждой гармоники с использованием формул (7.7) или (7.8).

Затем по $S^{(3)}(\omega_x, \omega_y, \omega_t)$ находятся следующие спектральные образования:

– **Частотный спектр волнения:** $S(\omega_t) = 2 \cdot \int_{\omega_p} S^{(3)}(\omega_x, \omega_y, \omega_t) d^2 \omega_p$;

– **Двухмерный спектр по x- и y-частоте:**

$$S^{(2)}(\omega_x, \omega_y) = 2 \cdot \int_{\omega_t > 0} S^{(3)}(\omega_x, \omega_y, \omega_t) d^2 \omega_t ;$$

– **Спектр по направлению и частоте:**

$$S^{(2)}(\omega_t, q) = S^{(2)}[\omega_x(\omega_t, q), \omega_y(\omega_t, q)] \omega_p \frac{d\omega_p}{d\omega_t}.$$

Частотный спектр волнения может быть также получен из двухмерного спектра $S^{(2)}(\omega_t, q)$ с помощью интегрирования по курсовому углу:

$$S(\omega_t) = \int_{-\pi}^{\pi} S^{(2)}(\omega_t, q) dq .$$

Пик спектральной функции $S(\omega_t)$ отвечает *t-частота преобладающего волнения*. Максимуму спектра $S^{(2)}(\omega_t, q)$ соответствует как *t-частота преобладающего волнения*, так и *главное направление распространения волн*. По частоте преобладающего волнения определяются его *период* и *длина* волны.

Высота значительных морских волн вычисляется по приближенной формуле:

$$h_{1/3} = k_0 + k_1 \sqrt{R} ,$$

где k_0, k_1 – эмпирически определяемые для каждого судна коэффициенты, R – отношение полной энергии экосигналов от волн, найденной по спектральной функции $S_E^{(3)}(\omega_x, \omega_y, \omega_t^{(Q)})$, к энергии суммарного шума.

Кроме полученных параметров, при анализе экосигналов РЛС оцениваются средний период волнения и высота максимальных морских волн.

8. Система планирования и оптимизации пути

8.1. Общие сведения о планировании рейса.

Задача планирования рейса. Для всех судов требуется планировать рейс и переход судна. Эта необходимость определяется наличием большого числа факторов, влияющих на безопасное плавание, чистоту окружающей среды и эффективность перевозки. Одни факторы затрудняют движение всех судов. Другие причины влияют на плавание отдельных видов судов, например, крупнотоннажных, или судов со слабой машиной, либо перевозящих опасные грузы судов и т.д.

Минимальные требования к составлению плана перехода содержатся в «Руководстве по планированию рейса», утвержденного Резолюцией ИМО А.893(21), ноябрь 1999 г.

В этом документе определены четыре логически следующие друг за другом этапа планирования и выполнения рейса:

- Оценка всей относящейся к рейсу информации (Appraising all relevant information);
- Планирование предполагаемого рейса (Planning the intended voyage);
- Выполнения плана, принимая во внимание преобладающие условия на переходе (Executing the plan taking account of prevailing condition);
- Непрерывный мониторинг соответствия движения судна составленному плану (Monitoring the vessel's progress against the plan continuously).

План перехода требуется составлять в начале рейса и корректировать по мере необходимости в процессе его выполнения. При планировании должна быть **оценена вся относящаяся к переходу судна информации**, и **разработан подробный график** выполнения предстоящего рейса от причала порта отхода до причала порта назначения, включая и районы, где лоцман должен быть на борту судна.

Планирование рейса связано не только с установлением безопасного и эффективного пути следования к пункту назначения. Оно также включает определение будущего образа действий при выполнении перехода, закладку основ для принятия будущих решений, для предотвращения возможности ошибочных действий. Иными словами, планирование должно включать формирование стратегии управления. Напомним, что под **стратегией управления** в общем случае понимается план (алгоритм), определяющий

последовательность управляющих действий, обеспечивающих решение задачи, имеющей определенную протяженность во времени.

С целью выработки стратегии выполнения рейса производится прогнозирование обстоятельств, которые могут возникнуть на предстоящем переходе. Такое *прогнозирование будущих условий работы является основным средством совершенствования плана перехода.*

При получении прогностических оценок необходимо учитывать, что изменение одних внешних факторов, влияющих на движение судна и его безопасность, носит детерминированный (предсказуемый с требуемой точностью) характер. Состояние других факторов изменяется случайным образом и точно не может быть спрогнозировано. К детерминированным факторам можно отнести, например, значения приливных уровней, которые для интересующего пункта на заданное время можно рассчитать достаточно точно. Прогнозирование состояния других факторов, например, погодных условий, может быть выполнено лишь с определенной вероятностью.

Для предсказания погодных условий на участках планируемого пути используются два вида прогнозов – *долгосрочные* и *кратковременные*.

Долгосрочное прогнозирование основывается на среднестатистических данных о погоде на каждый месяц или на сезон года, полученных по результатам многолетних гидрометеорологических наблюдений. Такие среднестатистические сведения о погодных условиях для разных акваторий приведены в различных навигационных пособиях (в лоциях и в других руководствах для плавания), на климатических (лоцманских) картах и в некоторых других изданиях. По этой информации оцениваются погодные условия на разных участках будущего пути на время всего рейса. Долгосрочное прогнозирование погоды применяется обычно при составлении плана рейса до его выполнения.

Краткосрочные прогнозы (до семи суток вперед) получают по каналам связи от метеорологических центров и служб. Они представляют собой прогнозы развития текущего состояния погоды, основанные на оперативном наблюдении за атмосферными процессами. Эти прогнозы используются как при планировании рейса перед его выполнением, так и в процессе рейса с целью проверки соответствия составленного плана уточненным условиям на оставшемся пути и для корректуры плана перехода в случае необходимости.

Тот факт, что прогнозы не всегда сбываются, не может служить основанием для отказа от анализа влияния прогнозируемых условий на движение судна, его безопасность и чистоту окружающей среды, а также от проработки мер, которые будут необходимы для обеспечения эффективного и безопасного плавания в ожидаемых условиях.

Рациональность составленного плана перехода в значительной мере определяет эффективность, безопасность выполнения рейса и его экономические показатели. Поэтому планированию рейсов в судоходных компаниях уделяется первостепенное внимание.

Необходимая информация. При составлении плана перехода требуется учитывать:

- навигационные и гидрометеорологические условия;
- установленные пути движения, системы судовых сообщений, службы движения судов, меры по защите морской среды;
- состояние судна и его механизмов, оборудование, эксплуатационные и другие ограничения;
- маневренные и мореходные качества судна;
- особые свойства груза, условия его сохранной перевозки, укладку, крепление;
- интенсивность движения судов;
- коммерческо-правовые условия;
- другие факторы, влияющие на безопасность плавания, эффективность рейса, чистоту окружающей среды.

Источники, в которых можно найти эту информацию, четко определены в руководствах, касающихся планирования рейса [16, 17, 23].

Этапы планирования. Условно в процессе планирования перехода можно выделить следующие этапы:

- Подбор и общая оценка всей относящейся к рейсу информации;
- Определение начального варианта пути, подбор карт и пособий на переход;
- Прогностическая оценка внешних условий на выбранном маршруте;
- Анализ влияния условий предстоящего плавания на судно и груз;
- Оценка плана перехода и его оптимизация по различным критериям.
- Документирование результатов планирования.

Рассмотренная схема составления плана перехода является обобщенной. Количество этапов, их последовательность, содержание в разных ситуациях не являются столь строго определенными. В действительности возможно смешивание входящих в разные этапы операций, некоторые из них могут не производиться. Однако при автоматизации планирования рейса приведенная схема является полезной, так как систематизирует этот процесс.

При оптимизация плана перехода обычно накладывается условие обеспечения безопасности судна, груза, чистоты окружающей среды. Критерий эффективности перехода определяется в зависимости от основных задач рейса. Он может предусматривать минимизацию:

- времени перехода;
- расхода топлива при заданном времени прибытия в конечный пункт;
- времени отступления от расписания.

8.2. Назначение СПП и ее состав.

Назначение системы. Для повышения эффективности эксплуатации судов создаются специальные автоматизированные системы планирования рейсов. Они разделяются на береговые и бортовые системы. Ниже рассматриваются только бортовые СПП, входящие в состав ИСМ.

Оборудование для планирования перехода представляет собой электронную систему поддержки решений судоводителя по выбору пути судна. Она служит для облегчения и ускорения планирования эффективного маршрута перехода с обеспечением высокой навигационной безопасности, мореходности судна и чистоты окружающей среды.

Готовых алгоритмов, позволяющих автоматически учесть все влияющие на предстоящий переход факторы и составить оптимальный план, нет. Поэтому на современном этапе задачи по выбору стратегии плавания разделяются между электронной системой и судоводителем.

На электронную систему возлагается:

- оказание помощи в выборе первоначального варианта пути;
- обеспечение возможности быстрого получения информации для оценки внешних условий предстоящего плавания;
- предоставление «инструментов» для анализа влияния условий будущего плавания на судно и груз;
- создание возможности для оперативных оценок плана перехода по разным показателям;
- предоставление «инструментов» для редактирования выбранного маршрута и его оптимизации;
- документирование результатов планирования.

Задачей судоводителя является оптимизации с помощью СПП плана перехода перед рейсом и в процессе его выполнения на основании своего опыта, профессиональных знаний и информации, получаемой от электронной системы и от других источников.

Структура системы и основные требования к ее использованию. Бортовая СПП строится на основе персонального

компьютера. Она включает в себя: системный блок, клавиатуру, манипулятор, средства отображения, документирования и регистрации информации, интерфейсные устройства для взаимодействия с другой аппаратурой, информационные ресурсы.

При планировании рейса с помощью электронной системы рекомендуется применять только официальные электронные карты. При наличии на судне ECDIS, если официальными векторными данными, удовлетворяющими требованиям к ECDIS, обеспечен весь переход судна, то намечаемый путь может наноситься только на ЭК, без графической его прокладки на бумажных картах. В противном случае, а также при использовании официальных растровых карт, намеченный маршрут должен наноситься как на электронные, так и на бумажные карты.

Системы с неофициальными ЭК не рекомендуется применять для планирования пути и исполнительной прокладки.

8.3. Информационные ресурсы системы.

Для возможности выполнения своих задач *СПП* снабжается специальными базами данных и программами для вычисления необходимых параметров, оценок, характеристик.

Базы данных содержат постоянную и медленноменяющуюся информация, требуемую при планировании пути судна. Следует отметить, что часть из этих ресурсов может принадлежать другим подсистемам *ИСМ*, в частности, навигационно-информационной системе. В этом случае системе планирования пути обеспечивается возможность использования информационных ресурсов *НИС* и других частей *ИСМ*.

Количество и полнота информационных баз *СПП* зависит от ее вида. В обобщенном варианте перечень баз данных, используемых при планировании пути, выглядит следующим образом:

1. Картографическая база;
2. База сведений о навигационных средствах;
3. База сведений о портах;
4. База рекомендованных маршрутов;
5. База для расчета приливных явлений;
6. Климатическая база;
7. База данных о судне;
8. Базы корректур;
9. Другие базы.

Картографическая база данных (КБД) содержит информацию для построения навигационных карт на экране дисплея. Она представляет собой специально организованную для целей судовождения совокупность картографических и навигационно-гидрографических данных на весь Мировой океан либо его определенную часть.

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

Для ECDIS/ECS систем эта база делится на несколько частей, например:

- официальных карт ENC;
- адмиралтейских растровых карт;
- карт формата TX-97;
- карт формата CM-93/3.

База сведений о навигационных средствах хранит информацию пособий «Огни и знаки», «Радиотехнические средства» и других специальных источников.

База рекомендованных маршрутов включает каталог и файлы маршрутов. Запись маршрута в файле обычно содержит его номер, название, координаты путевых точек, значения допустимых отклонений от линии пути, перечень генеральных и путевых карт, список навигационных пособий.

База по приливному явлению включает постоянные для пунктов величины и астрономические данные, необходимые для расчета приливных уровней и течений.

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 в 12 тыс. пунктов.

Климатическая база данных (ее также называют - базой лоцманских карт или среднемесячных климатических условий) содержит основанные на многолетних наблюдениях статистические сведения о погоде каждого месяца на весь Мировой океан с разрешением в среднем один градус. Это данные о ветре, о поверхностных течениях, о высоте волн, температуре воды и воздуха. Сведения могут храниться в графическом и/или в символическом форматах. Наиболее объемная из таких баз составлена в фирме «Транзас». 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; | – Необходимость предварительного уведомления об ожидаемом времени прибытия; |
| – Широта и долгота; | – Лоцманская проводка; |
| – Наставления для плавания на подходах к порту; | – Буксиры; |
| – Карты порта и его подходов; | – Карантинные процедуры; |
| – Размер гавани и ее тип; | – Типы связи, предоставляемые портом; |
| – Предоставление убежища; | – Погрузка/разгрузка; |
| – Ограничения при входе в порт; | – Медицинские средства; |
| – Глубины на подходном канале, на якорной стоянке, около пирсов, нефтяных терминалов, причалов; | – Размещение мусора; |
| – Приливные явления; | – Дегазационные средства; |
| – Максимальные размеры принимаемых судов; | – Возможность сдачи загрязненного балласта; |
| – Тип грунта; | – Характеристика погрузочных средств; |
| – Акватория для разворота судов; | – Службы; |
| – Правила первого посещения порта; | – Снабжение; |
| | – Ремонт; |
| | – Сухие доки |

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

Базы корректур включает информацию для приведения на уровень современности содержания всех баз данных.

База районов со специальными условиями плавания. Для систем с растровыми картами образуют базу данных специальных районов плавания. В ECDIS информация об этих районах содержится в картографической базе.

К районам со специальными условиями относятся:

- | | |
|------------------------------------|---|
| – Зона разделения движения; | – Транзитный путь подводных лодок; |
| – Пересечение зон маршрутизации; | – Ледовый район; |
| – Зона кругового движения; | – Канал; |
| – Двухсторонний маршрут; | – Рыбный грунт; |
| – Глубоководный маршрут; | – Район, запретный для лова рыбы; |
| – Рекомендованный путь; | – Водо- (нефте-) провод; |
| – Зона прибрежного плавания; | – Район подводного кабеля; |
| – Фарватер; | – Якорная стоянка; |
| – Зона ограниченного плавания; | – Район, запретный для постановки на якорь; |
| – Зона повышенного внимания; | – Район свалки; |
| – Шельфовая нефтегазовая зона; | – Нечистый грунт; |
| – Район, который следует избегать; | – Район дноуглубительных работ; |
| – Район учений; | – Район перегрузки судов; |
| – Район посадки гидросамолетов; | – Район сжигания мусора; |
| | – Специальная защищенная зона. |

Краткосрочная прогностическая информация. Система планирования пути обеспечивает прием от судовой системы связи информации о погоде, обмен информацией с навигационно-информационной системой, с системой мониторинга нагрузок на корпусе и с другими частями *ИСМ*.

СПП позволяет через каналы связи получать от наземных центров и со спутников в графическом и символьном форматах навигационные, метеорологические предупреждения, данные о погоде и хранить их в памяти. Ежедневно может приниматься следующая информация о погоде:

- Данные текущей погоды;
- Прогнозы погоды, сгруппированные через 12 или 24 часа, на период до 7 суток вперед;

- Прогностические сведения о тропических циклонах, сгруппированные через 6 часов, на время до трех суток вперед;
 - Штормовые и навигационные предупреждения.
- Прогностические данные могут включать:
- | | |
|--|---|
| – Изобары; | – Пути и скорость тропических циклонов; |
| – Фронты; | – Расположение главных систем течений; |
| – Направление и силу приземного ветра; | – Скорость течений; |
| – Изолинии высот волн; | – Айсберги и паковой лед. |
| – Высоту, направление, период волн; | |

База прикладных программ. В эту базу входят:

- программы для расчета всех интересующих судоводителя параметров маршрута,
- программа для предвычисления приливных уровней и течений,
- программа для оценки падения скорости и просадки на мелководье,
- программа для нахождения по параметрам волнения амплитуд бортовой, килевой и вертикальной качки,
- программа для определения резонансных зон,
- программа для выбора наиболее благоприятных курса и скорости в условиях шторма,
- другие программы.

8.4. Типовые функции СПП для выбора начального варианта пути.

Набор функций системы планирования пути зависит от ее вида. В обобщенном варианте предоставляемые *СПП* на различных этапах планирования перехода возможности описаны ниже.

Выбор начального варианта пути с помощью *СПП* основывается на использовании «рекомендованных маршрутов». Под **рекомендованным маршрутом** обычно понимается наилучший путь из порта отхода в порт назначения при среднегодовых, либо при средне сезонных, или при других фиксированных гидрометеоусловиях.

В памяти *СПП* помещается база рекомендованных маршрутов. Запись маршрута включает его номер, название (порт отхода – порт назначения), координаты путевых точек, значения допустимых отклонений от маршрута, перечень генеральных и путевых карт.

СПП имеет функции для вызова любого рекомендованного маршрута из базы и коррекции его.

При определении начального варианта плана перехода путем использования рекомендованного маршрута *не берутся во внимание:*

- возможные отклонения внешних условий планируемого пути от принятых для рекомендованного маршрута;
- особенности судна и перевозимого им груза.

Система планирования и оптимизации рейса *имеет набор «инструментов» для составления новых маршрутов*, если такого перехода или близкого к нему варианта нет в базе данных. Составленные маршруты могут быть помещены в базу данных.

СПП обеспечивает возможность планировать путь по ортодромии и по локсодромии. Она позволяет рассчитать выигрыш плавания по ортодромии по сравнению с локсодромией, осуществить прокладку маршрута по ортодромии, представив ее отрезками локсодромий через заданный шаг разности долгот или расстояния.

Кроме того, *СПП* предоставляет судоводителю **функции**:

- **цифрового ввода и корректировки параметров маршрута:** координат поворотных точек, скорости на отрезках маршрута, времени прибытия в поворотные точки, значения безопасной глубины, а также расчета по опорным значениям всех интересующих судоводителя элементов маршрута;
- **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 судоводителю протестировать запланированный маршрут на навигационные препятствия, опасные области глубин, районы с особыми условиями плавания;
- **реверсирования маршрутов** (т.е. рассмотрения маршрута в обратном направлении);
- **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;
- **и другие функции.**

Для планирования маршрута применяются визуальные технологии. В пользовательских интерфейсах *СПП* разных фирм имеются определенные отличия. Визуальный графический пользовательский интерфейс для планирования маршрута в *ИСМ* фирмы Litton Marine Systems, приведен на рис. 8.1.

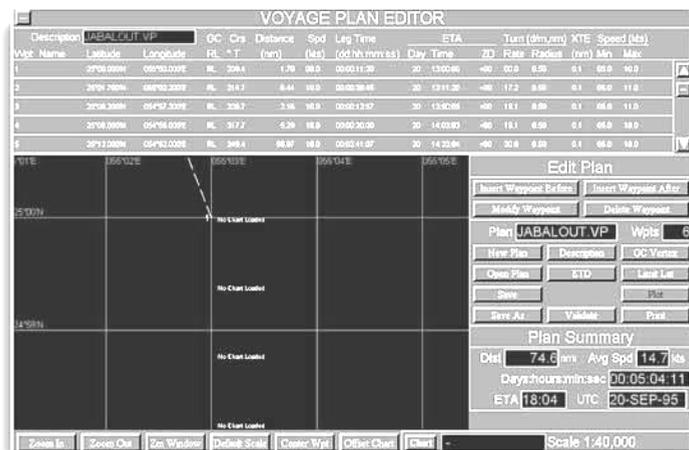


Рис. 8.1. Экран СПП для планирования и корректировки маршрута перехода.

Подбор карт и пособий на переход. Перечень карт и пособий на переход для рекомендованного маршрута может содержаться в его записи. Для коррекции этого перечня либо для составления нового СПП снабжается электронным «каталогом карт и книг» с набором функций для подбора карт и навигационных пособий на переход.

Принцип работы с электронным каталогом карт и книг такой же, как и с бумажным каталогом.

8.5. Прогностическая оценка внешних условий на выбранном маршруте с помощью СПП.

Система планирования пути позволяет быстро находить в памяти и отображать в наглядном виде информацию о внешних условиях перехода.

Навигационная информация. СПП обеспечивает *отображение маршрута судна на ЭК* и дает возможность ознакомиться с приведенными на картах данными о навигационной обстановке на пути следования.

Система планирования пути *имеет функции для получения справочных данных из электронных вариантов навигационных пособий*. Реализованы различные способы вызова справок. Информация по всем навигационным средствам, нанесенным на карту

(маяки, буи, огни и знаки и т.д.) получается путем наведения курсора на интересующий объект. При попадании нескольких объектов под курсор, справки о каждом из них могут быть вызваны последовательно в порядке их важности для судовождения. Естественно, возможность получения различных справок определяется объемом информационных ресурсов *ИСМ*.

Анализируя навигационные условия, система планирования и оптимизации пути **может выделять участки маршрута**, проложенные:

- по опасным глубинам,
- по мелководью,
- через районы со специальными условиями.

Гидрометеорологическая информация. При наличии в памяти соответствующей информации *СПП*, используя визуализацию и анимацию, **позволяет накладывать на электронную карту:**

- климатические данные на заданный месяц,
- данные краткосрочных прогнозов погоды на выбранное время.

По изображению климатических данных *СПП* **дает возможность получить в цифровом виде данные о параметрах погоды в точках, указанных курсором.** Таким способом представляются:

- направление и скорость ветра;
- высота, направление, период волн;
- направление и скорость течения;
- атмосферное давление.

СПП **отображает навигационные, метеорологические предупреждения**, относящиеся к указанным курсором районам.

Визуальный графический пользовательский интерфейс, примененный для поиска данных об ожидаемом ветре и волнении в *ИСМ* фирмы Litton Marine Systems, приведен на рис. 8.2.

Система планирования пути **имеет функции для расчета на заданное время или период приливных уровней и течений** в указанных пунктах. Результаты вычислений представляются в виде графиков, таблиц. При нахождении параметров приливных явлений могут определяться: продолжительность навигационных сумерек, период дневного времени, фазы Луны, даты сизигий и квадратур.

Используя краткосрочные прогностические данные, *СПП* **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, 24, ..., 72 часа вперед.

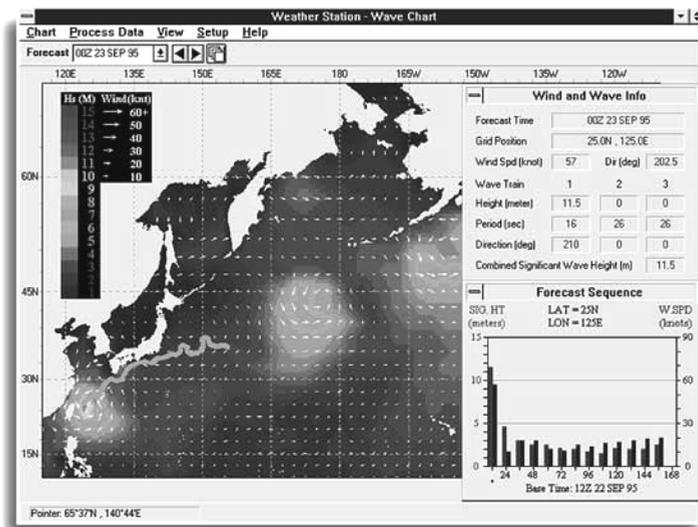


Рис. 8.2. Форма представления данных о погоде.

На основе прогностической оценки гидрометеорологических условий ряд систем *позволяет отметить отрезки пути, проходящие через:*

- области с высотой волны, превышающей заданную,
- районы с пониженной видимостью,
- районы с приливными течениями.

Некоторые СПП в заданном масштабе времени обеспечивают *проигрывание перехода по намеченному маршруту с визуализацией и анимацией погодных параметров.*

8.6. Функции СПП для анализа влияния условий предстоящего плавания на судно и груз.

Система планирования пути имеет набор программ для оценки реакции судна на внешние условия плавания. Она предоставляет функции для расчета параметров состояния судна в зависимости от значений элементов прогноза внешних условий.

Оценка влияния мелководья. Малые глубины ощутимо возмущают движение судна, когда отношение глубины к осадке судна меньше трех. Для мелководных районов *СПП* позволяет рассчитать:

- критическую скорость,
- просадку от скорости хода и изменения солёности,
- величину падение скорости,
- увеличение осадки от крена при поворотах,
- изменение маневренных характеристик.

Эта информация позволяет судоводителю установить, опасно ли будет для судна и его механизмов движение на данном мелководном участке пути, и существует ли необходимость снижения скорости хода.

Оценка влияния штормовых условий. Для районов с интенсивным волнением по прогнозируемым данным о высоте, периоде и направлении волн *СПП* 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.

СПП 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.

При прогнозе качки и напряжений на корпусе система планирования рейса *может пользоваться ресурсами электронной системы для оценки мореходности.* В современных системах предсказание параметров мореходности основано на применении разностных моделей движения судна на качке.

СПП способна оценить путевую скорость судна в любой точке выбранного маршрута, учитывая в отдельности либо совместно следующие факторы:

- поверхностные течения,
- приливные течения,
- ветер,
- волнение,
- мелководье.

В зависимости от прогноза внешних условий определяются также меры для обеспечения сохранности груза.

9. Регистратор данных рейса

9.1. Общие сведения.

Назначение. Регистратор данных рейса – *РДР* (“черный ящик”) предназначен для записи и хранения важной информации о процессе судовождения в целях оказания помощи в расследовании аварий.

Минимальные эксплуатационные требования к *РДР* определены резолюцией ИМО А.861(20), 1997. Технические стандарты, которым должен соответствовать регистратор данных рейса, установлены Международной электротехнической комиссией (МЭК 61996 и 60945).

Оборудование *РДР* должно ежегодно инспектироваться, сертифицироваться и подвергаться оценке на соответствие объявленным требованиям.

Записываемые данные. В “черном ящике” информация о процессе судовождения хранится за последние 12 часов или больший интервал времени. Согласно требованиям ИМО она должна включать следующие элементы:

1. Дата и время;
2. Координаты места;
3. Скорость;
4. Курс;
5. Переговоры голосом на мостике;
6. Переговоры по УКВ-связи;
7. Данные радиолокатора;
8. Глубину;
9. Предупреждения главных сигнализирующих устройств;
10. Заданное и истинное положение руля;
11. Назначенный и истинный режимы ГДУ;
12. Положение открытий корпуса, клинкетных и пожарозащитных дверей;
13. Значения ускорений и нагрузок на корпусе;
14. Скорость и направление ветра;
15. Другие важные для безопасного судовождения данные.

Сроки установки. Установка *РДР* на судах определяется правилом 20 переработанной главы 5 СОЛАС. Согласно этому правилу регистратором данных рейса оборудуются:

- Все новые пассажирские суда, построенные 1 июля 2002 г. и после этой даты;
- Пассажирские суда ро-ро, построенные до 1 июля 2002 г. – не позднее первого ежегодного освидетельствования после 1 июля 2002 г.;

- Пассажирские суда, иные чем ро-ро, построенные до 1 июля 2002 г. – не позднее 1 января 2004 г.;
 - Непассажирские суда валовой вместимостью 3000 рег.т. и более.
- Относительно непассажирских судов, построенных 1 июля 2002 г. и после этой даты, оговорено следующее. Суда вместимостью 20000 рег.т. и более должны быть снабжены *РДР* не позже 1 января 2004 г.; а суда от 3000 до 20000 рег.т. - до 1 января 2006 г.

На построенных до 1 июля 2002 г. непассажирских судах вместимостью 20000 рег.т. и более *РДР* следует установить до 1 января 2007 г., а на судах от 3000 до 20000 рег.т. – не позже 1 января 2009 г.

9.2. Состав аппаратуры РДР.

В аппаратуру регистратора данных рейса входят три основных блока (Рис. 9.1):

- Модуль сбора данных;
- Защищенный модуль (“черный ящик”);
- Модуль воспроизведения и оценки данных.

Модуль сбора данных регистрирует всю важную информацию за последние 12 или более часов. Он соединен с многочисленными судовыми датчиками информации. Принимает от них информацию согласно протоколу МЭК 61162 (NMEA-0183), упорядочивает ее, сжимает, образует соответствующую базу данных, хранит ее в своей памяти. Записывает данные в защищенный модуль.

Источники регистрируемой информации. Информацию о дате, времени, положении судна обеспечивает бортовой приемник глобальной навигационной спутниковой системы.

Датчиками скорости, курса, глубины для *РДР* соответственно являются лаг, гирокомпас и эхолот. Дополнительно может регистрироваться путевая скорость и путевой угол судна, получаемые от бортовой аппаратуры СНС.

Главные тревожные сообщения передают в *РДР* обязательные на каждом судне системы сигнализации (о пожаре, о наличии дыма, о поступлении воды). Эти сообщения могут также получаться от централизованной системы мониторинга и сигнализации.

Сведения о переговорах голосом и по УКВ связи поступают в модуль сбора данных от установленных на мостике микрофонов.

Радиолокационная видеоинформация снимается с интервалом порядка 15 с. с дисплея *СПС*.

Заданное и истинное положение руля получается от АР или станции управления движением судна. Системы дистанционного управления ГДУ и подруливающими устройствами служат для РДР источниками сведений о назначенном и истинном режимах работы этих средств.



Рис. 9.1. Регистратор данных рейса.

Данные о положении люковых закрытий, аппарелей, водонепроницаемых и пожарозащитных дверей снимаются со специальных датчиков. Эту информацию в ряде случаев могут предоставлять система пожарной сигнализации и система управления безопасностью.

Источником информация об ускорениях и нагрузках на корпусе является СМН или отдельные специальные датчики.

Направление и скорость ветра снимается с автоматического измерителя этих параметров.

Некоторые РДР позволяют записывать также изображения монитора ECDIS и коннинг дисплея. При наличии на судне системы телевизионного контроля РДР может регистрировать данные телекамер, когда они используются для слежения за необслуживаемыми помещениями, оборудованием или грузом.

Состав. Модуль сбора данных включает в себя процессор с блоками памяти и интерфейсные устройства. Процессор управляет считыванием, преобразованием, упорядочиванием, хранением информации, записью ее в “черный ящик”.

Модуль сбора данных помещается на мостике.

“Черный ящик” - это выживаемый при авариях запоминающий данные противоударный, герметичный, пожарозащищенный модуль, способный сохранять сведения в течение периода, не меньшего двух лет после записи.

Защищенный модуль хранит в “жестком” запоминающем устройстве 12-ти часовую БД, получаемую от модуля сбора данных. Его аппаратура помещена в специальную удароводопожарозащитную капсулу.

“Черный ящик” располагается на верхней палубе надстройки, чтобы обеспечить легкий доступ к нему снаружи.

Модуль воспроизведения и оценки данных позволяет капитану и штурманскому составу просматривать и анализировать хранимую в модуле сбора данных информацию. Этот модуль помещается на мостике. Он включает в себя процессор, клавиатуру и монитор.

Пример отображения информации на экране модуля воспроизведения и оценки данных приведен на рис. 9.2.

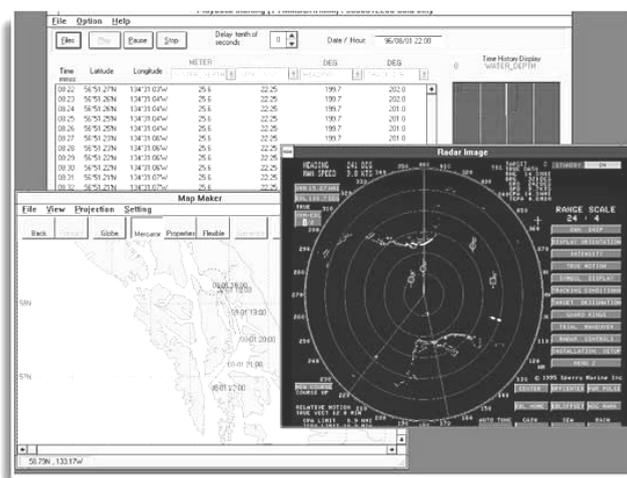


Рис.9.2. Воспроизведение данных в аппаратуре РДР фирмы Litton Marine Systems.

Модуль для оценки и воспроизведения данных может быть соединен со станцией спутниковой связи. Это позволяет 12-ти часовую базу данных отправить через E-mail в офис компании для просмотра и анализа, если на судне необходима консультация в сложной ситуации.

К регистратору данных рейса придаютя от 3-х до 9-ти **микрофонов** для записи переговоров голосом. Сигналы от микрофонов проходят через специальный аудио блок, расположенный в модуле сбора данных. В этом блоке микрофонные сигналы усиливаются, преобразуются в цифровой вид и сжимаются. Только после выполнения этих операций они записываются в память.

10. Централизованная система мониторинга и сигнализации

10.1. Назначение системы.

Централизованная система мониторинга и сигнализации – ЦСМ (Centralized Monitoring and Alarm System) **предназначена** для:

- непрерывного контроля судовых технологических процессов, «жизненно важных» с точки зрения безопасности судна и выполнения его целевой функции;
- выработки предупреждений о явлениях и ситуациях, требующих вмешательства оператора.

В перечень решаемых ЦСМ задач входят:

- постоянное наблюдение с целью обнаружения чрезвычайных событий (пожар, дым, водотечность корпуса и др.);
- надзор за состоянием объектов, препятствующих развитию чрезвычайных событий (водонепроницаемые, пожарозащитные двери, люковые закрытия и др.);
- непрерывный контроль работы главных средств управления (рулевого устройства, главной движительной установки);
- слежение за функционированием вспомогательных судовых систем и механизмов;
- другие виды мониторинга.

Касаясь требований к этой системе, необходимо отметить следующее:

- количество типов аварийно-предупредительной сигнализации и их срабатывание должно быть как можно меньшим;
- аварийно-предупредительные сигналы следует отображать таким образом, чтобы их причина и функциональные результирующие ограничения могли быть легко поняты судоводителем;
- ЦСМ должна хранить результаты мониторинга за определенное время с целью получения статистических оценок работы оборудования;
- Оператору должна предоставляться возможность просмотра хранимой информации с целью ее анализа.

Результаты мониторинга могут использоваться для решения разных задач: для ознакомления с текущими значениями параметров работы оборудования, для анализа функционирования систем и механизмов за определенное время, для определения причины возникшей неисправности и т.д. Эффективность решения этих задач существенно зависит от наличия в ЦСМ информационного фильтра. Только предоставление оператору возможности вызывать важную для рассматриваемой задачи информацию и

получать ее в концентрированной легко понятной форме обеспечивает эффективное решение различных задач на основе данных мониторинга.

10.2. Состав системы.

ЦСМ может иметь самое разнообразное построение. Это зависит от того, имеются ли на судне локальные устройства мониторинга, контроля, диагностики, какие и сколько. При наличии таких локальных устройств центральная система должна обеспечивать возможность управления их данными:

- включать или выключать сигнализацию,
- по требованию судоводителя представлять подробную информацию о процессе, контролируемом локальным устройством.

Если работа какого-то важного оборудования не отслеживается локальным устройством мониторинга, контроля или диагностики, то функции по надзору за ним должна выполнять *ЦСМ*.

В **состав *ЦСМ*** обычно входит процессор, управляющий сбором и обработкой информации, интерфейсные устройства, средства отображения и сигнализации, программное обеспечение.

Для представления тревожных сообщений и результатов мониторинга *ЦСМ* может иметь свой дисплей и/или использовать для этой цели устройства отображения других модулей. Так, например, для представления информации *ЦСМ* во многих интегрированных системах ходового мостика применяется коннинг дисплей. Он имеет три формы (экрана) отображения информации:

- На переходе (Voyage Screen);
- При швартовке (Berthing Screen);
- Предупреждений (Alarm Screen).

В первых формах отображаются данные для вождения судна в двух видах акваторий. **Третья форма** служит для сообщений о неполадках в контролируемом оборудовании и предупреждений о возможности их возникновения.

С целью слежения за подконтрольным оборудованием и для поддержания их нормального режима работы локальные устройства мониторинга, контроля и диагностики снабжаются:

- датчиками параметров рабочих процессов,
- блоком мониторинга,
- устройством управления и отображения,
- модулем обеспечения работоспособности.

Датчики информации. Возможность осуществления высококачественного мониторинга связана в первую очередь с применением точных, надежных, помехоустойчивых датчиков

информации. Надежность датчиков особенно актуальна для судовых процессов, протекающих в условиях агрессивного влияния на оборудование морских условий. Среди появившихся новых измерительных устройств для контроля судовых технологических процессов можно назвать основанные на измерении сопротивлений высоконадежные приборы для определения высоты уровней в цистернах, датчики рабочих параметров главного двигателя и другие.

Модуль мониторинга управляет съемом показаний датчиков и осуществляет непрерывное слежение за параметрами работы подконтрольного оборудования.

Модуль обеспечения работоспособности в определенном объеме (в полном, или, чаще всего, в ограниченном) выполняет задачи:

- тестирования работы программного обеспечения подконтрольной системы,
- диагностики состояния этой системы и подключенных к ней устройств,
- защиты подконтрольной системы от поломок,
- выявления и диагностики неисправностей,
- восстановления работоспособности подконтрольной системы.

10.3. Мониторинг с целью обнаружения чрезвычайных событий.

Целью этого постоянного наблюдения является обнаружение пожара, дыма, опасных газов в жилых, служебных и грузовых помещениях, выявление фактов поступления воды в корпус, обнаружение других опасных явлений, а также контроль состояния водонепроницаемых, пожарозащитных дверей и других объектов, препятствующих развитию чрезвычайных событий.

Противопожарная сигнализация (Fire danger). Анализируя информацию систем противопожарной сигнализации и мониторинга, *ЦСМ* звуковым сигналом и индикацией на экране сообщает о случаях, когда температура в том или ином помещении поднялась выше предельной, или о наличии дыма, либо нажатой кнопке пожарного извещателя, с указанием места расположения источника информации.

Мониторинг уровней льял (Bilge monitoring) служит для контроля уровней воды в льялах.

На основе анализа измеряемых значений производится сигнализация о превышении водой в льялах порогового уровня. Ряд систем в этом случае автоматически запускает насос для откачки воды.

Мониторинг нагрузок на корпусе (Hull stress monitoring). Эта задача состоит в обеспечении капитана и штурманского состава в

реальном времени информацией о параметрах качки и нагрузках на корпусе в процессе рейса и в течение погрузочных/разгрузочных операций.

По результатам мониторинга вырабатываются предупреждения о приближении контролируемых параметров к предельным значениям, и производится сигнализация о появлении опасных значений.

Мониторинг открытых корпуса (Status hull openings) служит для обеспечения контроля положения аппарелей, люковых закрытий, водонепроницаемых, пожаронепроницаемых и других автоматически открываемых/закрываемых дверей.

10.4. Контроль работы главных средств управления.

Мониторинг рулевого устройства (Steering gear monitoring). При контроле рулевого устройства отслеживаются:

- параметры работы гидравлического оборудования (наличие масла, его температура и давление),
- наличие, параметры электропитания компонентов рулевого привода,
- положение руля,
- параметры работы системы дистанционного управления рулевым приводом.

На основе анализа результатов мониторинга производится сигнализация:

- об утечке масла,
- температуре и давлении масла, выходящих за допустимые пределы;
- о прекращении питания рулевой машины и/или авторулевого;
- о выходе из строя АР или о неполадках в его электропитании, которые могут влиять на безопасность функционирования;
- об отсутствии сигнала датчика АР или о низком качестве его информации, которое может влиять на работоспособность АР;
- об отклонениях от курса, превышающих заданный предел.

В случае выхода из строя основного источника питания силовой установки рулевого привода автоматически подключается питание от аварийного либо другого резервного источника электроэнергии, установленного в румпельном отделении.

Мониторинг главной движительной установки (Main engine monitoring) состоит в непрерывном отслеживании параметров процессов главного двигателя и его вспомогательного оборудования. Для возможности контроля работы и диагностики состояния, главный двигатель и его вспомогательные системы и устройства снабжаются большим числом датчиков информации. Они измеряют частоту

вращения гребного вала, скорость изменения этой частоты, давление надувочного воздуха, температуру выхлопных газов и деталей цилиндропоршневой группы, а также другие параметры ГДУ.

Современные системы сигнализации и мониторинга ГДУ производят ежесекундный опрос многочисленных датчиков рабочих параметров главного двигателя и его вспомогательных систем. Текущие значения основных рабочих параметров непрерывно представляются судоводителю. Обеспечивается возможность по требованию просмотреть другие контролируемые величины.

Когда главный двигатель снабжен системой диагностики, результаты предыдущих измерений всех датчиков запоминаются с интервалом опроса за промежуток времени, который может достигать 12 часов и более. Они составляют достаточный материал для анализа и прогнозирования состояния главной движительной установки.

На основе полученного материала производятся различные виды анализа цилиндропоршневой группы и другого оборудования главного двигателя. Это дает возможность по результатам анализа наглядно характеризовать процессы ГДУ в виде скользящих графиков, различного вида диаграммами, а также анимационными схемами работы систем и механизмов.

Прогнозирование будущих значений рабочих процессов позволяет заблаговременно наметить мероприятия, чтобы избежать нежелательного состояния ГДУ. В современных системах обеспечения работоспособности главной пропульсивной установки для этой цели имеются «генераторы» рекомендаций. Они на базе текущего прогноза по ходу работы ***автоматически выдают судоводителю советы о действиях, которые следует предпринять для обеспечения нормальной работы ГДУ.***

Непрерывный мониторинг и диагностика состояния главной движительной установки позволяют вовремя обнаружить ненормальности в ее работе. Для диагностики причины неполадок в современных системах обеспечения работоспособности ГДУ применяются специальные методы.

В случае определенного вида неполадок модулем защиты двигателя ***автоматически принимаются меры, предупреждающие поломку главного двигателя.*** Это достигается:

- введением в действие соответствующего резервного агрегата и остановкой неисправного;
- изменением режима работы на облегченный;
- остановкой главного двигателя.

В современных ДАУ для диагностики будущих состояний системы и неполадок, для выработки рекомендаций по обеспечению

нормальной работы, для защиты от поломок и восстановления работоспособности используются *интеллектуальные «открытые» экспертные системы*. «Открытость» обеспечивает возможность дополнения базы знаний экспертной системы новыми сведениями о причинах возникающих неполадок и методах их предупреждения.

10.5. Наблюдение за судовыми системами и другие виды мониторинга.

Контроль судовых систем. К судовому вспомогательному оборудованию относятся судовые системы и ряд других технических средств.

Судовой системой принято называть совокупность элементов (напорные средства, цистерны, танки или резервуары, трубопроводы, арматура, приводы управления), предназначенную для перемещения жидкостей или газов, поддержания заданного давления или температуры.

Вспомогательное оборудование разделяют на системы главной движительной установки (топливную, смазки, охлаждения, пусковую) и системы для общих нужд судна (балластную, удаления трюмной воды, тушения пожара, питьевой, мытьевой, отработанной воды, вентиляции судовых помещений и т.п.). Наблюдение за этими вспомогательными системами включает слежение за уровнем жидкости в танках, надзор за работой напорных средств и их питанием, контроль давления (температуры) жидкостей в трубопроводах.

Мониторинг работы насосов (Flood/Pumps monitoring). Производится путем контроля параметров работы, электропитания, давления в трубопроводах.

Мониторинг уровней в танках (Tank level monitoring). Для определения уровня жидкости в танках созданы различные датчики. В качестве примера приведем наиболее эффективный из них – высоконадежный датчик, основанный на измерении сопротивления. Он имеет основу в виде частично изолированной узкой полосы из нержавеющей стали с расположенной вдоль фронтальной части полосы позолоченной пластиной. По всей длине вокруг полосы имеется спиральная обмотка из никелиево-хромовой стали. Полоса вместе с обмоткой помещена в герметичный специальный чехол.

Длина датчика соответствует высоте танка и может превышать 30 м. Обмотка датчика касается позолоченной пластины только при наличии гидростатического давления на чехол датчика. Выше уровня

жидкости обмотка не имеет контакта с полосой и ее сопротивление пропорционально величине непогруженной части датчика. По измерениям этого сопротивления и производится определение высоты уровня в танке.

Основанные на измерении сопротивления датчики могут использоваться при определении уровней в танках для различных жидких грузов, топлива, машинного масла, питьевой, технической, отработанной воды и балласта, а также для определения осадки судна.

Для предупреждения о возможности переполнения, цистерна в верхней своей части может снабжаться коротким дополнительным датчиком, специально предназначенным для сообщения о высоком уровне жидкости.

При мониторинге уровней в танках производится опрос датчиков и анализ результатов измерений. Имеется возможность отображать результаты мониторинга в наглядном виде. При заполнении танков обеспечивается сигнализация о достижении высокого уровня наполнения для предотвращения перелива.

Другие виды мониторинга. Кроме приведенных выше выполняются и другие виды контроля судового оборудования: мониторинг микроклимата грузовых помещений, состояния аккумуляторных батарей и т.д.

Мониторинг микроклимата грузовых помещений. (Temperature and humidity monitoring) применяется для непрерывного контроля микроклимата грузовых помещений с целью своевременной вентиляции трюмов для избежания повреждения груза. По результатам мониторинга система сигнализирует о выходе параметров микроклимата за допустимые пределы и вырабатывает предупреждения при приближении их значений к предельно допустимым.

Мониторинг с помощью телекамер (Camera control TV - CCTV). Необходимо отметить и вид мониторинга путем записи в памяти изображений телекамер, контролирующих на судне те или иные помещения, оборудование или груз. Этот вид обеспечения безопасности позволяет судоводителю периодически просматривать требующие надзора объекты непосредственно из штурманской рубки, а также автоматически осуществлять запись результатов мониторинга на электронном носителе. Системы телевизионного контроля уже применяются на судах с целью обеспечения безопасности.

11. Интегрированная система радиосвязи

11.1. Назначение системы.

Интегрированная система радиосвязи (*ИСП*) предназначена для обеспечения внешней и внутрисудовой связи:

- при бедствии, поиске, спасении;
- для целей судовождения;
- для разрешения вопросов, связанных с перевозкой грузов;
- для служебных и частных переговоров.

Входящий в *ИСМ* модуль этой системы служит для управления работой радиооборудования.

Для изучения средств радиосвязи и методов их использования в программе подготовки штурманского состава имеются специальные дисциплины. Поэтому ниже приведена лишь краткая характеристика *ИСП*.

11.2. Судовое радиооборудование для внешней связи.

Судовое радиооборудование для внешней связи включает в себя аппаратуру GMDSS:

- | | |
|---|---|
| 1. УКВ радиостанцию; | 7. Приемник службы НАВТЕКС; |
| 2. Радиостанцию ПВ; | 8. Приемник навигационной информации на КВ. |
| 3. Радиостанцию ПВ/КВ | 9. УКВ носимую радиостанцию; |
| 4. Станцию Инмарсат-А; | 10. Аварийный радиобуй; |
| 5. Станцию Инмарсат-С; | 11. Радиолокационный ответчик. |
| 6. Приемник расширенного группового вызова; | |

Аппаратура GMDSS обеспечивает радиосвязь в морских районах А1÷А4.

- А1 – район в пределах зоны действия береговой УКВ радиостанции, обеспечивающей возможность оповещения о бедствии с использованием ЦИВ - цифрового избирательного вызова (30 миль).
- А2 – район, за исключением района А1, в пределах зоны действия береговой ПВ радиостанции, обеспечивающей постоянную возможность оповещения о бедствии с использованием ЦИВ (150 миль).
- А3 - район, за исключением районов А1 и А2, в пределах зоны действия геостационарных спутников ИНМАРСАТ (примерно между широтами 70⁰N и 70⁰S).

- А4 – район, находящийся за пределами А1, А2, А3.

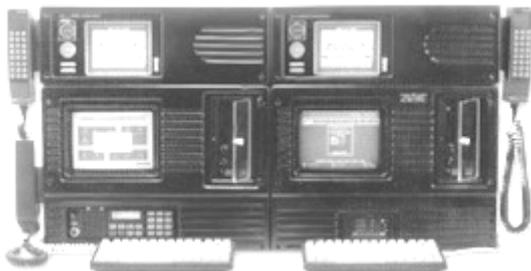


Рис. 11.1. Пульт управления внешней связью.

Пульт управления внешней связью одной из интегрированных систем ходового мостика представлен на рис. 11.1.

УКВ радиостанция обеспечивает радиотелефонную связь и цифровой избирательный вызов (ЦИВ) на расстояниях 20-30 морских миль.

Эксплуатационные требования к судовым УКВ станциям радиотелефонной связи и ЦИВ, приведены в резолюции ИМО А.609(15).

Радиостанция ПВ служит для радиотелефонной связи и ЦИВ на расстояниях до 180 морских миль. Она работает на частотах в диапазоне 1600-4000 Кгц и использует следующие виды излучения:

- J3E - режим однополостной телефонии с подавленной несущей;
- H3E - режим однополостной телефонии с полной несущей;
- F1B - режим ЦИВ;
- J2B – режим частотно-модулированной поднесущей, передача на одной боковой полосе с подавленной несущей.

Эксплуатационные требования к судовым ПВ установкам радиотелефонной связи и ЦИВ изложены в резолюции ИМО А.610(15).

Радиостанция ПВ/КВ обеспечивает радиотелефонную связь, узкополосное буквопечатающее и цифровой избирательный вызов на больших расстояниях. Она работает на частотах в диапазоне 1605 – 27500 Кгц. и использует такие же классы излучения, как ПВ радиоустановка.

Эксплуатационные требования к судовым ПВ/КВ станциям радиотелефонной связи, узкополосным буквопечатающим и ЦИВ устройствам устанавливаются резолюцией ИМО А.613(15).

Судовая станция Инмарсат-А обеспечивает двухстороннюю связь в режиме телефонии и буквопечатания, а также передачу данных и факсимиле. Дополнительно может снабжаться факсимильным аппаратом. Может включать в себя устройство расширенного группового вызова (РГВ).

Диапазон рабочих частот приемника станции составляет 1535-1543,5 МГц, передатчика – 1635,5–1645 МГц.

Передача станцией сигнала бедствия активируется с помощью кнопки, расположенной на пульте управления внешней связью на мостике.

Эксплуатационные требования к судовым и земным станциям двухсторонней радиосвязи изложены в резолюции ИМО А.698(17).

Судовая станция Инмарсат-С предназначена для передачи и приема телексных сообщений и небольших форматов данных со скоростью 600 бит/с. Она работает на цифровой основе и обеспечивает доступ в международную телексную сеть, в службу электронной почты и в массивы данных, хранящихся в компьютерах.

Передача данных осуществляется с промежуточным накоплением. Сообщение с судна вначале передается на береговую станцию, которая подтверждает его прием. Затем после непродолжительного хранения береговая станция по береговым сетям связи направляет полученное сообщение в адрес получателя.

Среднее время прохождения сообщения с судна до берегового адресата составляет 3-6 минут, а с судна на другое судно - 5÷20 минут. Прием сигналов осуществляется в диапазоне частот 1530-1545 МГц, передача – 1626,5-1646,5 МГц. Станция может включать в себя блок РГВ.

Передача станцией Инмарсат-С вызова бедствия обеспечивается нажатием кнопки, расположенной на пульте управления *ИСП*.

Эксплуатационные требования к судовым станциям Инмарсат-С изложены в резолюции ИМО А.663(16).

Приемник расширенного группового вызова предназначен для работы в режиме постоянного приема сообщений, связанных с безопасностью мореплавания:

1. сигналов бедствия, ретранслируемых береговой станцией;
2. сообщений, связанных с координацией поиска и спасения;
3. навигационных и метеорологических предупреждений, прогнозов погоды, срочных сообщений.

Для печати принимаемых сообщений предусмотрен принтер.

Информация по безопасности на море в системе РГВ передается только на английском языке. Для того, чтобы можно было принять

районный групповой вызовы, предусматривается ручной или автоматический ввод координат судна и кода района.

При приеме сигналов бедствия, поиска, спасения и срочности включается звуковая и световая сигнализация. Она отключается только вручную. В приемнике предусмотрена индикация о неправильной его настройке или отсутствии синхронизации.

Оператор может убрать из печати ряд принимаемых аппаратурой данных. Навигационные, метеорологические предупреждения, сообщения по поиску и спасению, а также отдельные специальные предупреждения не могут быть исключены из печати.

Эксплуатационные требования к аппаратуре расширенного группового вызова содержатся в резолюции ИМО А.664(16).

Приемник службы НАВТЕКС служит для приема в режиме узкополосного буквопечатающего передаваемых международной автоматизированной службой НАВТЕКС навигационных, метеорологических предупреждений и срочной информации. Он работает на частоте 518 Кгц. Данные передается на английском языке.

Эксплуатационные и технические характеристики системы НАВТЕКС приведены в резолюции МККР 540-1.

Приемник навигационной информации на КВ предназначен для приема информации по безопасности на море:

- навигационных и метеорологических предупреждений;
- метеорологических прогнозов;
- срочных сообщений по безопасности.

Информация передается в режиме узкополосной буквопечатающей телеграфии с помехоустойчивым кодированием на частотах 4210,6314, 5416.5, 12879, 16806.5, 19680.5, 26100.5 Кгц.

При приеме сведений по поиску и спасению активируется аварийно-предупредительная сигнализация, отключаемая только вручную.

Эксплуатационные требования к КВ оборудованию узкополосной буквопечатающей телеграфии для приема информации по безопасности на море устанавливаются резолюцией ИМО А.700(17).

Список литературы.

1. Алексисин 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. Вагущенко Л.Л., Кошовий А.А. Автоматизовані комплекси судноводіння. Підручник для морських академій – Видавництво «КВІЦ», Київ, 2000 р. - 292 с.
4. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. – 2-е изд., перераб. и доп.- Одесса: Латстар, 2002. – 310 с.
5. Вагущенко А.Л. Системы мониторинга нагрузок на корпусе судна // Морское обозрение – 2002. №4(8) – с. 15-16.
6. Веллер В. Автоматизация судов. Пер. с нем. - Л.: Судостроение, 1975. - 280 с.
7. Горемек В.А., Ушаков К.А. Исследование операций. – М.: Наука, 1982. – 312 с.
8. Золотов В.В., Фрейдзон И.Р. Управляющие комплексы сложных корабельных систем. - Л.: Судостроение, 1986. - 232 с.
9. Лукомский Ю.А., Пешехонов В.Г., Скороходов Д.А. Навигация и управление движением судов. – Санкт-Петербург, «Элмор», 2002. – 360 с.
10. Лукомский Ю.А., Чугунов В.С. Системы управления морскими подвижными объектами. - Л.: Судостроение, 1988. - 272 с.
11. Мальцев А.С. Управление движением судна. – Одесса: Весть, 1995. – 232 с.
12. Мамиконов А.Г. Принятие решений и информация. М.: Наука, 1983. – 184 с.
13. Основные термины в области метрологии: Словарь-справочник. Под ред. Ю.В.Тарбеева. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
14. 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.
15. Павленко Л.В., Козырь Л.А. Особенности эксплуатации балкеров. – Одесса: Латстар, 2002. – 80 с.
 16. Резолюция ИМО А.893(21) – 1999. “Руководство по планированию рейса”.
 17. Рекомендации по организации штурманской службы на морских судах Украины (РШСУ-98) – Одесса: ЮжНИИМФ, 1998. – 111 с.
 18. Справочник капитана дальнего плавания /Л.Р.Аксютин, В.М.Бондарь, Г.Г.Ермолаев и др.; Под ред. Г.Г.Ермолаева. – М.: Транспорт, 1988. – 248 с.
 19. Суевалов Л.Ф. Справочник по расчетам судовых автоматических систем. – 2-е изд. Перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1989. – 408 с.
 20. Телешевский В.И. Принципы построения компьютеризованных систем обеспечения качества //Автоматизация проектирования - 1998, №3, - с. 16-23.
 21. Управление судном /С.И.Демин, Е.И.Жуков, Н.А.Кубачев и др.: Под ред. В.И.Снопкова. Учебник для вузов - М.: Транспорт. 1991 - 359 с.
 22. Якубайтис Э.А. Информатика-электроника-сети. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 200 с.
 23. Bridge Procedures Guide, ICS, 1998.
 24. Bridge Team Management, IMO, 1993.
 25. GMDSS Handbook, IMO, London, 1992.
 26. ECDIS Ice Objects, Version 3.0. 2001. Canadian Ice Service, Ottawa, Ontario, Canada. 58pp & appendices.
 27. Motz, Florian and Heino Widdel. 2000. Ergonomic Design for Presentation of AIS Information on Ships. Final Report for the Federal Ministry of Transport, Building and Housing, Germany. Project 40.345/1999. FGAN, Wachburg, Germany. 60 pp., & appendices.
 28. Nieto, J.-C., 1997, "Análisis de Campos de Oleaje Mediante Radar de Navegación en Banda X, (in Spanish), Ph.D. thesis at the dep. of physics of the University of Madrid.
 29. Pacheco, Miguel. 2000. Product Specifications for Marine Information Objects. Technical Report No. 206 (a Masters Thesis), University of New Brunswick, Fredericton, Canada. 101pp.
 30. Schulze, Jana. 1999. Proposed Object Classes and Attributes for Weather. SevenCs GmbH, Hamburg, Germany. 41pp.

31. Young, I.R., Rosenthal W. and Ziemer F. (1985). "A Three-dimensional analysis of marine radar images for the determination of ocean wave directionality and surface currents", J. Geophys. Res., Vol 90.
32. Ziemer, F., and W. Rosenthal (1987). "On the Transfer Function of a Shipborne Radar for Imaging Ocean Waves", Proc., IGARSS' 87 Symp., Ann Arbor, Michigan, May 1987.
33. Ziemer, F. (1991). "Directional Spectra from Shipboard Navigation Radar during LEWEX", Directional Ocean Wave Spectra, The John Hopkins University.
34. Ziemer, F. and H. Günther (1994). "A system to monitor ocean wave fields", Proc. 2 nd Int. Conf. On Air-Sea Interaction and Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone. Lisboa, September 22-27.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.	3
Перечень сокращений.....	9
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.	11
1.1. Понятие системы.....	11
1.2. Системы управления.....	13
1.3. Информационные системы.....	15
1.4. Характеристики информационных систем.....	17
1.5. Информационные ресурсы систем.....	19
1.6. Системы информационной поддержки принятия решений.....	22
1.7. Информационные сети.....	23
1.8. Интегрированные системы.....	26
1.9. Обеспечение качественного функционирования ИС	29
2. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ХОДОВОГО МОСТИКА.	35
2.1. Состав интегрированных систем ходового мостика....	35
2.2. Требования к ИСМ.....	37
2.3. Интегрированная система судна и место в ней ИСМ....	42
3. ДАТЧИКИ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ.	46
3.1. Конвенционные навигационные приборы и системы...	46
3.2. Автоматическая идентификационная система.....	49
3.2.1. Общие сведения.....	49
3.2.2. Бортовая аппаратура АИС.....	50
3.2.3. Информация, предоставляемая АИС.....	53
3.3. Бортовая система приема звуковых сигналов.....	55
3.4. Судовая система ночного видения.....	56
3.5. Спутниковый компас.....	59
4. НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА.	65
4.1. Назначение системы.....	65
4.2. Состав системы.....	67
4.3. Виды ЭК и типы навигационно-информационных систем.....	69
4.4. Краткие сведения об ECDIS.....	73
5. СИСТЕМА ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ СУДОВ.	78
5.1. Назначение, состав и функции системы.....	78
5.2. Перечень требований к оборудованию СПС.....	80

5.3. Требования к радиолокационному оборудованию судов	80
5.4. Требования к РЛС высокоскоростных судов.....	85
5.5. Требования к САРП.....	88
5.6. Требования к представлению АИС-информации в радиолокационных системах и в ECDIS.....	94
5.7. Основные характеристики судовых радиолокационных систем.....	98
5.8. Преимущества АИС перед РЛС и САРП.....	100
6. СТАНЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА.	103
6.1. Назначение и структура.....	103
6.2. Панели органов управления.....	104
6.3. Коннинг дисплей	110
7. СИСТЕМА ОЦЕНКИ И ОПТИМИЗАЦИИ МОРЕХОДНОСТИ.	113
7.1. Общие сведения.....	113
7.2. Рекомендации ИМО по установке СМН.....	117
7.3. Системы для оценки и оптимизации мореходности....	118
7.4. Система мониторинга параметров морского волнения..	121
7.4.1. Основные сведения о системе.....	121
7.4.2. Интерпретация волнения и экосигналов РЛС от моря...	124
7.4.3. Принцип определения параметров морского волнения по данным РЛС.....	128
7.4.3. Алгоритм СМПВ.....	129
8. СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПУТИ.	133
8.1. Общие сведения о планировании рейса.....	133
8.2. Назначение СПП и ее состав.....	136
8.3. Информационные ресурсы системы.....	137
8.4. Типовые функции СПП для выбора начального варианта пути.....	141
8.5. Прогностическая оценка внешних условий на выбранном маршруте с помощью СПП.....	143
8.6. Функции СПП для анализа влияния условий предстоящего плавания на судно и груз.....	145
8.7. Оценка плана перехода и его оптимизация по различным критериям.....	147
9. РЕГИСТРАТОР ДАННЫХ РЕЙСА.	148
9.1. Общие сведения.....	148
9.2. Состав аппаратуры РДР.....	149
10. ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И СИГНАЛИЗАЦИИ.	153
10.1. Назначение системы.....	153

10.2. Состав системы.....	154
10.3. Мониторинг с целью обнаружения чрезвычайных событий.....	155
10.4. Контроль работы главных средств управления.....	156
10.5. Наблюдение за судовыми системами и другие виды мониторинга.....	158
11. ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАДИОСВЯЗИ.	160
11.1. Назначение системы.....	160
11.2. Судовое радиооборудование для внешней связи.....	160
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	164