

**ИСС**  
**"Интегрированные системы судна"**  
**краткий конспект лекций**

## **ПРИМЕЧАНИЕ**

**Настоящий краткий конспект лекций по предмету "Интегрированные системы судна" предназначен исключительно для повторения материала по указанной дисциплине и не в коей мере не может заменить собой учебную литературу, список которой приведен в конце данного конспекта.**

# Лекция 1

Развитие науки и техники привело к созданию принципиально новых систем управления морскими судами.

На современном этапе особенно следует выделить успехи развития двух наук: электроники и информатики.

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 судна
- производить обработку навигационной информации в реальном масштабе времени
- улучшить качество управления судном за счет использования более полной информации о процессе судовождения, а также за счет освобождения судоводителя от рутинных операций
- улучшить контроль работы судовых технических средств и повысить безопасность судна
- обеспечить автоматическое решение ряда «интеллектуальных» задач, связанных с управлением судном, обеспечением его безопасности

Применение современных информационных технологий позволило достичь значительных успехов на судах 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.

Формальная 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. В нечеткой логике 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 судовых процессов значительную роль играют микроэлектронные управляющие устройства с программируемой логикой, называемые программируемыми логическими контроллерами – ПЛК.

ПЛК - это сохраняющие программу устройства, позволяющие запрограммировать выполнение серии событий :

- в определенной последовательности одно за другим,
- в заданные моменты времени
- по результатам подсчета каких-либо величин.

Работа программы в этих устройствах построена по «принципу реакции» в реальном времени на входные события.

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

Отличительными свойствами ПЛК считается:

- 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.

На современных морских судах от отдельных устройств автоматизации перешли к использованию сложных автоматизированных информационно-управляющих систем, в комплексе решающих задачи управления.

Одной из таких систем является интегрированная система ходового мостика (*ИСМ*) - электронный комплекс для решения входящих в процесс судовождения задач: навигации, предупреждения столкновений, управления движением, обеспечения безопасности, радиосвязи, контроля технических средств и ряда других.

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

Основной задачей *ИСМ* на современном этапе является информационная поддержка решений судоводителя.

Кроме этого, *ИСМ* обеспечивает судоводителю возможность непосредственного управления силовыми средствами, включая ГДУ. Она также автоматически решает несложные задачи управления: стабилизация курса, удержание судна на отрезке маршрута, выполнение изменения курса на заданный угол, проводка судна по заданному маршруту и ряд других.

### Основные понятия и определения.

#### *Понятие системы*

Под системой в общем случае понимается совокупность частей, совместно выполняющих определенную задачу, и обладающую свойствами, которых нет у частей системы в отдельности

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

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

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*.

- Надежность - это способность системы работать без отказов. 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.

коэффициент готовности - определяет вероятность пребывания системы в работоспособном состоянии в любой момент времени. Статистически коэффициент готовности системы определяется как среднее время восстановления

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

Сложная система характеризуется большим числом элементов и, что наиболее важно, большим числом взаимосвязей между элементами. Специфика такой системы определяется также множеством частных целей, иерархичностью и рядом других свойств.

#### *Системы управления.*

**Системой управления (СУ)** называется система, в которой осуществляется управление тем или другим объектом либо процессом.

**Управлением** называется процесс обеспечения одним объектом требуемого поведения другого объекта с помощью целенаправленных воздействий (команд).

Объект, вырабатывающий целенаправленные воздействия, называется **управляющей или командной системой (КС)**.

Объект, которым управляют, называется **объектом управления (ОУ)**.

Целенаправленные воздействия на **ОУ** со стороны командной системы являются **управляющими воздействиями**.

**Входными величинами СУ** называется совокупность воздействий управляющих сил и возмущений среды на объект управления.

**Выходными величинами СУ** являются параметры, характеризующие состояние системы.

**Управляемыми величинами** называются параметры системы, которые при управлении преднамеренно изменяются или сохраняются постоянными в соответствии с целью управления.

#### **Основные условия осуществимости управления.**

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

**Управляемостью** объекта в общем случае называется его способность выполнять должным образом команды за определенное конечное время. При этом предполагается предсказуемость поведения объекта управления

**Наблюдаемость** объекта – это возможность контроля его выходных величин (основное – управляемых переменных) командной системой.

**Способность командной системы управлять** – это свойство, которое определяет возможность **КС** решить поставленную задачу. Оно означает, что у **КС** должны быть достаточные для выработки решений и проведения их в жизнь интеллектуальные, информационные, технические и энергетические ресурсы.

#### **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 системы и внешней среды, прогноз состояния, 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.

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

Полученное решение затем реализуется, после чего поэтапные действия повторяются.

#### **Виды структур СУ.**

Различают командную, функциональную и формальную (описательную математическую) структуры систем управления.

## Лекция 2

### Информационные системы.

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

**Информация** - представляет собой сведения, характеризующие систему управления, внешнюю среду и используемые в процессе принятия решений или в связи с осуществлением тех или иных действий с системой.

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

- **аппаратного обеспечения** - комплекса технических средств;
- **программного обеспечения** - совокупности, моделей, методов, алгоритмов и программ реализации целей;
- **информационного обеспечения** - совокупности средств классификации, кодирования, унификации, документации;
- **организационного обеспечения** - совокупности методов и средств работы персонала, осуществляющего эксплуатацию системы;
- **правового обеспечения** - совокупности норм права, определяющих юридический статус системы.

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

**Программное обеспечение** - представляет собой совокупность программ, обеспечивающую обработку или передачу данных, а также разработку новых программ.

**Структура информационной системы** состоит из четырех основных частей:

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

**Задачи информационных систем:**

- 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,
- и выполнения ряда других информационных задач.

**Виды ввода данных в систему:**

- автоматический ввод через каналы связи
- с электронных носителей (дисков и дискет)
- занесение данных вручную

**Виды доступа к данным:**

- только для чтения
- для чтения и модификации с сохранением старой информации
- для чтения, модификации и стирания устаревшей информации

**Методы поиска данных:**

- по смысловому содержанию (ключевому слову)

- по однозначно определяемому признаку (наименованию или идентификатору)
- по месту расположения сведений в памяти

Любой эффективный поиск основывается на систематизированной организации данных в памяти системы.

#### ***Способы защиты данных.***

Для защиты данных используются различные системы паролей, ключей, установление различных видов доступа к данным, ограничение доступа к различным частям памяти, доступа по времени, и другие меры.

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

В современных информационных системах применяются развитые средства для общения пользователя с системой: пассивный диалог, активный диалог, а также их сочетания.

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

#### ***Характеристики информационных систем.***

**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 для этих систем объем информации определяется количеством символов, в байтах.

**Ценность информации** – характеристика важности ее для решаемой задачи. В системах управления ценность информации определяется ее значением для правильного выбора решений. Существенными здесь являются два фактора: весомость самого решения и степень влияния информации на его выбор.

**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.*

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

**Надежность информации** – стабильность характеристик достоверности (точности) получаемой от системы информации в течение определенного промежутка 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 численно оценивается отношением количества получаемой информации к требуемому для задачи ее объему.

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

**Целостность информации** – достоверность, надежность, полнота и действительность информации, на основе которой принимаются решения.

**Пропускная способность** - показатель эффективности информационной системы или сети. Определяется числом выполняемых команд в секунду, заданий в час и т.д. Пропускная способность коммуникационной сети определяется числом блоков данных, передаваемых в единицу времени.

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

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

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

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

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

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

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

### ***Информационные ресурсы систем.***

Для хранения на электронных носителях информационные ресурсы организуются в виде баз данных и баз знаний.

#### **Состав знаний.**

В популярной форме *знания* о предметной области можно представить в виде *элементов знаний* и *отношений* между элементами.

#### **Элементы знаний** включают:

- **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. Отношения делят на алгоритмические и неалгоритмические знания.

**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.

Применительно к системам управления **базой данных** называют совокупность взаимосвязанных массивов *понятий, событий и свойств*, представляющих характеристики системы управления и ее внешней среды с такой минимальной избыточностью, которая

обеспечивает их оптимальное использование во всех практических случаях, связанных с рассматриваемой системой управления.

**Системой управления базами данных (СУБД)** называется совокупность языков и программ, позволяющая создавать базы данных и управлять их функционированием.

**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.**

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

**База знаний** дополнительно включает способы выполнения задач в данной предметной области, обеспечивающие получение решений для конкретных исходных данных.

Условно в составе базы 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**.

**Системой управления базой знаний** называется специальный *механизм логического вывода* - процедура поиска и планирования решения. Этот механизм. Он дает возможность на основе хранимых знаний для конкретных исходных данных получать решения задач в данной предметной области, формулируемые в терминах понятий, находящихся в базе.

**Системы информационной поддержки принятия решений**

**Этапы принятия решений:**

**Первый этап** - это этап накопления системой управления информации о своем состоянии и состоянии внешней среды, обработки данных, анализа и прогнозирования состояния системы и внешней среды на определенное время вперед.

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

**На третьем этапе** определяются пути достижения системой поставленной цели.

**Четвертый этап** состоит в выборе из множества допустимых решений наилучшего.

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

**СППР 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.**

## Лекция 3

### *Информационные сети.*

Информационной сетью называется взаимодействующая совокупность информационных объектов (систем) с выделенными связями (информационными каналами) между ними, предназначенная для обработки, хранения и передачи данных.

Информационным каналом называется средство (коммуникационная среда), по которому в сети передаются сигналы, данные.

Информационные сети могут быть:

- локальными (LAN)
- территориальными

Судовые компьютерные структуры относятся к *LAN*.

Применяются две архитектуры локальных сетей:

- клиент-сервер
- Одно-ранговая архитектура

Локальные сети классифицируются по различным признакам:

- По технологии передачи данных
  - сети с маршрутизацией данных
  - сети с селекцией данных
- В зависимости от физических средств соединения
  - кабельные локальные сети
  - беспроводные локальные сети

Информационный канал, по которому информационные 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 взаимодействия любых партнеров.

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.

По оптическим каналам передаются сигналы, в которых данные закодированы изменениями излучения света. Оптические каналы называются также волоконно-оптическими (фибро-оптическими) линиями связи.

Документы, определяющие правила и процедуры подключения систем к сети называются протоколами.

### *Интегрированные 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, целью объединения которых является выполнение новой задачи, для решения которой требуется использовать функции объединяемых частей.

При построении современных интегрированных систем применяется системный подход.

Интегрированные системы называют 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.

**Базовая конфигурация ИС** – это минимальный комплект интегрированной системы, при котором она еще отвечает своим основным целям.

**Используемая конфигурация ИС** – это совокупность частей интегрированной системы, участвующих в данный момент при решении задач.

**Открытость интегрированных систем** состоит в том, что должна быть обеспечена 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 ИС

**Создание интегрированных систем базируется на международных стандартах,** определяющих, как должны взаимодействовать между собой 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.

**Модульность ИС** состоит в построении аппаратуры и/или программного обеспечения из отдельных структур (модулей, блоков, подсистем), которые могут функционировать как отдельно при выполнении своих локальных задач, так и совместно при решении общей задачи.

#### **эффективные методы интеграции систем**

При комплексной автоматизации производственных процессов 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, управляющих 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 судовых сетях для обеспечения взаимодействия отдельных ЭВМ обычно используется один магистральный канал (моноканал), замкнутый в виде петли (кольца), в которой циркулирует информация.

**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.

#### **Обеспечение качественного функционирования ИС.**

**Эффективность современных ИС поддерживается компьютеризованными системами обеспечения качества**

Компьютеризованная ***СОК*** встраивается в интегрированную систему управления как одна из ее частей, и обладает структурной, программной, метрологической и конструктивной совместимостью со всеми другими частями ***ИСУ***.

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 качество рассматриваемой **ИС**

Управляющими воздействиями в **СОК** – меры, которые принимаются для обеспечения требуемых значений показателей качества.

Управление качеством **ИСУ** может осуществляться:

- *вручную* - человеком либо группой людей
- *полуавтоматически* - человеко-машинной системой
- *автоматически* - без участия оператора.

Под качеством управления обычно понимается соответствие функционирования **ИСУ** ее целям.

Основные задачи **СОК**:

- **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.

Эффективная работа **СОК** в основном определяется:

- содержанием процедур, связанных с информацией
- извлечением из наблюдений сведений об изменении свойств системы управления.

Основные процедуры **СОК**:

**Измерение** – сравнение наблюдаемой величины с ее единицей с целью получения значения этой величины в форме, наиболее удобной для использования.

**Контроль** – совокупность операций, устанавливающая соответствие между состоянием (свойством) объекта и заданной нормой, определяющей различные области его состояния.

**Мониторинг** – частный вид контроля. «**мониторинг**» - это постоянное наблюдение за каким-либо процессом или явлением с целью установления его соотношения желаемому результату или первоначальному предположению.

**Диагностика** – анализ признаков: для установления состояния объекта (процесса) или причин отклонения этого состояния от желаемого, для предсказания возможных отклонений с целью предотвращения поломок и аварий, а также для выявления ошибок, неисправностей и 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 **СОК**:

- 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 с целью 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

#### **Виды воздействий СОК на систему управления:**

- 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:**

**Подсистемы мониторинга** - 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** - выполняют 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, методы тестирования, способы, основанные на использовании избыточной информации. **Аппаратные методы** предусматривают введение дополнительного оборудования (датчиков, анализаторов и других приборов) для контроля рабочих процессов.

**Подсистемы диагностики** применяются для определения состояния оборудования, тенденций в его изменении, для выявления неисправностей технических средств, ошибок программного обеспечения и установления их причин

**Объектом диагностики может быть устройство, программа, система, компьютер, сеть.** В процессе диагностики изучаются характеристики, параметры и функции, выполняемые объектом. При этом осуществляется тестирование и проводится анализ проведенного исследования.

**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.

**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, если возможно, оборудовать подсистемами восстановления работоспособности.

## Лекция 4

### Интегрированные системы ходового мостика

#### *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.

Интегрированная система ходового мостика относится к классу информационно-управляющих систем.

#### 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.

**ИСМ** построена как информационная сеть, в которой взаимодействие между частями производится в соответствии со специальным протоколом.

Современные **ИСМ** отвечают требованиям к управлению судном одним человеком. У них один пульт управления с двумя рабочими местами.

#### Типовой интегрированный мостик включает в себя:

- Систему навигационных датчиков
- Навигационно-информационную систему – **НИС**
- Систему для предупреждения столкновений – **СПС**
- Систему оценки и оптимизации мореходности – **СОМ**
- Систему планирования и оптимизации пути – **СПП**
- Станцию управления движением судна – **СУД**
- Централизованную систему мониторинга и сигнализации - **ЦСМ**
- Интегрированную систему радиосвязи – **ИСР**
- Регистратор данных рейса – **РДР**
- Консоль управления движением с крыла мостика
- **ИСМ** предназначенные для скоростных паромов, снабжаются системами ночного видения

Основой практически всех систем, входящих в **ИСМ**, является персональный компьютер.

#### **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

#### Требования ИМО

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.

- Необходимо, чтобы каждая часть *ИСМ* соответствовала общим требованиям к электронным навигационным средствам и стандартам технических испытаний
- 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 требованиям к морским интерфейсам. Они также обязаны информировать о своем эксплуатационном состоянии, латентности и действительности важнейших данных.

### Требования к интеграции.

- *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, возможной и используемой конфигурации системы.
- *ИСМ* должна позволять оперировать данными и информационными ресурсами каждой ее части.
- В интегрированной системе необходимо дублировать средства для выполнения важнейших 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.
- 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 интегрированных функций, чтобы работа с ней была легко понятной.
- Если используются устройства отображения неисправностей, то они должны быть цветными, непрерывно отображать информацию и функциональные области.
- 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.

- Управление аварийно-предупредительной сигнализацией в *ИСМ*, как минимум, должно отвечать требованиям Кодекса 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.

- Сообщения аварийно-предупредительной сигнализации должны быть такими, чтобы вызвавшая ее причина и функциональные результирующие ограничения были легко понятными.

#### Требования к электропитанию:

Электропитание *ИСМ* необходимо производить:

- от основного и аварийного источников электропитания с обеспечением, при необходимости, автоматического переключения через местный распределительный щит.

- Возможность непреднамеренного вывода из работы должна быть исключена;

- от переходного источника электропитания в течение не менее 1 мин;

где требуется, части *ИСМ* должны получать электропитание от резервного источника.

- При включении после нормального вывода из работы *ИСМ* должна приходить в начальное состояние без вмешательства оператора.

- Необходимо, чтобы после перерывов в электропитании полная функциональность *ИСМ* обеспечивалась сразу же после восстановления функций ее компонентов.

- 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 электропитании необходимо восстанавливать только после подтверждения оператором.

#### Требования к навигационному комплексу ОМБО – судов

- 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* должны 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.

- *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, больше 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.

#### Требования к навигационному комплексу ОМБО – судов

- 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* должны 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.

- *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, больше 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.

- Судоводителю должна быть предоставлена возможность установки величины интервала времени срабатывания предупредительной сигнализации до возможной посадки на мель, или до момента столкновения, в пределах от 6 до 30 мин.

- 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.

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

### ***Интегрированная система судна и место в ней ИСМ.***

**Интегрированной системой судна** называется микропроцессорная система, управляющая судовыми процессами (судовождением, выработкой энергии, обеспечением жизнедеятельности, сохранности груза, и т.д.) для достижения поставленной перед судном цели.

*ИСС* является многоконтурной системой и включает различного 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.

#### **Типовая интегрированная система судна включает в себя:**

- административную систему
- интегрированную систему ходового мостика – ИСМ
- систему управления электроснабжением
- систему дистанционного управления главной движительной установкой - ГДУ
- систему дистанционного управления рулем судна
- систему дистанционного управления подруливающими устройствами
- систему управления грузовыми операциями. Например, для танкера это системы: управления погрузкой/выгрузкой, замера уровней в танках, разогрева груза и др.
- систему управления балластировкой судна

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 волоконно-оптической технологии. Отдельные входящие в *ИСС* системы также могут иметь структуру сетей.

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

## Лекция 5

### Датчики навигационной информации.

#### *Конвенционные навигационные приборы и системы.*

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

Все суда должны быть оборудованы:

**- 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.**  
**- универсальными транспондерами автоматической информационно-идентификационной системы (АИС).**

**- радиолокационными средствами** и средствами автоматической прокладки разной степени сложности:

- Средства электронной прокладки – СЭП
- Средства автосопровождения – САС
- Средства автоматической радиолокационной прокладки – САРП

**- Указатель скорости поворота и абсолютный лаг**

**- Усовершенствоваться должны и традиционные навигационные приборы: гирокомпасы, лаги, эхолоты.**

**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.

#### *Автоматическая идентификационная система.*

**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)

**АИС позволяют:**

- обмениваться навигационными данными между судами при их расхождении в море;
- передавать данные о судне и его грузе в береговые службы;
- направлять с судна навигационные данные в береговые системы управления движением судов (СУДС) с целью обеспечения более точной и надежной его проводки в зоне действия СУДС;
- СУДС оказывать навигационную помощь судам в прохождении района, подконтрольного СУДС;
- передавать на судовые и береговые станции с навигационных средств ограждения информацию с целью идентификации и своевременного обнаружения этих средств, для знания их точного местоположения.

- по линии АИС с берега могут передаваться навигационные и метеорологические предупреждения в прибрежных водах.

АИС работает на двух УКВ частотах: 161,975 МГц (AIS-1, канал 87В) и 162,025 МГц (AIS-2, канал 88В)

Дальность действия АИС зависит от высоты антенны и составляет порядка 20÷30 миль.

## Бортовая аппаратура АИС

### Типы бортовой аппаратуры АИС:

- класса А- полностью соответствует требованиям ИМО
- класса В- упрощенный вариант.

### Состав аппаратуры:

Основной блок включает приемопередатчик (transceiver), связной процессор (controller), внутренний GPS приемник, средство контроля достоверности передаваемых и принимаемых данных, встроенную систему автоматического контроля работоспособности.

В приемопередатчик обычно входят три независимых приемника (два SOTDMA, один цифрового избирательного вызова: DSC - Digital Selective Calling) и 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.

Связной процессор создает и распределяет по времени пакеты данных для передачи статической, динамической информации о судне и данных рейса. 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.

Сопрягаемая с АИС аппаратура. Блок управления и отображения имеет средства для стыковки с приемником СНС, гирокомпасом, лагом, указателем угловой скорости, датчиками крена и параметров качки, РЛС, САРП, ECDIS, ECS, RCDS, РС.

### Функции бортовой аппаратуры АИС обеспечивают:

- 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 передачи в радиоканал;
- сохранение статических данных, предназначенных для автоматической передачи;
- выдачу принятых по радиоканалу данных на устройства отображения;
- выдачу информации о своей работоспособности, обнаружении неполадок и выхода из строя АИС, предотвращение несанкционированного изменения введенных или передаваемых данных;
- возможность отключения АИС капитаном судна

## Режимы работы АИС

### Режимы ближней связи:

автономный, непрерывный . Судовая АИС в этом случае передает на двух УКВ частотах блоки информации с короткими временными интервалами.

«назначенный» режим – при котором интервал передачи данных различных блоков информации судовой АИС устанавливается дистанционно с берега;

**режим «по запросу»** – 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. Режим дальней связи предназначен для обмена информацией между судном и берегом. Он может быть использован только компетентными властями.

Режим дальней связи АИС обеспечивает эффективное средство для мониторинга, контроля соблюдения правил плавания и эффективного управления движением судов в соответствующих 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 АИС работает параллельно.

## **Информация, предоставляемая АИС**

Информация, передаваемая в автономном непрерывном режиме АИС-транспондером класса А, разделяется на

- данные о судне (статические и динамические)
- сведения о рейсе
- короткие сообщения о безопасности.

### **Статическая информация о судне включает:**

- MMSI номер – Maritime Mobil Service Identity number.
- ИМО номер судна (если он имеется);
- Позывной сигнал и название судна;
- Значения длины и ширины судна;
- Тип судна;
- Данные, характеризующие расположение на судне антенны электронной позиционной системы

**Динамическая информация о судне** – это сведения о его положении, элементах движения, навигационном статусе.

### **Навигационный статус** характеризует состояние судна как объекта маневрирования:

- «судно не управляется»
- судно ограничено в возможности маневрирования
- «судно на якоре»,
- «судно стоит на мели»
- «судно занято буксировкой» и т.д.

Информация о состоянии судна вводится в память системы вручную. Данные об элементах движения судна поступает в АИС автоматически от соответствующих датчиков. Имеется также возможность ручного ввода этих сведений.

### **Динамическая информация состоит из таких данных:**

- Координаты положения судна с указанием их точности;
- Время UTC, которому соответствуют значения передаваемых данных;
- Курс относительно грунта (путевой угол);
- Скорость относительно грунта (путевая скорость);
- Курс судна (направление диаметральной плоскости судна);
- Навигационное состояние судна;
- Угловая 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 автономном режиме работы АИС различные типы информации передаются с разной частотой.

- Статические сведения о судне передаются каждые 6 минут и по требованию.
- Интервал передачи динамической информации зависит от скорости судна и изменения курса .
- Связанные с рейсом сведения передаются с периодом 6 минут, при изменении этих данных и по запросу.
- Короткие сообщения относительно безопасности передаются по мере надобности.

### Короткие сообщения о безопасности.

Кроме основной информации, АИС имеет возможность передавать различные короткие «бинарные» сообщения».

Максимальная длина бинарного послания - 121 символ.

### Короткие сообщения могут использоваться:

- Для извещения других судов и береговых станций об определенных событиях;
- Для передачи береговыми станциями на суда информации об опасностях и рекомендаций при оказании навигационной помощи;
- Для передачи сообщений судами в режиме дальней связи;
- Для усовершенствования лоцманского обеспечения и портового управления,
- Для 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 соблюдения МППСС.

### Аппаратура АИС класса В

выполняет аналогичные транспондеру АИС-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 передает короткие сообщения о безопасности;
- не передает информацию о скорости поворота;
- не сообщает осадку судна.

## Лекция 6

### *Бортовая система приема звуковых сигналов*

**Система приема звуковых сигналов (СПЗ)** – это акустическое электронное навигационное средство 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. Согласно требованиям ряда классификационных обществ этой системой должны снабжаться также ОМВО-суда.

СПЗ должна работать в диапазоне частот 70÷100 Гц.

В систему приема звуковых сигналов входит четыре водо-защищенных микрофона, соединенные через усилитель с громкоговорителем, индикаторы работы микрофонов.

Усилитель, громкоговоритель, индикаторы работы микрофонов находятся в пульте системы, располагаемом внутри рулевой рубки.

Микрофоны устанавливают снаружи: два на крыльях мостика, два в диаметральной плоскости, один впереди и один сзади рубки.

#### Принцип определения направления:

Микрофоны работают в парах.

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

### *Судовая система ночного видения.*

**Система ночного видения (СНВ)** - 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.

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 рассмотрения отдельных объектов и для их съемки в светлое время суток.

#### СНВ включает:

- электронно-оптический модуль (видеокамера)
- блок разворота видеокамеры по азимуту и высоте
- электронный блок
- панель управления и дисплей.

#### Видеокамера

представляет собой электронно-оптический блок, работающий в диапазоне длин волн от 400 нм до 950 нм.- видимый и инфракрасный диапазон. Поле зрения видеокамеры составляет 20÷25° в горизонтальной плоскости и 15÷20° в вертикальной. В видеокамере создается изображение объекта, попадаемого в поле зрения системы, и усиливается его яркость.

#### Блок разворота видеокамеры

позволяет менять направление ее оптической оси на 360° по азимуту и ±30° от горизонтального положения по высоте.

#### Панель управления имеет:

- джойстик для ручного изменения направления оптической оси камеры по азимуту и высоте
- переключатель режимов «автоматического сканирования» по азимуту и «ручного» управления по этой координате. Угол сканирования в автоматическом режиме может выбираться 10, 20, 30° вправо и влево.
- органы для ручной фокусировки, изменения яркости, контраста
- органы для управления очисткой окна видеокамеры

**СНВ имеет два монитора:**

- основной – в рулевой рубке
- дополнительный – в каюте капитана.

На мониторах может дополнительно показываться линия относительного движения целей и расстояние кратчайшего сближения с ними.

**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.

**Спутниковый компас**

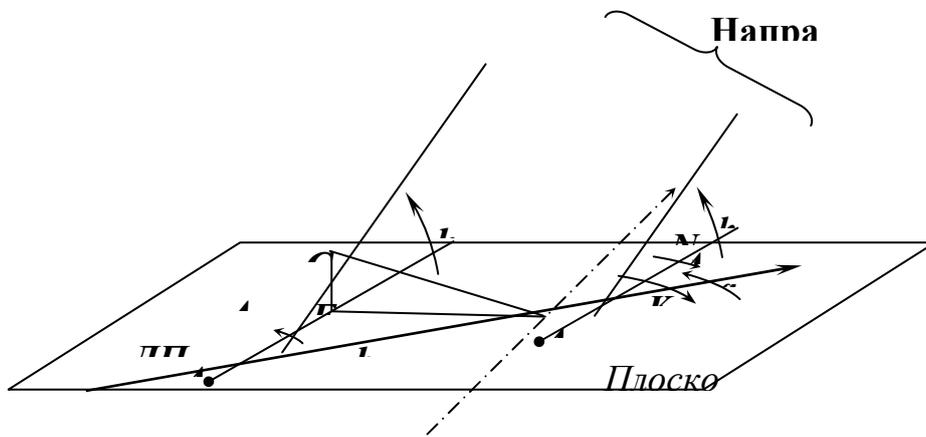
**Принцип определения курса в спутниковом компасе.** С помощью навигационных спутниковых систем можно получать информацию о курсе судна. С этой целью используются двух или трех антенные системы. В принципе для получения курса необходимо только две антенны. Третья антенна позволяет вместе с курсом судна определить углы килевой и бортовой качки и улучшить точность измерения курса, уменьшив негативное влияние на нее килевой, бортовой качки и рыскания.

Две антенны  $A_1, A_2$  спутниковой системы GPS расположены в диаметральной плоскости судна. 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. Длина волны несущей частоты  $F1$  составляет приблизительно 19 см.

При определениях положения, по координатам места судна и по эфемеридам спутников всегда могут быть рассчитаны горизонтные координаты НИСЗ: высота  $h_s$  и азимут  $A_s$ .

Расстояния, которые проходит сигнал с определенного спутника до антенн  $A_1, A_2$ , отличаются на величину  $\Delta D$ . Эту разность расстояний можно найти, измерив сдвиг фаз  $\Delta \Phi$  несущего сигнала, принимаемого антеннами  $A_1, A_2$ :



**принцип работы спутникового компаса.**

$$\Delta\Phi = \Delta\psi + n ,$$

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  $\Delta D$  находится по формуле:

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

где  $\lambda$  – длина волны несущего сигнала.

Зная  $\Delta D$  и высоту  $h_s$  спутника над истинным горизонтом, можно найти курсовой угол  $q_s$  спутника и истинный курс судна  $K$ :

$$A_2 F = \Delta D \sin h_s ; \quad q_s = \arccos \frac{A_2 F}{b} ; \quad K = A_s - q_s .$$

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 НИСЗ, а при двухмерной навигации – не менее чем до 3-х НИСЗ.

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, этот свободный гироскоп применяется и для уменьшения влияния на точность показаний качки и рыскания.

**Состав аппаратуры спутникового компаса и его характеристики.**

**В состав спутникового компаса входит:**

- 3 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 может отображать данные в трех формах:

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

Спутниковый компас может снабжать информацией о курсе судна такие устройства, как РЛС, САРП, авторулевой, транспондер АИС, ECDIS и другую аппаратуру.

### основные характеристики спутникового компаса

- Средняя квадратическая погрешность показаний курса –  $\pm 0,5^\circ$ ;
- Средняя квадратическая погрешность показаний угла бортовой (килевой) качки –  $\pm 0,5^\circ$ ;
- Точное слежение за курсом при скорости поворота – до  $25^\circ/\text{с}$ ;
- 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;

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

# Лекция 7

## Навигационно-информационная система.

### *Назначение системы.*

#### Навигационно-информационная система – НИС 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.

НИС может рассматриваться как система информационной поддержки решений вахтенного помощника при проводке судна по заданному маршруту, так как она выполняет задачи получения, переработки, отображения и оценки данных.

При обработке информации контролируется ее достоверность, и находятся концентрированные характеристики процесса судовождения, обеспечивающие минимальный и в то же время достаточный для принятия решений объем данных.

Задачей обработки является также оценивание навигационной безопасности и выдача предупреждений с помощью средств сигнализации

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

#### НИС имеет функции для:

- работы с электронным каталогом карт и с ЭК,
- управления получением информации от РЛС, САРП, АИС и других источников, осуществления счисления, обсерваций и прокладки пути,
- контроля прохождения маршрута,
- оценки навигационной безопасности и опасности столкновений,
- предупреждений и регистрации информации,
- поддержания баз данных на уровне современности

Для выполнения своих задач *НИС* использует информацию практически всех судовых навигационных датчиков.

#### Дополнительные функции НИС:

- 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 принятие решений в сложных ситуациях;
- является не только навигационной системой, но и средством предупреждения столкновений.

### *Состав НИС*

*НИС* может рассматриваться как совокупность аппаратного обеспечения, программного обеспечения и данных.

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.**

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

**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 спутниковой связи метеоданные и метеокарты.

**Блок интеграции РЛС и ПК** – это аппаратно-программный блок . Он позволяет:

- преобразовать эхосигналы РЛС в цифровую форму, передать их в ПК и наложить радиолокационное изображение на электронную карту.
- предоставляет ПК функции для управления РЛС.

**Вывод информации из НИС** может производиться на авторулевой, принтер и в другие устройства и системы. **НИС** позволяет передавать изображение с главного ПК на дисплей вспомогательных компьютеров.

Программное обеспечение **НИС** состоит из программ организации пользовательского интерфейса, программ для отображения навигационных карт на экране дисплея 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** данные карт, корректур к ним, сведения из различных навигационных пособий, полученные через каналы связи от внешних источников данные и другая информация, необходимая для проводки судна из порта отхода в порт назначения.

Перечень информационных баз, данные которых используются в **НИС** при решении задач:

- Картографическая база данных;
- База сведений о навигационных средствах;
- База данных рекомендованных маршрутов;
- База данных приливных явлений;
- Климатическая база данных;
- База сведений о портах;
- База данных о судне;
- Базы корректур;
- Базы других используемых данных.

### ***Виды ЭК и типы навигационно-информационных систем.***

#### **Основные виды ЭК.**

**В зависимости от типа данных**, представляющих изображение карты на электронных носителях 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.

Растровые карты могут быть в разных графических форматах.

Информация векторной карты хранится в памяти в виде последовательности записей, характеризующих каждый имеемый на карте картографический 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.

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.

Соответствие системы названным требованиям позволяет судоводителям официально использовать ее прокладку на электронной карте вместо прокладки на бумажных картах.

В ECDIS должны использоваться только векторные электронные карты (*ecdis-карты*), данные которых подготовлены государственными гидрографическими организациями, стандартизованы по содержанию, структуре, действующему формату обмена картографической информацией и полностью удовлетворяющие специальным требованиям ИМО.

В официальной литературе для этих карт используется сокращенная запись ENC - Electronic navigation chart.

ECS – это навигационно-информационные компьютерные системы, не полностью удовлетворяющие требованиям к ECDIS.

Применение ECS не освобождает судоводителя от ведения прокладки на бумажных картах.

К ECS относятся:

- *RCDS (Rastr 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 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 ECDIS/ECS использует *ecdis-карты*, она имеет статус ECDIS.

В режимах работы с растровыми и векторными *ecs-картами* такие *НИС* приравниваются к ECS.

Требуется, чтобы в системе ECDIS/ECS *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* 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.

## Распространение ЭК.

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

Официальные ЭК могут быть как векторными, так и растровыми.

### Поставщики официальных растровых ЭК:

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

### Выпускают и поставляют *ecdis*-карты:

Гидрографические службы Англии и США

Главное управление навигации и океанографии (ГУНиО) России.

Кроме поставок напрямую от государственных гидрографических организаций, *ecdis*-карты могут распространяться через Региональные координационные центры, а также через других дистрибьюторов и сервисных провайдеров.

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

Коллекция фирмы «Транзас» насчитывает более 7500 электронных 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. Карты фирм «Транзас» и «С-МАР» могут быть конвертированы в формат S57.

## *Краткие сведения об ECDIS*

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:

Минимальные эксплуатационные требования к ECDIS установлены резолюцией IMO A.817(19).

Требования к содержанию *ENC* определены в специальной публикации Международной гидрографической организации.

Формат представления данных *ENC* определен в специальной публикации ИНО: S57

Технические требования к ECDIS установлены документами Международной электротехнической комиссии.

### Эквивалентность ECDIS бумажным картам

Можно 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
3. При прокладке используются только *ecdis*-карты,
4. *Ecdis*-карты откорректированы по дату использования

### Ключевые положения эффективного использования ECDIS:

- Использование точных отвечающих текущему моменту (откорректированных) данных, включающих картографическую и всю другую относящуюся к навигации информацию;

- Четкое знание возможностей и ограничений всей системы (аппаратного, программного обеспечений, данных, датчиков информации, дисплея);
- Знание, какую информацию и когда необходимо использовать при решении задач.

### **Основной путь совершенствования ECDIS**

***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 судна информацию. Это различные картографические и навигационно-гидрографические объекты, характеризующие движение собственного судна элементы (позиция, прошлый путь, планируемый маршрут и др.), данные САРП о целях и т.д.**

**Расширение числа МИО, интегрированных в ECDIS, способствует совершенствованию ее как системы поддержки принятия решений.**

## Лекция 8

### Система для предупреждения столкновений судов.

**Назначение.** 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,

*СПС* представляет собой систему информационной поддержки принятия решений по расхождению с судами.

**Состав.** *СПС* включает в себя:

- процессор для обработки данных
- средства для хранения и отображения радиолокационной информации
- органы для управления
- интерфейсные устройства для подключения датчиков информации и для связи с другими системами *ИСМ*
- программное обеспечение и 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.

**Задача *СПС*** состоит в том, чтобы, получив видеосигналы из приемника РЛС и/или данные от АИС-транспондера, записать их в памяти процессора, произвести необходимую обработку, а затем обеспечить воспроизведение обработанной информации на экране в удобной для судоводителя форме.

Совместно с первичной радиолокационной информацией могут отображаться вектора и следы сопровождаемых целей, радарные электронные карты и навигационные линии. Возможно отображение от двух до шести и более электронных параллельных индексных линий, а также охранных зон и зон автозахвата.

***СПС* имеет функции:**

- ручного и автоматического захвата целей на сопровождение;
- автосопровождения захваченных целей;
- изменения времени экстраполяции движения;
- отображения траектории 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 (стратегий) на расхождение;
- и ряда других.

При использовании информации АИС по каждой сопровождаемой цели может быть представлена информация: MMSI номер, позывной сигнал, название и тип судна, значения длины, ширины и осадки судна, навигационный статус судна, наличие опасного груза и другие данные.

### *Перечень требований к оборудованию СПС.*

#### **Требования к РЛС**

**Назначение радиолокационного оборудования.** Оборудование должно обеспечивать индикацию относительно своего судна положения надводных судов, препятствий, буев, берега и навигационных знаков в виде, который оказывает 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 М, когда он возвышается над уровнем моря до 60 м.; и на расстоянии 7 М, когда он поднимается до 6 м;
  - судов вместимостью 5000 брт независимо от ракурса - на расстоянии не менее 7 М;
  - малых судов длиной порядка 10 м. - на расстоянии не менее 3 М;
  - объектов, таких как навигационные буи, - на расстоянии не менее 2 М.
- Надводные объекты должны быть отобращены начиная с минимальной дистанции 50 м.

Предписывается иметь *шкалы дальности*: 0.25, 0.5, 0.75, 1.5, 3, 6, 12 и 24 М.

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

**Информация системной электронной навигационной карты (СЭК)** может быть представлена на дисплее РЛС, но таким образом, чтобы информация РЛС не маскировалась, не затемнялась и не искажалась. При представлении информации СЭК совместно с информацией РЛС/САРП требуется, чтобы:

- информация РЛС/САРП и СЭК были в одной и той же системе координат;
- информации РЛС отдавался приоритет;
- обеспечивалась устойчивость изображения, векторов САРП, информации СЭК;
- четко указывался активный режим работы,
- обеспечивалась независимость РЛС/САРП и СЭК

**Измерение расстояний и пеленгов.** Предписывается иметь на экране дисплея *электронные НКД* для оценки расстояний.

Радиолокационное изображение необходимо снабжать *подвижным маркером дальности* в виде кольца (ПКД) с индивидуальным цифровым индикатором.

*Точность измерения дистанций с помощью НКД и ПКД как при несмещенном, так и смещенном центре развертки была не хуже 1% от значения используемой шкалы, или 30 метров,*

В радиолокационной системе должна быть *электронная линия для снятия направлений - ЭЛН*: пеленгов и курсовых углов, с индивидуальным цифровым индикатором, чтобы получать в течении 5 с. направление на любой объект, где бы он не находился на экране. Направление на цель на границе экрана должно измеряться с погрешностью, не большей 1°.

Требуется, чтобы ЭЛН поворачивалась в обоих направлениях непрерывно или с шагом 0.2°.

*Разрешающая способность по дистанции РЛС* должна быть такой, чтобы обеспечивать отдельные индикации на шкале 1.5 М двух точечных целей, расположенных на одном пеленге в пределах пространства 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 должно быть не более 2.5°.

Радиолокационное оборудование должно нормально работать при килевой и бортовой качке до 10°.

РЛС должна иметь соответствующие *средства для подавления нежелательных эхосигналов от волнения моря, дождя и других форм осадков, облаков, грозы и РЛС других судов.*

РЛС должна быть полностью *в рабочем состоянии в пределах 4 мин после ее включения.*

Требуется в радиолокационной системе иметь *режимы относительного и истинного движения* и допускать *смещение начала развертки* не менее чем на 50% и не более чем на 75% значения шкалы дальности. В режиме истинного движения должна быть возможность стабилизации изображения относительно воды (моря) и грунта.

Оборудование должно иметь возможность получения информации от средств счисления, электронных позиционных систем в виде, *соответствующем международным стандартам 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 средства радиолокационной прокладки:

- Суда от 300 до 500 брт должны быть снабжены средством электронной прокладки (СЭП) с ручным вводом засечек целей (Electronic plotting aid - ЕРА);
- Суда от 500 до 1600 брт должны иметь средство автосопровождения - САС (Auto tracking aid - АТА);
- Суда от 1600 до 10000 брт должны быть снабжены САРП (Automatic radar plotting aid) с минимальным эффективным диаметром дисплея не менее 250 мм;
- Суда от 10000 брт и больше должны быть снабжены САРП с минимальным эффективным диаметром дисплея 340 мм.

**Проигрывание маневра.** 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.

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

**Интерфейс.** Радиолокационная система должна быть способной получать информацию от гирокомпаса, лага, а также от электронных систем определения местоположения.

Об отсутствии информации внешних датчиков РЛС должна сообщать с помощью индикации.

## Лекция 9

### Требования к САРП.

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

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

**Захват и сопровождение объектов.** У САРП должно быть средство обеспечения ручного или автоматического захвата целей. Должно быть предусмотрено устройство для ручного захвата и сброса целей. В САРП с автоматическим захватом должна быть предусмотрена возможность запрета захвата в определенных зонах обзора.

Режим "автосопровождения" должен обеспечивать сопровождение, обработку информации и непрерывную выдачу данных, не менее чем по 20 целям.

Автоматический захват может привести к избытку информации на экране при большом количестве целей. Ручной захват обеспечивает отбор объектов, которые представляют интерес.

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

Под "обменом" объектов понимается ситуация, когда данные одного объекта по ошибке используются при вычислении ЭДЦ другого.

**Индикация.** Индикатор САРП может быть отдельным устройством или общей частью РЛС.

Требуется, чтобы САРП обеспечивало воспроизведение на экране относительного движения с ориентацией изображения "север", "курс" и "курс стабилизированный". Дополнительно у САРП может быть режим истинного движения.

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

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

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 в САРП векторная или графическая информация должна четко наблюдаться на экране через четыре оборота антенны РЛС и не затеняться изображением ранее включенной шкалы дальности.

**Предупредительная сигнализация.**

В САРП необходимо предусматривать предупредительную звуковую и световую сигнализацию. Объект, вызвавший срабатывание сигнализации, должен быть четко выделен на экране.

Требуется, чтобы САРП предупреждал 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.

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

#### Выдача данных.

Требуется, чтобы наблюдатель обладал возможностью выбрать любую сопровождаемую цель для получения информации.

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.

#### 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 относительно момента имитации. При этом обработка и отображение буквенно—цифровой информации по сопровождаемым целям не должны прерываться. Имитация должна обозначаться на экране соответствующим символом.

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.

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

#### 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. На работу тестовой программы должен указывать соответствующий символ на экране.

### *Требования к представлению АИС-информации в РЛС и в ECDIS.*

#### Основные определения.

При работе с АИС-целями используются определения, которые приведены ниже.

**“Спящая” цель** – символ цели, указывающий место и ориентацию судна, оборудованного АИС. Никакой добавочной информации у этого символа не представляется, чтобы не перегружать изображение на экране.

**Активированная цель** – символ, представляющий активированную автоматически или вручную “спавшую” цель, 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 на экране дисплея. На этой панели должна быть возможность представить все данные о цели, включая  $D_{кр}$  и  $T_{кр}$

**Опасная цель** – символ, представляющий АИС-цель (активированную или нет), с вычисленными данными  $D_{кр}$  и  $T_{кр}$  меньшими установленными безопасных пределов.

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

#### **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

Где бы ни применялась АИС-информация, графические свойства векторов целей от других источников должны быть эквиваленты свойствам АИС-векторов.

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

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. Исключение опасной АИС-цели в этом случае может быть только временным, пока оператор не активирует соответствующий контроль.

Должны быть обеспечены средства для выбора оператором цели или собственного судна с целью отображения их АИС-данных. Если выбрано больше одной цели, то символы целей и соответствующие им данные должны снабжаться идентификаторами.

#### **Оперирование с информацией.**

Зоны или пределы для автоматического захвата целей должны быть одинаковыми для автоматической активации и представления любой цели, независимо от ее источника.

Время прогноза векторов целей должно регулироваться и иметь силу при отображении любой цели, независимо от ее источника.

При отображении АИС-информации в САРП необходимо иметь возможность расчета и отображения параметров столкновения по данным АИС равноценно к предоставляемым САРП

Если рассчитанные по данным АИС значения  $D_{кр}$  и  $T_{кр}$  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 целей, независимо от их источников.

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

- символ потери цели должен появиться в месте 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.

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

### Применение РЛСпк (RadarPC).

РЛСпк – это радиолокационная станция, в которой обработка эхосигналов и представление радиолокационного изображения выполняет персональный компьютер. Использование такой интеграции 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 функции «электронной лупы», применять многооконный режим;
- осуществлять передачу радиолокационного изображения на другие судовые компьютеры и производить на их экранах радиолокационное наблюдение за обстановкой;
- записывать данные радиолокационного наблюдения в информационную базу, хранить ее и передавать в береговые организации
- упростить процедуры наложения на радиолокационную картину дополнительной информации;

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

### *Преимущества АИС перед РЛС и САРП.*

Использование АИС приводит к увеличению дистанции, на которой обнаруживаются суда, причем дистанция обнаружения не зависит от размеров и ракурса судов-целей.

Благодаря оборудованию судов высокоточными системами для определения своих кинематических параметров, и АИС-транспондером для передачи этих данных, повышается точность знания положения и элементов движения судов-целей, а, следовательно, эффективность расхождения.

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.

При использовании АИС уменьшается время обнаружения маневра цели. По данным исследований среднее время на выявление маневра по РЛС/САРП составляет 1 мин 25 с, а по АИС – 20 с.

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.

АИС обеспечивает возможность получения информации об элементах движения целей и возможность их сопровождения при близком нахождении судна от берега, при движении в узком канале, при малой дистанции между целями и исключает возможность «обмена целей» при близком нахождении их друг от друга.

# Лекция 10

## Станция управления движением судна

### Назначение.

Бортовая станция управления движением - *СУД* 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.

### Состав.

На станции управления движением судна расположены:

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

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.

### *Панели органов управления.*

#### Панель для управления курсом и траекторией.

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

### 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 «следающий» или только один «следающий» 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 – «Степненные воды», и экономический – предусматривающий минимальный расход ресурсов – «Открытое море».

### Режимы управления движением по траектории.

Суда, на которых устанавливаются *ИСМ*, снабжаются системой автоматической вождения судна по заданной траектории – САВТ

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

В автоматическом режиме управляющая траекторией система сама без непосредственного участия человека проводит судно по запланированному пути, элементы которого должны храниться в памяти *ИСМ*. Автоматический режим часто именуют

навигационным режимом . Некоторые системы дополнительно к названному имеют автоматический режим управления, обеспечивающий движение к заданной точке.

#### Регулировки для режима «Auto-fixed».

##### Регулировка коэффициента управляющего сигнала $k_p$

Регулировка  $k_p$  обычно называется «Руль» (*Rudder*). В современных авторулевых с помощью этой регулировки пропорционально изменяется величина вырабатываемого АР заданного значения перекадки руля  $\beta_U$ . Диапазон  $k_p$  обычно составляет 0.5÷5.0.

##### Регулировка коэффициента $k_d$ управляющего сигнала, пропорционального производной рыскания.

Регулировка  $k_d$  определяет степень одерживания судна рулем. Чаще всего она называется «Контрруль». Диапазон изменения значений  $k_d$  лежит в пределах от 0 до 30.

##### Регулировки для подстройки АР к работе при плохой погоде.

Для этой цели может применяться регулировка зоны нечувствительности, либо регулировка скорости руля.

С помощью регулятора зоны нечувствительности заглубляется работа авторулевого путем увеличения диапазона его нечувствительности при плохой погоде. Зона нечувствительности обычно может выбираться в пределах  $0^{\circ} \div 3^{\circ}$ .

Регулятор скорости руля позволяет устанавливать различную скорость руля, обычно в пределах от 1.5 до 5.0  $^{\circ}/с$ . Снижение скорости перекадки руля производят при ухудшении погодных условий для уменьшения частоты и величины перекадок руля.

##### Регулировка максимального угла перекадки руля

Применяется для ограничения пределов перекадки руля с целью избежания значительных углов крена при поворотах. Диапазон выбора ограничений обычно составляет  $5^{\circ} \div 35^{\circ}$ .

##### Установки параметров для автоматического выполнения поворотов

включают установку функции поворота, ее параметра, значения нового курса. Наиболее распространенными функциями автоматического изменения курса являются:

- С заданным углом руля,
- С заданной угловой скоростью.

В зависимости от времени начала выполнения могут быть два режима смены курса:

- с началом в момент установки нового курса,
- с началом по дополнительной команде после назначения нового курса.

#### Панель пропульсивных установок.

На этой панели располагаются органы управления главным двигателем и подруливающими устройствами.

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

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

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

- пуск подготовленную к работе ГД, а в случае неудачного первого пуска - повторные попытки пуска 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 двигателя;
- 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 на этих скоростях.

Для обеспечения такой управляемости судно снабжается вспомогательными силовыми средствами: поперечными и/или азимутальными подруливающими устройствами, активными рулями или другими средствами.

Системы для упрощенного выполнения маневров на предельно малых скоростях хода называют электронными маневровыми системами. Их также именуют системами дистанционного автоматического управления позиционированием (ДАУП).

Современные ДАУП имеют режимы:

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

На станции управления движением судна ИСМ на панели маневровой системы располагаются:

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

Направление, по которому наклоняется джойстик, задает направление силы упора, которую должны создать силовые средства.

Наклон 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 корпуса судна относительно выбранного центра вращения.

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

Поворот корпуса судна при изменении курса в этом режиме ориентации также выполняется относительно выбранного центра вращения.

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 плоскопараллельным движением и ориентацией по курсу, позволяет минимизировать количество органов для ручного управления маневрами судна

Системы ДАУП устанавливаются на судах, деятельность которых связана с частыми маневрами при малых скоростях движения безопасности.

### *Коннинг дисплей*

*Коннинг дисплеем* называется дисплей для вождения судна, служащий для отображения входных и выходных параметров систем управления судном.

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.

**Информация о параметрах систем управления может отображаться на коннинг дисплее в форме для перехода или в форме для швартовки .**

***Форма отображения данных для швартовки содержит:***

- Дату и время;
- Координаты судна и горизонтальный датум;
- Курс по компасу и путевой угол;
- Лаговую и путевую скорость;
- Параметры истинного и кажущегося ветра;
- Глубину под килем (нос и корма);
- Боковые скорости носа и кормы;
- Угловую скорость поворота судна;
- Задаваемое и действительное положение руля;
- Режимы работы главного двигателя и подруливающих устройств;
- Частоту вращения ВРШ,
- Угол поворота лопастей ВРШ.

***Форма отображения данных для процессов перехода***  
**представляет данные, характеризующие плавание по маршруту:**

- Название маршрута,
- Номер следующей точки поворота,
- Боковое отклонение от линии пути,
- Пеленг, дистанция следующей точки поворота,
- Время следования и прихода в следующую точку поворота,
- Курс нового отрезка пути.

**Эта форма не включает скорость носа, кормы, а также схему режимов работы подруливающих устройств и главного двигателя**

**Коннинг дисплеи ряда *ИСМ* дополнительно к вышеперечисленным представляют следующие данные:**

- Ветер;
- Глубина;
- Якорь;
- Навигационные огни;
- Курс, скорость, положение руля;
- Маршрут;
- Время;
- Позиция;
- Частота вращения винта;
- Параметры главной движительной установки

# Лекция 11

## БОРТОВЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ МОРЕХОДНОСТИ

В настоящее время для повышения безопасности плавания судов в штормовых условиях созданы специальные информационные средства – бортовые автоматизированные системы контроля мореходности (АСКМ).

Главная задача АСКМ состоит в определении, является ли мореходным судно в данных условиях плавания при используемом режиме движения, будет ли оно таким в будущем при выполнении перехода, как избежать случаев потери мореходности.

АСКМ позволяют:

- непрерывно измерять параметры состояния внешней среды и поведения в ней судна
- вырабатывать предупреждения об опасностях в соответствии с установленными операционными критериями,
- оценивать мореходность будущих состояний судна на оставшемся пути следования
- формировать рекомендации по управлению судном.

Средства контроля мореходности предназначены для снабжения судоводителя информацией, облегчающей принятие решений по обеспечению безопасного и экономичного плавания в сложных погодных условиях.

Системы контроля мореходности – это вспомогательное средство, не освобождающее капитана от действий по обеспечению безопасности судна в штормовых условиях.

**Ветроволновые воздействия и виды реакции судна на них**

### Ветер.

Ветер характеризуется скоростью и направлением. Скорость ветра выражается в метрах в секунду. Направление представляется в градусах. В практике судовождения используются обычно средние значения элементов ветра.

Резкие изменения скорости ветра называются порывами, а особенно сильные из них – шквалами. При шквале ветер внезапно и кратковременно (до нескольких минут) резко усиливается, часто до штормового, и затем ослабевает. Направление ветра при шквале, как правило, меняется.

Результат действия ветра на судно определить точно затруднительно.

В общем случае считается, что сильный ветер с носовых курсовых углов уменьшает скорость среднетоннажных судов на величину от 3 до 13%. При бортовых углах ветра потери в 1,5÷2,0 раза меньше, чем при встречном ветре той же силы.

Ветер вызывает также отклонение судна от линии пути. Величина ветрового дрейфа зависит от скорости судна, боковой площади его парусности, силы и курсового угла ветра.

Ветер влияет на управляемость судна. Когда на переходе морем суда идут полным ходом, действие ветра мало сказывается на их способности управляться. При швартовке, при движении в узкости и в открытом море малым ходом сильный ветер может стать причиной значительного ухудшения, и даже потери судном управляемости.

### Волнение.

Морское волнение является главным фактором, влияющим на мореходность судна.

Действие волнения зависит от его интенсивности, курсового угла, размеров и формы корпуса судна, его скорости.

Выделяют следующие виды реакции судна на волнение:

- колебательные движения корпуса судна во всех шести степенях свободы (качка);
- меняющиеся с частотой волнения напряжения элементов корпуса, ударные нагрузки;
- вибрации корпуса и его элементов;

- изменения, имеющие постоянный характер (снижение скорости хода, увеличение нагрузки на двигатель, дрейф и т.д.);
- неблагоприятные явления, такие как слеминг, заливаемость, оголение винта, брочинг и т.д.

**Вызываемая волнением качка судна подразделяется на шесть видов:**

- *бортовая – вращательные колебания около продольной оси, лежащей в диаметральной плоскости судна*
- *килевая – вращательные колебания около поперечной оси судна, параллельной плоскости мидель шпангоута*
- *вертикальная – колебания вдоль вертикальной оси судна;*
- *продольно-горизонтальная – колебания вдоль продольной оси судна;*
- *поперечно-горизонтальная – колебания вдоль поперечной оси;*
- *рыскание – вращательные колебания около вертикальной оси.*

### ***Особенности качки***

#### **Виды качки**

**В судовождении при рассмотрении угловых колебаний судна на волнении выделяют бортовую, килевую и бортовую с килевой (смешанную) качку.**

#### **Бортовая качка.**

**Формы корпуса судов, соотношения их собственных частот и обычных частот волнения моря, как правило, таковы, что бортовые колебания является самым опасным видом качки.**

**Чаще всего неблагоприятны в отношении размаха накрений курсовые углы к волне, близкие к  $90^{\circ}$ .**

**У судов с малой метацентрической высотой большая бортовая качка может возникнуть на попутном волнении особенно когда длина судна близка к длине волны.**

**Когда судно в шторм располагается лагом к волне, опасен резонанс бортовой качки. В этом случае колебания судна отстают по фазе на  $90^{\circ}$  от волнения.**

**При таком условии на склоне волны к инерционному моменту добавляется значительный кренящий момент от смещения центра величины, что приводит к увеличению скорости и амплитуды качки. В процессе качки, судно достигает максимального крена у подошвы волны.**

**Вследствие сдвига фаз между вертикальной качкой и волнением средние за период значения кренящего момента на один и другой борта судна оказываются различными. Это приводит к несимметрии качки, при которой среднее положение судна отклонено от вертикали.**

#### **Килевая качка.**

**По отношению к килевой качке влияние курсового угла волн обратное в сравнении с бортовыми колебаниями. На волнении с носа или с кормы килевая качка наиболее интенсивна и мала при бортовых курсовых углах волн.**

**Амплитуда килевой качки возрастает при резонансе и при близости длины волны к длине судна, однако больших значений она не достигает.**

**Во время резонанса килевая качка отстаёт по фазе на  $90^{\circ}$  от волнения. На гребне волны судно «задирает» нос, а затем изменяет дифферент на нос, который достигает максимума на подошве волны. В это время следующая волна накатывает большую массу воды на палубу. «Зарываясь» в волну, судно испытывает значительные нагрузки на корпус и теряет скорость.**

**Сама по себе килевая качка не угрожает безопасности судна, опасны сопутствующие ей явления.**

#### **При встречном волнении:**

- существенно возрастает сопротивление движению судна
- сильны удары волн
- повышены забрызгивание и заливание палубы
- могут наблюдаться оголение гребного винта
- проявляется слеминг
- возникают значительные изгибающие моменты

**При курсе по волне возможны:**

- опасное понижение остойчивости
- ухудшение управляемости судна

### Резонансные явления качки.

Интенсивность бортовой, килевой, вертикальной качки резко возрастает в условиях резонанса.

Различают основной и параметрический резонанс качки.

При основном резонансе амплитуда качки достигает максимального значения, когда частота  $\omega_K$  (период  $T_K$ ) собственных колебаний судна равна кажущейся средней частоте  $\omega_e$  (кажущемуся среднему периоду  $\bar{T}_e$ ) волнения.

Отношение  $\varepsilon_K = \omega_e / \omega_K = T_K / \bar{T}_e$

называют относительной кажущейся частотой волнения или показателем резонанса.

Периоды собственных бортовых, килевых и вертикальных колебаний судна приближенно оцениваются по формулам:

$$T_\theta \approx CB / \sqrt{h_\theta}; \quad T_\psi \approx 2,4\sqrt{T}; \quad T_\zeta \approx 2,5\sqrt{T}.$$

Здесь  $B$ ,  $T$  – ширина и осадка судна,

$h_\theta$  – поперечная метацентрическая высота,  $C \approx 0,7 \div 0,9$ .

Значительное увеличение амплитуды качки возникает когда показатель резонанса лежит в диапазоне от 0,7 до 1,3. Поэтому условием основного резонанса качки (бортовой, килевой, вертикальной) является:

$$0,7 < \varepsilon_K < 1,3.$$

Под резонансной зоной понимается область значений курса и скорости судна, в которой показатель резонанса находится в пределах (0,7÷1,3).

### Параметрический резонанс

представляет собой явление быстрого возрастания углов бортовой качки.

Он появляется, когда кажущийся период волнения близок к половине периода собственных бортовых колебаний судна и центр тяжести (ЦТ) судна достаточно удален от плоскости действующей ватерлинии.

Особая опасность параметрического резонанса заключается в том, что на фоне благополучного штормования накренения большой амплитуды могут возникнуть неожиданно при прохождении группы волн с периодом, близким к  $0,5T_\theta$ .

Условием параметрического резонанса обычно считается  $1,6 < \varepsilon_\theta < 2,4$ , а его максимум приходится на значение  $\varepsilon_\theta = 2$ .

**Заливаемость** - прием больших масс воды на палубу. Заливаемость считается сильной, когда длина покрываемой водой носовой части судна составляет  $0,15L$  и более.

Наибольшее заливание происходит на встречном волнении, когда судно в полном грузу и *длина волн близка к длине судна.*

Условие максимальной заливаемости на встречном волнении, может быть представлено соотношением:

$$0,8 < (h\lambda / FL) < 1,2$$

$h, \lambda$  – высота и длина волны;

$F, L$  – высота надводного борта и длина судна.

Для уменьшения опасного заливания на встречном волнении наиболее рационально снизить скорость судна либо уменьшить осадку носом.

**Слеминг** – явление удара днищевой части носовой оконечности корпуса о воду в процессе качки при движении судна на встречных волнах.

*Условие возникновения слеминга:*

- *осадка носом меньше  $0,04 \div 0,05$  длины судна;*
- *кажущийся период волнения близок к периоду собственных килевых колебаний судна;*
- *крутизна волны составляет не менее 1:30;*
- *вход днища в воду происходит с вертикальной скоростью, превышающей  $(3 \div 4)\sqrt{L}$  м/с.*

Исключить опасные удары волн можно снижением скорости или увеличением осадки судна носом.

**Уменьшение остойчивости.** Опасным для судна с метацентрической высотой, близкой к нижнему допустимому пределу, является движение на сильном попутном волнении, когда длина и скорость бега волн близки к длине и скорости судна.

Основными признаками опасности для идущего по волне судна являются:

- *неожиданное появление у судна на гребне волны накренения, существенно превышающего наблюдавшиеся ранее;*
- *длительное по сравнению с четвертью периода собственных колебаний судна наклонение на борт, задержка в положении максимального крена и медленное возвращение в исходное состояние.*

При движении на попутной волне у судов длиной менее 60 м может возникнуть явление брочинга. **Брочинг** – это захват судна волной, сопровождающийся потерей управляемости, самопроизвольным разворотом лагом к волне, появлением большого крена и опасности опрокидывания.

**Ухудшение управляемости.**

Управляемость судна значительно ухудшается, а рыскание сильно возрастает при курсовых углах волнения  $120-170^\circ$ , особенно если скорости судна и волн близки между собой. В таких условиях иногда угол рыскания может достигать  $40^\circ$ . Ухудшение управляемости при плавании на попутных волнах объясняется тем, что при близости скоростей судна и волны из-за естественного движения частиц воды в волне резко ухудшается обтекание пера руля набегающим потоком воды.

**Ухудшение работы главной движительной установки.**

При штормовой погоде повышаются динамические нагрузки на лопасти гребного винта, на валопровод и на главный двигатель.

Значительное увеличение сопротивления движению судна в условиях волнения приводит к перегрузке движительной установки и к необходимости снижения ее мощности.

Изменение погружения и оголение гребного винта сопровождается снижением эффективности его действия, попеременным разгоном и торможением, значительными колебаниями нагрузки на гребном валу. Это оказывает отрицательное влияние на главный

двигатель, приводит к периодическому срабатыванию его защиты, требует ограничения его мощности.

Переменные гидродинамические нагрузки, действующие на винт при качке, могут вызвать вибрацию гребного вала и кормы, привести к поломке лопастей винта, конструкций гребного валопровода.

### Деформации корпуса.

**Общие деформации корпуса.** Под действием внешних сил изменяется форма судового корпуса. Деформации судна, рассматриваемого как балка переменного по длине сечения, называются *общими*. Наиболее значительными и опасными видами этих деформаций являются продольный изгиб и кручение. Способность корпуса противостоять им, не разрушаясь, называется *общей прочностью судна*.

**Общий изгиб** – это деформация корпуса, при которой на палубе и на днище судна возникают продольные напряжения, причем на палубе знак этих напряжений противоположен знаку на днище. Общий изгиб особенно опасен для крупных судов. Различают два вида такой деформации: прогиб и перегиб. При *перегибе* палуба растянута, а днище сжато, при *прогибе* – наоборот.

**Кручением** называется деформация корпуса под действием двух противоположно направленных поперечных моментов, приложенных к оконечностям судна. Кручение корпуса достигает максимальных значений при плавании на косом волнении. Такого вида деформация может оказаться опасной для судов с большим раскрытием палуб (контейнеровозов, балкеров).

**Местные деформации.** Кроме подверженности общим деформациям конструкции корпуса (набор, палуба, днище, борта, переборки) и их отдельные части участвуют в местном изгибе под воздействием локальных усилий, таких как давление груза, удары волн, и т.д. Сила давления воды на корпус при ударах волн может достигать  $38 \text{ т/м}^2$ .

Основные факторы, влияющие на интенсивность качки

Интенсивность колебаний судна, возбуждаемых волнением, зависит главным образом от следующих факторов:

- *высоты морских волн (чем крупнее волны, тем интенсивнее качка)*
- *размеров и демпфирующих свойств судна (чем больше размеры судна и выше его демпфирующие свойства, тем меньше интенсивность колебаний)*
- *разности фаз между колебаниями судна и поверхности моря (наихудший вариант – разность фаз  $90^\circ$ )*
- *соотношения между периодами собственных колебаний судна и волнового воздействия на него (состояние резонанса при  $0,7 < \varepsilon_K < 1,3$ )*
- *соотношения между длиной судна  $L$  и преобладающей длиной морской волны  $\lambda$  (наиболее неблагоприятно, когда  $\lambda = L$ ).*

*Следует также отметить, что с ростом скорости судна ускорения, скорости, угловые и линейные перемещения корпуса, сила ударов волн и интенсивность других неблагоприятных явлений в общем случае увеличиваются.*

# Лекция 12

## *Мореходность судна и ее обеспечение*

**Мореходностью** называется способность судна к безопасному плаванию в условиях интенсивного морского волнения и ветра с возможностью эффективного использования всех бортовых систем и механизмов.

Мореходность объединяет свойства судна, существенные при плавании в условиях ветра и волнения. К ним относятся:

- качка на волнении;
- обусловленные волнением и качкой напряжения элементов корпуса, перегрузки главного двигателя, устройств, механизмов;
- заливание и забрызгивание палубы и надстроек;
- оголение носовой части днища и подверженность слемингу;
- потеря скорости из-за возрастания сопротивления движению судна и ухудшения условий работы гребного винта;
- снижение остойчивости и ухудшение управляемости;
- приспособленность к пребыванию людей в морских условиях.

Мореходность судна обеспечивается:

- **конструктивно** (формой корпуса; достаточной его общей, местной прочностью и герметичностью; достаточной высотой надводного борта; и т.д.);
- **правильной загрузкой** (достаточной для плавания в штормовых условиях остойчивостью, прочностью корпуса и др.);
- **действиями судоводителей и экипажа** (планированием перехода и его коррекцией в рейсе, подготовкой судна к штормовым условиям, выбором режима движения, балластировкой и др.).

**Подготовка к штормовым условиям.**

Для избежания неблагоприятных последствий плохой погоды экипажем проводятся мероприятия по своевременной подготовке судна к плаванию в штормовых условиях:

- **Перед выходом в море**, независимо от водоизмещения, района и продолжительности рейса
- **В пути** при получении сведений или наличии признаков надвигающегося шторма.

**Меры обеспечения мореходности** подготовленного к плаванию в шторм судна включают в себя:

- **решения перед выходом в рейс** (задержка в порту из-за плохой погоды);
- **заблаговременные решения в рейсе до встречи со штормом** (изменение маршрута для избежания тяжелых условий, изменение балластного состояния);
- **решения в процессе плавания в штормовых условиях** (изменение скорости или скорости и курса судна для уменьшения интенсивности неблагоприятных явлений).

Очевидно, чем раньше и надежнее можно предсказать поведение судна в ожидаемых погодных условиях, тем безопаснее и эффективнее можно осуществлять эксплуатацию судна.

**Анализ мореходности судна** обычно включает три частные задачи:

- **определение параметров, характеризующих внешние условия** (главными из них являются характеристики волнения);
- **получение характеристик реакции судна на внешние воздействия;**
- **установление критериев, позволяющих делать заключение о мореходности судна.**

### *Критерии мореходности и режимы штормового плавания*

**Критерии мореходности.**

В качестве показателей мореходности могут использоваться многие из параметров реакции судна на волнение:

- **амплитуды, скорости и ускорения основных видов качки;**
- **скорости, ускорения, перемещения определенных частей корпуса;**
- **вероятности заливания, слеминга, разгона винта;**
- **напряжения элементов корпуса;**

– *показатели работы движительной установки, рулевого устройства и другие величины.* Минимальная совокупность показателей, полностью отражающих свойства мореходности судна в условиях ветра и волнения, называется *вектором критериев.*

Безопасному состоянию судна соответствует область значений показателей мореходности, очерченная определенными границами. Эти границы называют *допустимыми значениями, уровнями риска, или нормами мореходности.*

Состояние судна в условиях ветра и волнения является мореходным, когда компоненты вектора критериев не выходят за допустимые значения.

Критерии мореходности характеризуют риск появления обстоятельств, приводящих к повреждению судна, груза и к другим нежелательным последствиям, не отражая непосредственную опасность аварии, поломки механизмов, или порчи грузов.

В общем случае состав вектора критериев мореходности и допустимые его границы зависят от типа судна, его загрузки, возраста и других особенностей.

для крупнотоннажных танкеров и балкеров чрезмерные нагрузки на корпус являются наиболее опасным следствием воздействия волнения. Поэтому для них основной критерий – вертикальный изгибающий момент в разных сечениях корпуса по длине судна.

У больших контейнеровозов кроме общего продольного изгиба в вертикальной плоскости из-за большого раскрытия палубы опасность представляют деформации кручения. Поэтому в конверт критериев этих судов входят моменты кручения.

Для пассажирских судов одним из важных факторов эксплуатации является комфортность условий для пассажиров. Для них основным из критериев нормального функционирования считаются вертикальные ускорения в различных частях судна, которые являются главной причиной возникновения морской болезни.

Особо неблагоприятными проявлениями действия волнения при эксплуатации судов Ро-Ро и паромов, перевозящих автомобили и другую колесную технику, а также судов с палубными контейнерами, считаются ускорения в совокупности с наклонами палубы, приводящие к большим нагрузкам на систему креплений, к риску смещения и повреждения груза. Для этих судов основной компонентой вектора мореходности служит комбинированный критерий. Его называют эффективным накрением или эффективным углом бортовой качки.

На конкретных критериях и их нормах основаны штормовые диаграммы и программные продукты, предназначенные для контроля мореходности.

Примером предельных уровней безопасности для штормовых диаграмм являются нормы, рекомендованные Аэртсеном:

- 3 удара днищем при слеминге за время, равное 100 периодам килевой качки;
- 7 заливаний палубы бака за это же время;
- 25 оголений винта за это же время;
- значительная амплитуда  $0,5g$  вертикального ускорения на носовом перпендикуляре;
- значительная амплитуда  $0,4g$  вертикального ускорения на ходовом мостике;
- значительная амплитуда  $30^\circ$  бортовой качки.

АСКМ позволяют оценивать большее число характеризующих мореходность показателей, чем штормовые диаграммы. Поэтому перечень используемых в них критериев мореходности шире.

В общем случае в АСКМ состав вектора критериев и операционные ограничения для условий ветра и волнения вычисляются и назначаются с использованием одобренных методик, так как мнение «среднего капитана» о безопасной норме критериев мореходности в значительной мере субъективно.

Но в то же время в АСКМ предусматривается возможность ручного изменения состава конверта критериев и их допустимых уровней, чтобы дать возможность капитану подстроить систему к особенностям конкретных ситуаций.

АСКМ обычно снабжается руководством, облегчающим выполнение этих процедур ручной настройки системы.

## Режимы штормового плавания.

Для обеспечения безопасности судна в штормовых условиях используется обычно два способа: меняется режим хода или режим плавания. Реже перемещается балласт судна для изменения его посадки.

Под режимом хода подразумевается выбранная частота  $n$  вращения ВФШ (или шаг  $H_p$  ВРШ) и соответствующая ей скорость хода  $V$ , т.е. совокупность значений  $(n, V)$  или  $(H_p, V)$ . В упрощенном варианте режимом хода считается скорость судна.

Режимом плавания в штормовой обстановке называется перемещение с определенными  $n, V$  и курсом относительно волн, т.е. вектор  $(q, n, V)$  или  $(q, H_p, V)$ , где  $q$  – курсовой угол волнения.

При упрощенном рассмотрении режим плавания определяется совокупностью значений  $(q, V)$ .

Разность между предельным и действительным значениями показателя мореходности при данном режиме плавания называется запасом мореходности по этому параметру.

Множество значений курса и скорости судна, при которых значения отдельного критерия мореходности не выходят за рамки допустимых, называется зоной безопасных режимов плавания по этому показателю.

Безопасным режимом плавания в условиях волнения именуют режим, при котором не возникает обстоятельств, приводящих к повреждению судна, груза и к другим нежелательным последствиям.

### *Основные виды контроля мореходности в рейсе*

Достаточно полный для принятия обоснованных решений контроль мореходности судна в процессе рейса включает такие операции:

- *измерение параметров, характеризующих состояние судна и внешней среды;*
- *расчет параметров мореходности по данным о ветре и волнении;*
- *оценку мореходности;*
- *вычисление элементов волнения по данным качки;*
- *определение областей допустимых режимов движения;*
- *нахождение оптимального режима движения;*
- *расчет требуемого балластного состояния судна;*
- *прогноз мореходности судна на ожидаемые условия плавания и ряд других.*

Традиционный контроль мореходности судна обычно основывается на проводимых самим судоводителем наблюдениях внешних условий и поведения судна, анализе данных факсимильных карт погоды, использовании существующих рекомендаций, упрощенных расчетов и штормовых диаграмм.

Высота волн и их длина при традиционной оценке мореходности находится глазомерно путем сравнения с размерами корпуса при прохождении волн вдоль борта.

Направление волнения устанавливается с помощью пеленгатора. При нахождении среднего кажущегося периода волн используется пеленгатор и секундомер.

Погрешности таких измерений достаточно велики.

Из параметров, характеризующих реакцию судна на волнение, при традиционной оценке измеряется амплитуда углов бортовой качки и ее период.

Для расчета показателей мореходности судна по данным о волнении и для прогноза поведения судна на оставшуюся часть пути традиционно используются специальные диаграммы, факсимильные карты погоды и упрощенные расчетные зависимости.

Чаще всего в традиционной методике с целью обеспечения безопасности определяются только резонансные зоны, находясь в которых необходимо изменить режим плавания из-за неблагоприятной качки. Следует учитывать, что резонансная зона – не всегда эффективная оценка неблагоприятных условий для судна.

Анализируя традиционную методику контроля мореходности, можно отметить следующие ее недостатки:

- *необходимость затрат времени судоводителя на измерения и расчеты;*
- *большие интервалы времени между наблюдениями, невозможность измерений параметров волнения в ночных условиях;*
- *оценка неполного вектора мореходности;*
- *большие погрешности измерений, расчетов, субъективных оценок;*
- *значительная роль субъективного фактора как источника возможных ошибок, невозможность на основе опыта идентифицировать ряд неблагоприятных для судна ситуаций и получать количественные оценки;*
- *необходимость формирования решений на основе недостаточно полной и точной информации.*

Автоматизированный контроль мореходности судна в процессе рейса основывается на использовании компьютера, измерителей параметров движения и напряжений элементов корпуса, программ для мониторинга, прогноза мореходности судна, и выполнения других операций.

Параметры волнения в этих системах рассчитываются с помощью компьютера по данным о качке или из информации РЛС.

Для измерения параметров качки применяются инерциальные датчики линейных и угловых перемещений, а также специальная спутниковая аппаратура.

К инерциальным устройствам относятся гироскопические датчики вращений и акселерометры, измеряющие линейные ускорения. Имеются и комбинации этих датчиков, так называемые инерциальные измерительные модули (IMU – Inertial Motion Units), измеряющие параметры движения объектов во всех шести степенях свободы.

Специальное бортовое оборудование спутниковых систем способно определять параметры всех видов качки. Обычно в нем применяются четыре или три антенны, расстояние между которыми 1-3 метра. Нередко в бортовых системах контроля мореходности это спутниковое оборудование комбинируется с IMU.

Дополнительно при оценке параметров мореходности в комбинированных датчиках используется и вычисление параметров качки по данным о волнении.

Серийно выпускаются и приборы для измерения напряжений элементов корпуса – тензометры

Они позволяют измерять напряжения в основных связях корпуса, вызванные статическими и динамическими нагрузками, в том числе и действием морских волн.

При компьютерном контроле мореходности судна используется также информация датчиков упора, момента, частоты вращения гребного винта и данные других приборов, отражающие те или иные стороны поведения судна в условиях волнения.

Главная идея компьютерного контроля мореходности судна состоит в мониторинге характеризующих ее параметров, в сравнении их значений с допустимыми границами, в предупреждении штурманского состава, когда текущие значения параметров мореходности приближаются к операционным ограничениям или превышают их.

Дополнительно система может вырабатывать рекомендации, как изменить курс и/или скорость, чтобы избежать опасных ситуаций. Бортовые компьютеры позволили применять для оценки и прогноза мореходности наиболее точные методы расчета реакции судна на ветроволновые воздействия.

#### Направления автоматизации.

Процесс контроля мореходности начал автоматизироваться на судах с конца 1970-х годов. Работы, проведенные в этой области, условно можно отнести к одному из трех направлений:

- *автоматизация расчетов;*
- *автоматизация измерений;*
- *автоматизация измерений и расчетов.*

**Автоматизация расчетов** связана с применением компьютеров и эффективных методов расчета параметров мореходности по данным о волнении, которые измеряются традиционными способами. **Главное преимущество** – возможность предсказания критических ситуаций. **Его недостатками** являются: большие погрешности и неполнота данных о волнении, которые отражаются на точности текущих оценок мореходности; необходимость затрат времени на измерение параметров волнения и на ввод данных

**Автоматизация измерений** предполагает использование специальных датчиков, измеряющих в реальном времени параметры реакции судна на волнение; компьютера, осуществляющего мониторинг измеряемых параметров, сравнение их значений с допустимыми границами, вырабатывающего предупреждения о приближении контролируемых параметров к этим границам и сигналы тревог об их превышении. **К недостаткам** систем этого направления относится малое использование расчетных методов для целей прогнозирования поведения судна в ожидаемых ветроволновых условиях и отсутствие выработки рекомендаций по обеспечению безопасного плавания.

**Автоматизация измерений и расчетов** объединяет положительные стороны двух первых подходов. Такие системы наиболее полно отвечают целям обеспечения мореходной безопасности судна, так как способны идентифицировать текущую ситуацию; моделировать другие ситуации, которые возникнут при изменении курса и/или скорости, балластного состояния, погодных условий; вырабатывать рекомендации по оптимальным режимам движения.

**Основные сведения о бортовых средствах контроля мореходности**

**Назначение и состав АСКМ**

Бортовая система контроля мореходности (АСКМ) представляет собой информационную систему, которая получает, хранит, обрабатывает информацию, необходимую для оценки, прогноза и оптимизации мореходности судна, и отображает результаты обработки в виде, облегчающем принятие решений по обеспечению безопасности судна и груза.

**Основное назначение АСКМ** – повышение безопасности судна и груза, защиты окружающей среды, эффективности перевозок грузов морем. АСКМ оказывает судоводителям информационную поддержку управлению судном в штормовых условиях.

**Задачи**, которые решает бортовая система контроля мореходности, могут быть разделены на три категории:

- *оперативная оценка мореходности судна;*
- *прогноз состояния судна на оставшуюся часть рейса с оценкой его мореходности;*
- *выработка рекомендаций по оптимизации мореходности.*

**Состав АСКМ**

Основными частями всех АСКМ являются:

- *аппаратные средства*
- *информационное обеспечение (данные)*
- *программное обеспечение*
- *средства общения АСКМ с оператором*

Аппаратные средства включает основной модуль, периферийную аппаратуру и каналы связи.

**Основной модуль** – это помещенный в специальной консоли высокопроизводительный персональный компьютер, имеющий каналы для соединения с датчиками информации о ветре, волнении, о параметрах движения судового корпуса и нагрузках на нем. Он устанавливается в рулевой рубке, включает в себя системный блок, монитор, управляющую панель. На дисплее отображаются данные мониторинга характеристик мореходности, результаты их анализа и прогнозы значений на будущие моменты времени.

**Периферийная аппаратура.** Система контроля мореходности использует данные, поступающие из различных источников, и передает свои сведения другим системам и устройствам.

**К АСКМ могут подключаться:**

- датчики параметров качки,
- устройства для измерений напряжений элементов корпуса,
- компас, лаг, указатель скорости поворота,
- датчики элементов ветра, волнения,
- GPS-приемник,
- датчики упора, момента, частоты вращения гребного винта

**АСКМ может быть интегрирована** со станцией спутниковой связи, с компьютером для расчета плана загрузки судна и управления ей, со станцией планирования пути судна, с системами контроля балластного состояния, крена и дифферента судна, с радаром для измерения параметров волнения, с регистратором данных рейса, с системами стабилизации качки.

***Основные модули систем контроля мореходности.***

Условно или конструктивно АСКМ может быть разделена на следующие подсистемы:

- *текущей оценки мореходности;*
- *прогноза мореходности;*
- *оптимизации мореходности.*

- Для текущей оценки мореходности может использоваться и два отдельных модуля:
- мониторинга и анализа движения корпуса судна;
- мониторинга и анализа нагрузок на корпус и главный двигатель;

Информационное обеспечение АСКМ включает массивы данных (базы, и иные структурированные наборы), средства упорядочивания, кодирования, сжатия данных, системы конвертации форматов и другие элементы. Главную часть информационного обеспечения составляют:

- сведения о судне, необходимые для расчета параметров качки и других величин,
- климатическая база данных, спектры ветрового волнения и зыби для различных бассейнов Мирового океана,
- прогнозы ветра и волнения

Программное обеспечение бортовой системы контроля мореходности судна – это совокупность всех ее программ и программных пакетов. Оно состоит из:

- программ для съема информации с датчиков системы и выдачи результатов другим техническим устройствам;
- прикладных программных средств;
- вспомогательных программ.

К категории прикладных относятся программы:

- обработки и анализа результатов наблюдений параметров, характеризующих мореходность судна;
- оценки вероятности мореходных опасностей;
- прогнозирования реакции судна на ожидаемые погодные условия;
- выработки рекомендаций с целью поддержки решений капитана судна и ряда других.

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

#### **Функциональные возможности АСКМ**

Состав функций АСКМ зависит от вида системы и от ее конфигурации.

##### Основные виды функций.

Операции, выполняемые бортовыми системами контроля мореходности, могут быть разделены на следующие категории:

- текущей оценки мореходности;
- прогнозирования поведения судна;
- оптимизации мореходности.

Текущая оценка мореходности проводится АСКМ непрерывно. Этот процесс включает мониторинг и анализ параметров качки и напряжений корпуса судна. При текущей оценке мореходности после смены режима движения система за короткое время должна определять опасность повреждения корпуса, если она появляется. Это время не должно превышать десять минут.

**Мониторинг и анализ параметров качки.**

Для измерения параметров поступательного и вращательного движения корпуса в условиях волнения применяются акселерометры, датчики угловых скоростей, инклинометры и другие приборы. Измерения проводятся автоматически через малый интервал времени (непрерывно), накапливаются и анализируются. При анализе качки:

- рассчитываются средние, средне квадратичные и пиковые значения амплитуд угловых и линейных ускорений, скоростей и перемещений носа, центра массы и кормы судна;
- вычисляются периоды перемещений;
- оценивается вероятность слеминга, заливания, оголения винта, опасных углов бортовой качки;
- для пассажирских судов определяется комфортность условий (вероятность морской болезни);
- выявляются тенденции в изменении характера качки;
- вырабатываются предупреждения о возможности опасных явлений и сигналы тревог об их наличии;
- определяются параметры волнения.

**Данные о слеминге** используются для выработки тревожных сообщений о его появлении, и для предупреждения, что эксплуатационные условия судна близки к таким, в результате которых может возникнуть слеминг.

**Данные о заливаемости** применяются для предупреждения о том, что условия эксплуатации судна близки к таким, при которых масса принимаемой на палубу воды создает нагрузки, чреватые ущербом судну или грузу.

**Данные о параметрах качки**

служат для предупреждения судоводителей о том, что параметры движения корпуса приближаются к уровням, при которых возникают специфические проблемы. Они устанавливаются конкретно для каждого судна.

Например:

- для контейнеровозов это могут быть **значения ускорений**, при которых возникает опасность повреждений и потери палубных контейнеров;
- для судов Ро-Ро и паромов, а также и контейнеровозов – **углы сил**, учитывающие влияние наклонов судна и ускорений на системы креплений грузов;
- для балкеров – **вертикальные изгибающие моменты**, которые могут стать причиной конструктивных повреждений;
- для других судов – **чрезмерная амплитуда бортовой качки**, снижение остойчивости и т.д.

В ряде систем на основе измерений параметров качки проводится непрерывный контроль значений **показателя резонанса** и **отношения наблюдаемой амплитуды бортовой качки к ее среднему значению** с целью предупреждений судоводителя о возможности и возникновении параметрического резонанса.

При оценке допустимых границ вертикальных и горизонтальных ускорений, исходя из влияния качки на физиологическое и психологическое состояния членов экипажа, нередко используют следующие упрощенные нормативы:

- вертикальные ускорения не более ..... 0,4g;
- поперечные ускорения не более ..... 0,3g.

**Мониторинг и анализ нагрузок на корпусе.**

Для измерений нагрузок на корпусе в АСКМ используется определенное число тензометров и измерителей давления, установленных на элементах корпуса. Эти датчики предназначены для контроля общей и местной прочности.

***Контроль общей прочности.***

Мониторинг напряжений, возникающих при общих деформациях корпуса, применяется для предупреждений капитана и его помощников о том, что напряжения конструкций приближаются к уровню, когда необходимо принять меры с целью их уменьшения.

Этот мониторинг **на тихой воде и в условиях волнения** должен показывать изгибающие моменты на корпусе, как они изменяются со временем и по длине судна.

Мониторинг напряжений **в течение грузовых и балластных операций** служит для возможности предотвращения перегрузок и повреждений конструкций корпуса, а также для гарантии, что после выполнения названных работ прочность корпуса остается достаточной для плавания в открытом море.

При проведении грузовых и балластных операций результаты мониторинга общей прочности отображаются непрерывно.

Уровни для предупреждения о высоких и опасных напряжениях на корпусе определяются с использованием одобренных нормативов и условий их применения.

***Мониторинг местной прочности***

проводится АСКМ с целью предупреждения персонала на мостике, что отдельные компоненты структуры корпуса испытывают локальные нагрузки, приближающиеся к уровню, при котором необходимы действия для их уменьшения.

Уровни опасных нагрузок для тревог и границы для предупреждений о приближении нагрузок к этим уровням находятся по одобренным методикам с учетом условий их применения.

#### ***Анализ результатов измерений.***

Результаты измерений нагрузок на корпусе накапливаются и анализируются системой. При анализе:

- ***вычисляются средние, средне квадратичные и экстремальные значения напряжений;***
- ***находятся средние периоды нагрузок;***
- ***оценивается степень опасности воздействий;***
- ***подсчитывается число нагрузок с учетом их интенсивности для определения износа (усталости) конструкций;***
- ***выявляются тенденции изменения нагрузок;***
- ***формируются предупреждения о приближении напряжений к операционным ограничениям и превышении их.***

#### **Контроль усталости конструкций**

Состоит в учете количества ведущих к ней исходных воздействий в соответствии с одобренными нормативами и условиями их применения. Этот контроль в соединении с текущей оценкой уровня остаточных деформаций используется для определения срока эксплуатации конструкций.

#### **Прогнозирование мореходности.**

АСКМ обычно имеет функции, позволяющие по данным ветрового волнения и зыби прогнозировать параметры мореходности и выработать сообщения о случаях, когда прогнозируемые значения превышают операционные ограничения. При прогнозе оцениваются вероятности слеминга, заливания, разгона гребного винта и отображаются предупреждения, когда такие явления будут иметь место.

АСКМ выработывает два вида прогнозов:

- ***эффектов от изменения курса и скорости в текущей обстановке;***
- ***параметров мореходности судна в ожидаемых погодных условиях в будущем.***

Оба вида прогнозов основываются на данных о волнении. Для предсказания мореходности в современных АСКМ используются спектральные характеристики волнения. Полнота и точность данных о волнении особенно важны при выборе режимов движения в текущей обстановке.

Определяемые судоводителем визуально параметры волнения не являются достаточными.

В настоящем параметры волнения в АСКМ определяются обычно расчетным методом по данным измерений параметров качки (по косвенным измерениям). На это затрачивается порядка 20 минут.

При оценке эффектов от изменения курса и скорости в текущей обстановке информация о волнении может вводиться вручную, сниматься автоматически с измерителей параметров волнения, либо поступать из самой системы, когда расчет характеристик волнения выполняется по косвенным измерениям.

#### **Оптимизация мореходности.**

Желательно, чтобы АСКМ могла для текущих и/или задаваемых условий погоды определять безопасные режимы движения судна и рекомендовать их капитану.

Выработка рекомендаций основывается обычно на данных матриц критериев мореходности, рассчитанных для задаваемых значений курса относительно волн (от нуля до 360° через 5° или 10°) и скорости хода (от минимальной до полного хода через 1 узел).

#### **Рекомендации по установке систем контроля мореходности**

**Рекомендации ИМО** касаются одного из видов АСКМ – систем мониторинга нагрузок на корпусе (СМНК), и относятся к балкерам дедвейтом 20 тыс. тонн и более.

**ИМО предлагается следующая минимальная конфигурация СМНК:**

- **датчики для измерений механических напряжений палубы в направлении диаметральной плоскости;**
- **акселерометр в носовой части судна для измерения вертикального ускорения;**
- **два акселерометра в центральной части судна для измерения ускорений при вертикальной и поперечно-горизонтальной качке;**
- **микропроцессор;**
- **дисплей для представления информации датчиков и результатов ее обработки в удобном для оператора виде;**
- **устройство хранения данных для аккумуляирования информации с целью ее статистической обработки.**

## Лекция 14

### Система планирования и оптимизации пути

#### Задача планирования рейса

В «Руководстве по планированию рейса», утвержденного Резолюцией ИМО, определены четыре этапа планирования и выполнения рейса:

- Оценка всей относящейся к рейсу информации
- Планирование предполагаемого рейса
- Выполнения плана, принимая во внимание превалирующие условия на переходе
- Непрерывный мониторинг соответствия движения судна составленному плану

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.

Планирование рейса предполагает :

- определение безопасного и эффективного пути следования к пункту назначения
- формирование стратегии управления при выполнении перехода.

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

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. Долгосрочное прогнозирование погоды применяется обычно при составлении плана рейса до его выполнения.

#### Краткосрочные прогнозы

получаются по каналам связи от метеорологических центров и служб. 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.

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.

#### Информация, необходимая для разработки плана перехода.

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.

## 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.

При оптимизации плана перехода обычно накладывается условие обеспечения безопасности судна, груза, чистоты окружающей среды и используются критерии:

- Минимального времени;
- Минимума расхода топлива при заданном времени прибытия в конечный пункт;
- Минимума отступления от расписания.

### *Назначение СПП и ее состав.*

Назначение системы. Для повышения эффективности эксплуатации судов создаются специальные автоматизированные системы планирования рейсов.

Бортовое оборудование для планирования перехода представляет собой электронную систему информационной поддержки решений судоводителя по выбору пути судна. Она служит для облегчения и ускорения планирования эффективного маршрута перехода по выбранному критерию с обеспечением высокой навигационной безопасности, мореходности судна и сохранения чистоты окружающей среды.

*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 прогностической оценки влияния условий плавания на судно и груз;
- создание возможности для оперативных оценок всего 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 должны использоваться 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 растровых официальных карт, при планировании пути намеченный маршрут должен наноситься как на электронных, так и на бумажных картах.**

### ***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.**

**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 данных;**
- 2. База сведений о навигационных средствах;**
- 3. База данных рекомендованных маршрутов;**
- 4. База данных приливо-отливных явлений;**
- 5. Климатическая база данных;**
- 6. База сведений о портах;**
- 7. База данных о судне;**
- 8. Базы корректур;**

**Базы других используемых данных**

**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 и их описаний и другие сведения.**

**База сведений о навигационных средствах хранит информацию пособий «Огни и знаки», «Радиотехнические средства» и других специальных источников.**

**База рекомендованных маршрутов включает каталог маршрутов 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 явлениям 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:**

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

### Для открытых мест:

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

Климатическая база данных 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.

База портов захода включает информацию практически о всех портах мира (более 8000 портов).

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 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.

### Краткосрочная прогностическая информация

СПП позволяет через каналы связи получать от наземных центров и со спутников 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;
- Прогностические сведения о тропических циклонах, сгруппированные через 6 часов, на время до трех суток вперед;
- Штормовые и навигационные предупреждения.

### Прогностические данные могут включать:

- Изобары;
- Фронты;
- Направление и силу приземного ветра;
- Изолинии высот волн;
- Высоту, направление, период волн;
- Пути и скорость тропических циклонов;
- Расположение главных систем течений;
- Скорость течений;
- Айсберги и паковой лед.

### База прикладных программ.

В эту базу входят:

- программы для расчета по опорным данным маршрута всех интересующих судоводителя его параметров,
- программа для расчета приливных уровней и течений,
- программа для расчета 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 расчета наиболее благоприятных курса и скорости в условиях шторма,
- ряд других программ.

## **Типовые функции СПП для выбора начального варианта пути.**

**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 среднесезонных, 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, представляя ее отрезками локсодромий через заданный шаг разности долгот или расстояния

**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.**

**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.

***Прогностическая оценка внешних условий на выбранном маршруте с помощью СПП.***

Система планирования и оптимизации пути позволяет быстро находить в памяти и отображать в наглядном виде информацию о внешних условиях перехода.

**Навигационная информация.**

СПП позволяет *отобразить маршрут судна на электронных навигационных картах* и ознакомиться с приведенными на картах данными о навигационной обстановке на пути следования.

Система планирования и оптимизации пути *имеет функции для получения справочных данных из электронных вариантов навигационных пособий*. Реализованы различные способы вызова справок. Информация по всем навигационным объектам, нанесенным на карту (маяки, буи, огни и знаки и т.д.) получается путем наведения курсора на интересующий объект.

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 и метеорологические предупреждения, относящиеся к указанным курсором районам.

Система планирования и оптимизации пути имеет функции для расчета приливных уровней и течений в указанных пунктах на заданное время или период. Результаты вычислений представляются в виде графиков, таблиц. При расчете 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.

На основе прогностической оценки гидрометеорологических условий ряд систем позволяет отметить отрезки пути, проходящие через:

- области с высотой волны, большей заданной,
- районы с пониженной видимостью,
- районы с приливными течениями.

***Функции СПП для анализа влияния условий предстоящего плавания на судно и груз.***

Система планирования и оптимизации пути имеет набор программ для оценки реакции судна на внешние условия плавания. Она предоставляет функции для расчета параметров состояния судна по прогнозируемым данным внешних условий.

### Оценка влияния мелководья.

Влияние мелководья на движущееся судно ощутимо, когда отношение глубины к осадке судна меньше трех. Для мелководных участков СПП *позволяет рассчитать:*

- критическую скорость,
- просадку от скорости хода и изменения солености,
- 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 участков пути с интенсивным волнением по прогнозируемым данным о высоте, периоде и направлении волн СПП *дает возможность рассчитать:*

- параметры бортовой, килевой, вертикальной качки,
- нагрузки на корпусе,
- величину падение скорости,
- вероятность заливания, слеминга, оголения винта,
- опасность опрокидывания.

СПП позволяет прогнозировать параметры качки и нагрузки на корпусе для подбираемых значений скорости/курса. Она также может сама *определять наиболее благоприятные значения курса и скорости* для наблюдаемых или задаваемых параметров волнения и выдавать их в качестве рекомендации судоводителю.

При прогнозе качки и напряжений на корпусе система планирования рейса *может пользоваться ресурсами электронной системы для оценки мореходности.*

СПП *способна предсказать 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.

### *Оценка плана перехода и его оптимизация по различным критериям.*

Оценка плана по выбранному показателю. Система планирования и оптимизации пути с учетом навигационных факторов, прогностической оценки гидрометеорологических условий и влияния их на движение судна *позволяет оценить весь переход или его часть:*

- По продолжительности;
- По расходу топлива;
- По навигационной безопасности и параметрам, характеризующим мореходность.

При определении времени перехода и расхода топлива судоводитель может выбрать, какие факторы в отдельности или вместе система должна принять во внимание:

- поверхностные течения,
- приливные течения,
- ветер,
- волнение,
- мелководье.

### Оптимизация плана перехода.

Система планирования и оптимизации пути судна позволяет наметить альтернативные варианты маршрутов перехода и устанавливать определенные скоростные режимы движения на отрезках этих маршрутов.

СПП дает возможность сравнивать альтернативные маршруты по протяженности, расходу топлива, времени перехода, наличию штормовых областей и по другим показателям.

При оптимизации плана перехода при условии обеспечения безопасности судна, груза, чистоты окружающей среды могут использоваться критерии минимизации:

- расхода топлива при фиксированном времени прибытия в конечный пункт;
- расхода топлива при соблюдении расписания;
- времени перехода.

Ряд систем имеют функции для нахождения наивыгоднейшего трансокеанского пути по заданному критерию с учетом краткосрочных прогнозов погоды, расписания, стоимости топлива и соображений безопасности судну и грузу.

Некоторые СПП снабжены программами для расчета оптимального пути расхождения с тропическим циклоном.

### Регистратор данных рейса

Регистратор данных рейса – РДР (“черный ящик”) предназначен для записи и хранения информации о рейсе в целях оказания помощи в расследовании аварий.

Минимальные эксплуатационные требования к РДР определены резолюцией ИМО А.861(20), 1997. 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 сведения:

- Дата и время;
- Координаты места;
- Скорость;
- Курс;
- Переговоры голосом на мостике;
- Переговоры по УКВ-связи;
- Данные радиолокатора;
- Глубину,
- Предупреждения главных сигнализирующих устройств;
- Заданное и истинное положение руля;
- Назначенный и истинный режимы ГДУ;
- Положение открытий корпуса, клинкетных и пожарозащитных дверей;
- Значения ускорений и нагрузок на корпусе;
- Скорость и направление ветра;
- Другие наиболее важные для безопасного судовождения данные.

### *Состав аппаратуры РДР*

В аппаратуру регистратора данных рейса входят три основных блока:

- 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, упорядочивает ее, сжимает, образует соответствующую базу данных, хранит ее в своей памяти. Записывает эти 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).

**Сведения о переговорах голосом** и по УКВ связи поступают от установленных на мостике микрофонов.

**Радиолокационная видеоинформация** снимается с интервалом порядка 15 с. с дисплея СРС.

**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.

**Данные о положении люковых закрытий, аппарелей, водонепроницаемых и пожарозащитных дверей** снимаются со специальных датчиков..

Источником **информации об ускорениях и нагрузках на корпусе** является СМН.

**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 модуля сбора данных.**

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 данные в течении периода времени, не меньшего двух лет после записи.

**Защищенный модуль хранит в “жестком” запоминающем устройстве 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. Модуль воспроизведения помещается на мостике.**

**Он включает в себя процессор, клавиатуру и дисплей.**

**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 прилагаются от 3-х до 9-ти *микрофонов* для записи переговоров голосом.**

## Лекция 16

### Централизованная система мониторинга и сигнализации

**Централизованная система мониторинга и сигнализации – ЦСМ** 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.) и надзор за состоянием объектов, препятствующих развитию этих событий (водонепроницаемые, пожарозащитные двери, люковые закрытия);
- непрерывный контроль работы главных средств управления (рулевого устройства, главной движительной установки);
- слежение за функционированием вспомогательных судовых систем и механизмов;
- другие виды мониторинга.

**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.

**Требования к ЦСМ:**

- 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.

**Состав системы**

При наличии на судне локальных устройств мониторинга **ЦСМ** 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.

**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.

***Модуль мониторинга*** управляет съемом данных с 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.

***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.**

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, или о нажатой кнопке пожарного извещателя, с указанием помещения расположения источника информации.

**Мониторинг уровней льял** служит для контроля уровней воды в льялах. На основе анализа измеряемых значений производится сигнализация о превышении водой в льялах порогового уровня.

**Мониторинг нагрузок на корпусе** –

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 открытий корпуса** служит для обеспечения контроля положения аппарелей, люковых закрытий, водонепроницаемых, пожаронепроницаемых и других автоматически открываемых/закрываемых дверей.

## ***Контроль работы главных средств управления.***

### **Мониторинг рулевого устройства**

При мониторинге 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 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 источника электроэнергии.

**Мониторинг главной движительной установки** состоит в непрерывном отслеживании параметров процессов главного двигателя и его вспомогательного оборудования.

Современные системы сигнализации и мониторинга ГДУ обычно производят **ежесекундный опрос многочисленных датчиков** рабочих параметров главного двигателя и его вспомогательных систем. Текущие значения основных рабочих параметров непрерывно представляются судоводителю.

Результаты предыдущих измерений всех датчиков **запоминаются за определенный промежуток времени**. Они составляют достаточный материал для анализа и прогнозирования состояния главной движительной установки.

**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.***

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.

## ***Наблюдение за судовыми системами и другие виды мониторинга.***

### **Контроль судовых систем.**

Судовыми системами 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)
- 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**

Производится путем контроля:

- параметров работы
- электропитания
- давления в трубопроводах.

### **Мониторинг уровней в танках**

Для определения уровня жидкости в танках созданы различные датчики.

Для предупреждения о возможности переполнения, цистерна может снабжаться 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.

### **Мониторинг микроклимата грузовых помещений.**

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**

Это вид мониторинга путем записи в памяти изображений телекамер, контролирующих на судне те или иные помещения, оборудование или груз. Позволяет судоводителю периодически просматривать требующие надзора объекты непосредственно из штурманской рубки, а также автоматически осуществлять запись результатов мониторинга на электронном носителе.

## **Интегрированная система радиосвязи**

**Судовая интегрированная система радиосвязи (ИСР)** 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 служит для управления работой радиооборудования.

## Судовое радиооборудование для внешней связи.

Судовое радиооборудование для внешней связи включает в себя аппаратуру GMDSS:

- УКВ радиостанцию;
- Радиостанцию ПВ;
- Радиостанцию ПВ/КВ
- Судовую станцию Инмарсат-А;
- Судовую станцию Инмарсат-С;
- Приемник расширенного группового вызова;
- Приемник службы НАВТЕКС;
- Приемник навигационной информации на КВ.
- УКВ носимую радиостанцию;
- Аварийный радиобуй;
- Радиолокационный ответчик.

Аппаратура GMDSS обеспечивает радиосвязь в морских районах A1÷A4.

**A1** – район в пределах зоны действия береговой УКВ радиостанции, обеспечивающей возможность оповещения о бедствии с использованием ЦИВ - цифрового избирательного вызова (30 миль).

**A2** – район, за исключением района A1, в пределах зоны действия береговой УКВ радиостанции, обеспечивающей постоянную возможность оповещения о бедствии с использованием ЦИВ (150 миль).

**A3** - район, за исключением районов A1 и A2, в пределах зоны действия геостационарных спутников ИНМАРСАТ (примерно между широтами 70°N и 70°S).

**A4** – район, находящийся за пределами районов A1, A2, A3.

### УКВ радиостанция

обеспечивает радиотелефонную связь и цифровой избирательный вызов (ЦИВ) на расстояниях 20-30 морских миль.

### Радиостанция ПВ

служит для радиотелефонной связи и ЦИВ на расстояниях до 180 морских миль. Она 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.

### Радиостанция ПВ/КВ

обеспечивает радиотелефонную связь, узкополосное буквопечатание и цифровой избирательный вызов на больших расстояниях. Она использует такие же классы излучения, как ПВ радиостанция.

### 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).

Передача станцией сигнала бедствия активируется с помощью кнопки, расположенной на мостике на пульте управления внешней связью.

### 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.

Передача станцией Инмарсат-С вызова бедствия обеспечивается нажатием кнопки, расположенной на пульте управления *ИСП*.

#### **Приемник расширенного группового вызова**

Предназначен для работы в режиме постоянного приема сообщений, связанных с безопасностью мореплавания:

- Сигналов бедствия, ретранслируемых береговой станцией;
- Сообщений, связанных с координацией поиска и спасения;
- Навигационных и метеорологических предупреждений, прогнозов погоды, срочных сообщений.

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 срабатывает звуковая и световая сигнализация. Она отключается только вручную. В приемнике предусмотрена индикация о неправильной его настройке или отсутствии синхронизации.

#### **Приемник службы НАВТЕКС**

Служит для приема в режиме узкополосного буквопечатания передаваемых международной автоматизированной службой НАВТЕКС навигационных, метеорологических предупреждений и срочной информации.

#### **Приемник навигационной информации на КВ**

Предназначен для приема информации по безопасности на море:

- Навигационных и метеорологических предупреждений;
- Метеорологических прогнозов;
- Срочных сообщений по безопасности.

# **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- 1. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика. – Одесса: Латстар, 2003. – 169 с.**
- 2. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. – Одесса, ФЕНИКС, 2005. – 272 с.**
- 3. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л. Поддержка решений по расхождению с судами: Фенікс, 2010. – 229 с.**
- 4. Вагущенко Л.Л., Кошовий А.А. Автоматизовані комплекси судноводіння. Підручник для морських академій – Видавництво «КВІЦ», Київ, 2000 р. - 292 с.**
- 5. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. – 2-е изд., перераб. и доп.- Одесса: Латстар, 2002. – 310 с.**
- 6. Вагущенко А.Л. Системы мониторинга нагрузок на корпусе судна // Морское обозрение – 2002. №4(8) – с. 15-16.**
- 7. Веллер В. Автоматизация судов. Пер. с нем. - Л.: Судостроение, 1975. - 280 с.**