

Федеральное агентство морского и речного транспорта

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА  
имени адмирала С. О. МАКАРОВА**

**Н. С. Зимин, М. Б. Солодовниченко, И. П. Буканов**

# **ОСНОВЫ НАВИГАЦИОННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

*Учебник*

Санкт-Петербург

2024

## ВВЕДЕНИЕ

Учебник разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования и рабочей программой дисциплины «Схемотехника».

В настоящее время на морском и речном флотах используется и продолжает внедряться широкая номенклатура радиоэлектронного оборудования, выпускаемого различными фирмами-производителями. В связи с этим актуальной является задача подготовки специалистов, способных заниматься эксплуатацией или использованием как существующего, так и перспективного парка оборудования.

Высокие темпы развития радиоэлектроники, быстрая смена поколений радиоэлектронного оборудования делают невозможным подробное изучение многообразных образцов оборудования при освоении специальных дисциплин. Поэтому была введена отдельная межпрофильная дисциплина «Схемотехника», которая соединяет в себе учебный материал о принципах построения и особенностях функционирования элементной базы и электронных устройств различного назначения, являющихся основой для овладения общепрофессиональными компетенциями.

Для работы на водном транспорте подготовка специалистов, осуществляющих эксплуатацию радиоэлектронного оборудования, ведется в двух направлениях — инженер-радиоэлектроник и инженер-судоводитель, при этом первый является инженером-эксплуатационником, так как решает задачи технической эксплуатации (ТЭ) оборудования, а второй — инженером-пользователем (использователем), решающим задачи технического использования (ТИ) судового оборудования НРЭС.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать терминологию, используемую в сфере схемотехники, поэтому авторы уделили этому вопросу особое внимание. Учебник содержит информативно-справочную базу для разработки и изучения эксплуатационной документации на оборудование НРЭС, поэтому в нем приведены следующие материалы:

- основная радиоэлектронная терминология, применяемая в эксплуатационной документации оборудования НРЭС; приведен перечень основных терминологических государственных стандартов (ГОСТов);

- принципы действия (функционирования) применяемых на водном транспорте различных видов НРЭС;

- основные характеристик НРЭС и особенности получаемой от них информации;

- принципы технической эксплуатации оборудования НРЭС.

Необходимые умения вырабатываются на практических/лабораторных занятия, на которых, на примере реальных образцов оборудования, осуществляется тренинг по изучению принципов его технической эксплуатации на основании эксплуатационной документации с использованием учебно-справочных материалов.

Будущий инженер-радиоэлектроник (инженер-эксплуатационник) также должен иметь представление об основных тенденциях развития схемотехнических решений при построении различных функциональных узлов, содержащихся в радиоэлектронных системах, перспективах их развития.

Освоившие дисциплину «Схемотехника» с помощью настоящего учебника будут способны самостоятельно изучать эксплуатационную документацию и осуществлять эксплуатацию радиоэлектронных систем, устанавливаемых на судах и береговых радицентрах и других организациях, обеспечивающих судовождение.

Учебник также может быть полезен при изучении различных профильных специальных технических дисциплин в вузах, на курсах дополнительного профессионального образования по подготовке/переподготовке радиоспециалистов на судах и в береговых структурах.

# ГЛАВА 1. ПОНЯТИЕ НАВИГАЦИОННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

## Назначение и состав НРЭС

На морском и речном флоте широко используется оборудование различных *радиоэлектронных систем* (РЭС), предназначенных для выдачи применяемой в навигации информации, в связи с чем такие РЭС можно называть **навигационными радиоэлектронными системами** (НРЭС).

*Навигация* (лат. *navigatio*, от лат. *navigo* — плыву на судне) — основной раздел судовождения, в котором разрабатываются теоретические обоснования и практические приемы вождения судов.

До настоящего времени существует традиция разделять область НРЭС на радионавигацию и радиосвязь.

НРЭС и их составные части, как и любое оборудование, в общем случае называют **изделиями**, под которыми понимают искусственно сделанный объект, предмет. В литературе и в быту также используются синонимы термину «изделия» — *оборудование, аппаратура, техника, средства* (технические), отсюда термины — радиоэлектронное оборудование (РЭО) или радиоэлектронная аппаратура (РЭА).

В радиоэлектронике к изделиям относятся: системы, комплексы, модули, устройства, приборы, блоки, сборки, компоненты электронные (КЭ).

Термин **радиоэлектроника** (РЭ) является составным из терминов *радио* и *электроника*, что вполне допустимо, так как электроника не только существует самостоятельно, но и составляет значительную часть *радиотехники*. «радио-» — начальная часть термина «радиотехника», обозначающего технику, использующую радиоволны.

**Радиоволна** — перемещающееся в пространстве электромагнитное поле.

**Электроника** — это техника, использующая процесс упорядоченного движения электронов в *проводящей среде* (имеющей свободные носители зарядов) или в вакууме. В электротехнике такой процесс в проводящей среде (проводнике) называют *электрическим током* и различают *постоянный ток* (сила которого во времени не меняется) и *переменный ток* (сила и направление движения которого плавно и периодически изменяются во времени).

В электронике применяются электрические токи со сложным законом изменения силы, которые называют *электрическими колебаниями* (ЭК). К ЭК также обычно относят и переменный электрический ток.

Процесс движения электронов в вакууме называют *электронным лучом* (ЭЛ).

В РЭС также применяется термин **автоматизированная система** (АС), обозначающий совокупность оборудования, эксплуатационников и эксплуатационной документации. При этом совокупность оборудования в АС называют комплексом средств автоматизации (КСА), т. е. в АС термин «КСА» не идентичен понятию «комплекс» и является аналогом термина «система». Для устранения указанного несоответствия далее будем расшифровывать КСА как **комплект средств автоматизации**.

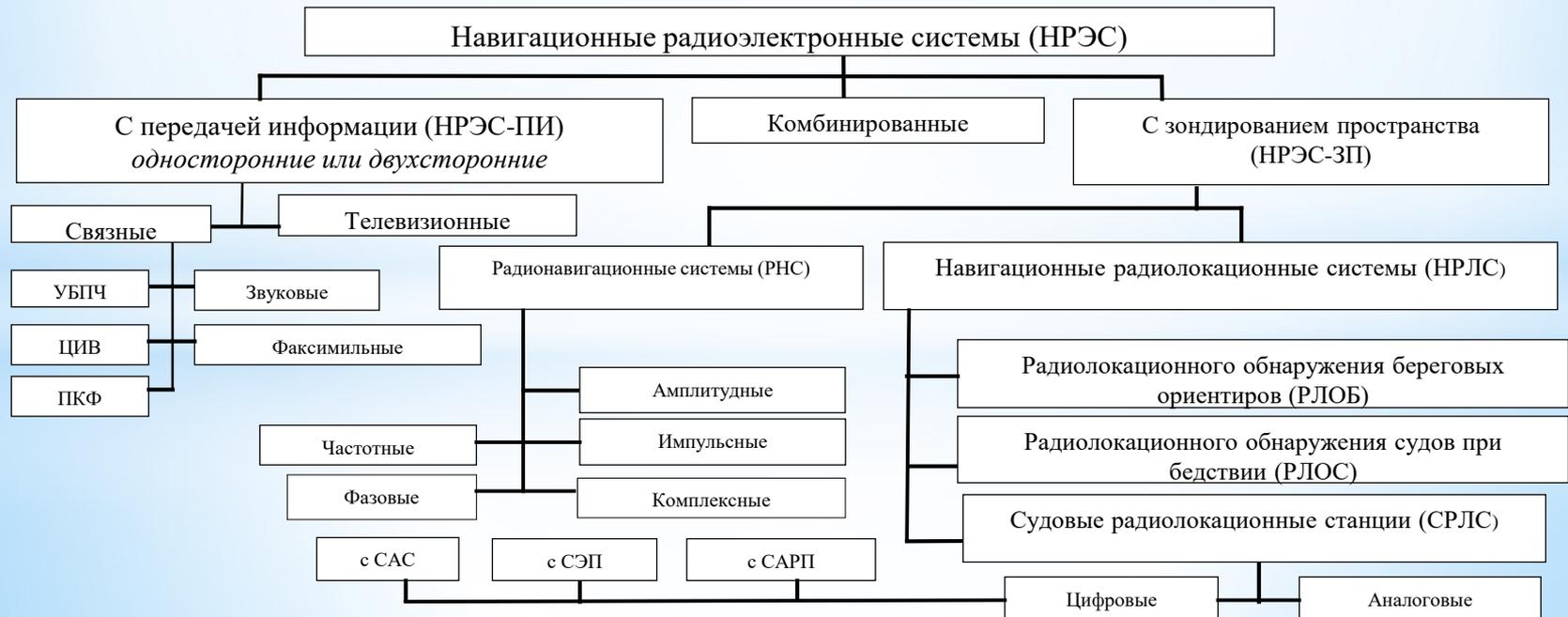
# Классификация НРЭС

## Схема классификации НРЭС

Классификация физических объектов, процессов или явлений представляет собой их сортировку на различные группы, называемые *классами*, которые объединены общим важнейшим свойством — классификационным признаком, который определяет вид схемы классификации.

Общим назначением НРЭС является предоставление пользователю навигационной информации, поэтому классификацию НРЭС целесообразно осуществлять по *информативным признакам*.

Схема рассматриваемой классификации НРЭС изображена на рис. 1.1, где различные классы изображены прямоугольниками с наименованиями классов.



**НРЭС можно разделить на два основных класса:**

- 1) *С передачей информации (НРЭС-ПИ);*
- 2) *С зондированием пространства (НРЭС-ЗП).*

Всевозможные сочетания нескольких НРЭС-ПИ и/или НРЭС-ЗП называют *комбинированными* НРЭС.

НРЭС-ПИ и НРЭС-ЗП различаются расположением источника информации — в НРЭС-ПИ он находится вне нее, а в НРЭС-ЗП — внутри нее. При этом, в соответствии с назначением НРЭС, получатель (пользователь) выдаваемой ими информации имеется у всех типов НРЭС, но не входит в их состав.

## ***НРЭС с передачей информации***

НРЭС-ПИ бывают *односторонние*, передающие информацию в одну сторону, и *двухсторонние*, передающие информацию встречно. В последнем случае источник и потребитель информации называются *абонентами*.

В зависимости от формы представления информации НРЭС-ПИ разделяют на *телевизионные (ТВ)* и *связные*.

**Телевизионные НРЭС-ПИ** выдают на экран *видеомонитора (ВМ)* последовательность *кадров* (неподвижных картинок), которая при величине частоты их повторения более 16 Гц воспринимается человеком как движущееся изображение. Телевизионные НРЭС-ПИ в настоящее время применяются для контроля обстановки на судне и вокруг него, прежде всего с целью охраны.

**Связные НРЭС-ПИ** обеспечивают передачу информации между береговыми службами и судами («берег – судно» или «судно – берег»), между судами («судно – судно»), или между абонентами внутри судна.

В зависимости от формы предоставления информации различают следующие связные НРЭС-ПИ:

- *звуковые* — речь или специальные звуковые ЭК (радиотелефония или судовое командное трансляционное устройство);
- *узкополосные буквопечатающие (УБПЧ)* — при помощи телетайпов (буквопечатающий аппарат с клавиатурой);
- *факсимильные* — текстовые сообщения, карты, картинки и др., распечатанные на бумажных листах при помощи факсов;
- *цифрой избирательный вызов (ЦИВ)* — передача оповещений и вызовов на связь в виде формализованных сообщений;
- *компьютерные файлы (ПКФ)* — передача информации между персональными компьютерами (ПК).

## *НРЭС с зондированием пространства*

НРЭС-ЗП по содержанию выдаваемой информации разделяют на следующие **виды**:

1) *навигационные радиолокационные системы (НРЛС)*, выдающие информацию об окружающих объектах, называемых радиолокационными целями (РЛЦ);

2) *радионавигационные системы (РНС)*, выдающие информацию о своем судне.

НРЭС-ЗП создают в окружающем пространстве электромагнитное поле, характеристики которого в каждой его точке зависят от ее координат или от координат объектов, отражающих или переизлучающих приходящие к ним радиоволны. Эти радиоволны принимаются специальным судовым зондом (антенной) и заложенная в них информация о параметрах положения зонда (своего судна) или отражающих их объектах далее в НРЭС извлекается и предоставляется пользователю для применения в навигации, поэтому указанное электромагнитное поле называют *радионавигационным полем*.

Навигационные радиолокационные системы предоставляют пользователю информацию о наблюдаемых с ее помощью окружающих объектах, называемых *радиолокационными целями (РЛЦ)*.

К НРЛС относятся:

1) судовые радиолокационные станции (СРЛС);

2) система радиолокационного обнаружения береговых ориентиров (РЛОБ);

3) система радиолокационного обнаружения судов в бедствии (РЛОС).

РЛОС и РЛОБ предназначены для существенного увеличения дальности наблюдения соответствующих объектов при помощи СРЛС.

**Радионавигационные системы (РНС)** включают в себя несколько излучающих станций наземного или космического базирования, создающих в пространстве радионавигационное поле, которое содержит информацию о координатах каждой точки пространства. Антенна судового *приемоиндикатора* (ПИ) РНС извлекают эту информацию, представляющую собой ее координаты, на базе которых в ПИ вырабатываются данные о параметрах положения своего судна.

РНС, в зависимости от используемых в них *информативных параметров* (несущих информацию), разделяются на *амплитудные, частотные, фазовые, импульсные и комплексные*. Последние в настоящее время представлены *импульсно-фазовыми РНС* (ИФРНС).

Информативный параметр в амплитудных РНС представлен амплитудой радионавигационного поля, зондируемого антенной ПИ РНС. К амплитудным РНС ранее относились *радиопеленгационные системы*, состоящие из береговых *радиомаяков* и судовых *радиопеленгаторов*. К настоящему времени эти системы выведены из эксплуатации в связи с заменой на более современные НРЭС.

## *НРЭС комбинированные*

Применяемые в настоящее время НРЭС практически все являются комбинированными.

К комбинированным НРЭС в настоящее время относятся: ГМССБ; МПС; ЦИВ; INMARSAT; СНС ГЛОНАС, GPS, GALILEO; ДСНС; КОСПАС-SARSAT; АИС; ИСМ; СУДС, которые подробно рассматриваются далее.

## Выдаваемые НРЭС навигационные параметры

Для решения навигационных задач судоводитель напрямую применяет получаемые от НРЭС **навигационные параметры (НП)**, представляющие собой параметры своего судна и окружающей обстановки (окружающих объектов), применяемые в навигации.

Информация о наименованиях, обозначениях, величинах и размерностях величин основных НП надводных объектов приведена в табл. 1.1, где также представлены соответствующие международные термины и обозначения.

*Таблица 1.1*

### Основные навигационные параметры надводных объектов

Навигационный параметр		Величина параметра			
Наименование (термин)	Обозначение (символ)	Наименование (термин)	Обозначение (символ)	Размерность	
				Наименование (термин)	Обозначение (символ)
Дистанция (Distance) Range	D RNG	Величина D	$D$ $RNG$	морская миля	ММ
Направление носа судна Heading РУМБ°	<b>Н</b> HDG РМБ°	Величина Н	<b>Н</b> $HDG\ РМБ^\circ$	градус	«°», град
Пеленг Bearing	В BRG	Истинная величина В	$V_n$ $BRG\ T$		
		Относительная величина В	$V_o$ $BRG\ R$		
Курс истинный Course True	$K_n$ CRS T	Величина $K_n$	$K_n$ $CRS\ T$		
Курс относительный Course Relative	$K_o$ CRS R	Величина $K_o$	$K_o$ $CRS\ R$		
Скорость (Velocity) истинная Speed True	$V_n$ SPD T	Величина $V_n$	$V_n$ $SPD\ T$	узел	уз
Скорость относительная Speed Relative	$V_o$ SPD R	Величина $V_o$	$V_o$ $SPD\ R$		

## Основные навигационные параметры положения на поверхности моря

**Дистанция (D)** — отрезок прямой линии между наблюдателем (ВН) и наблюдаемым объектом (рис. 1.2). Наблюдаемый надводный объект часто обозначают термином *цель* (Target), отсюда  $D_{ц}$  — *дистанция до цели*. Термин «дистанция» нередко заменяют термином *расстояние*, однако последний обозначает отрезок *траектории движения*, которая может быть и криволинейной в отличие от «дистанции».

На рис. 1.2. показаны параметры положения встречного (наблюдаемого) судна на горизонтальной плоскости.

Под *направлением*, на основании элементарной математики, следует понимать луч (половина прямой), исходящий из заданной точки пространства.

*Направление носа судна (Н)* — направление носовой части продольной оси судна, при этом Н исходит из ГЦ судна (см. рис. 1.2).

*Направление на Норд (N)* — направление из заданной точки поверхности моря на Норд истинный (географический).

*Пеленг (B)* — направление из точки положения наблюдателя, проходящее через наблюдаемый объект (цель). На рис. 1.2  $B_{ц}$  — пеленг цели от ВН.

*Истинная величина пеленга ( $B_{и}$ )* наблюдаемого объекта отсчитывается по КГШ от N. На рис. 1.2:  $B_{и.ц}$  — величина  $B_{и}$  для  $B_{ц}$ .

*Относительная величина пеленга ( $B_{о}$ )* наблюдаемого объекта отсчитывается по КГШ от Н. На рис. 1.2:  $B_{о.ВН}$  — величина  $B_{о}$  для пеленга ВН ( $B_{ВН}$ ) от наблюдаемого судна.

Под *ракурсом*, в общем случае, понимают ориентацию (разворот) наблюдаемого объекта относительно его пеленга от внешнего наблюдателя (ВН). Поэтому ракурс судна можно определить углом между пеленгом цели от ВН ( $B_{ц}$ ) и Н наблюдаемого судна и назвать его *углом ракурса (УР)*. Величину УР будем отсчитывать по КГШ от  $B_{ц}$  (см. рис. 1.2).

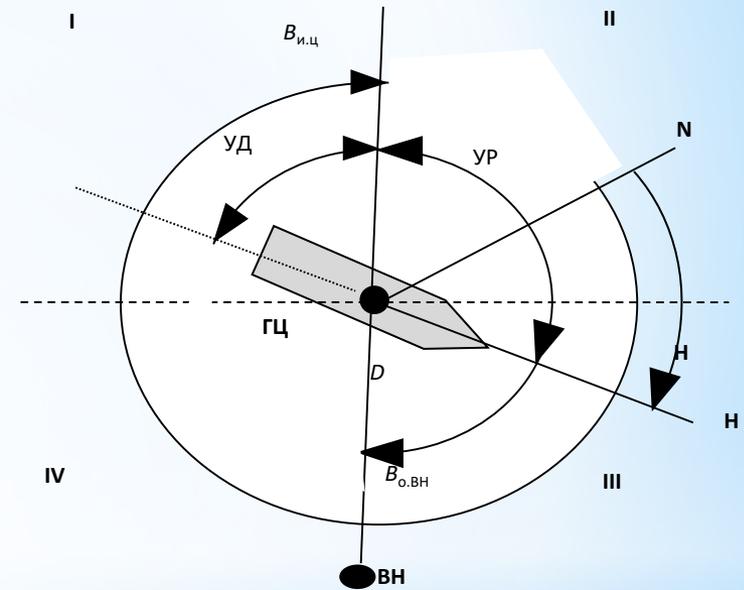


Рис. 1.2. Положения наблюдаемого судна (цели) относительно внешнего наблюдателя: I–IV — квадранты возможного направления движения цели

## Основные навигационные параметры движения на поверхности моря

На основании международных требований под *курсом* ( $K$ ) следует понимать направление движения.

*Курс истинный* ( $K_{и}$ ) — направление истинного движения (ИД) — движения относительно земли (грунта). Величина  $K_{и}$  отсчитывается по КГШ от направления N.

*Курс относительный* ( $K_{о}$ ) — направление *относительного движения* (ОД) надводного объекта — движение относительно ВН.  $K_{о}$  отсчитывается как  $K_{и}$ .

*Скорость* ( $V$ ) — интенсивность движения.

*Скорость истинная* ( $V_{и}$ ) — скорость ИД надводного объекта.

*Скорость относительная* ( $V_{о}$ ) — скорость ОД надводного объекта.

*Вектор скорости* ( $\vec{V}$ ) — интегральный символ, совместно отображающий параметры движения судна: направление которого соответствует курсу, а длина вектора соответствует величине скорости в заданном масштабе ( $M$ ) отображения (рис. 1.3).

*Вектор скорости истинной* ( $\vec{V}_{и}$ ) отображает параметр  $K_{и}$  и величину  $V_{и}M$ .

*Вектор скорости относительной* ( $\vec{V}_{о}$ ) отображает параметр  $K_{о}$  и величину  $V_{о}M$ .

Векторы наблюдаемого судна  $\vec{V}_{и.ц}$  и  $\vec{V}_{о}$  связываются *треугольником скоростей*:

$$\vec{V}_{и.ц} = \vec{V}_{о} + \vec{V}_{и.ВН}, \quad (1.3)$$

где  $\vec{V}_{и.ВН}$  — вектор истинной скорости движения ВН.

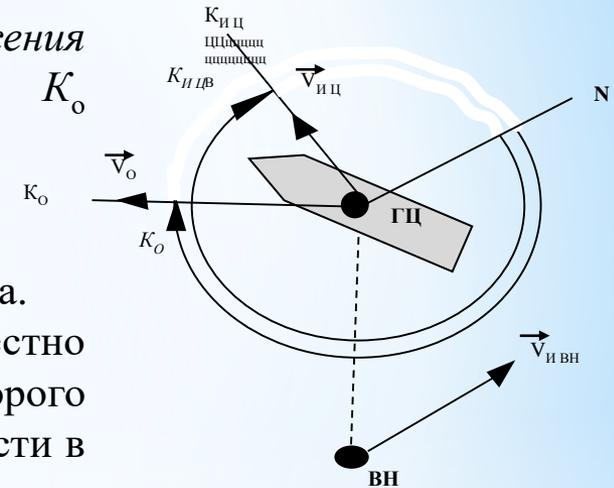


Рис. 1.3. Параметры движения наблюдаемого судна (цели)

# Характеристики изделий и электрических колебаний

## Основные виды характеристик

На практике под характеристиками понимают способы представления (описания или изображения) свойств объектов или процессов.

Применительно к всевозможным объектам (например, к изделиям) и процессам (например, к ЭК) различают три вида характеристик — *параметры, формулы, графики*. В принципе такие характеристики применимы и к радиоволнам и широко используются для теоретического описания их свойств. Однако, как было отмечено выше, в инженерной практике такие характеристики радиоволн можно не рассматривать, так как в реальных НРЭС непосредственно из радиоволн информацию не извлекают, а всегда сначала их преобразуют в ЭК и далее работают с последними.

Применительно к любым видам изделий также различают *технические* и *эксплуатационные* характеристики.

**Технические характеристики изделия** представляют собой характеристики его входов и выходов, а также некоторые его внешние данные (масса, габаритные размеры и т. п.). В связи с этим среди технических характеристик изделий различают *входные, выходные* и *проходные характеристики*. Входные и выходные характеристики — это характеристики соответственно входов и выходов изделия. Проходные характеристики показывают взаимосвязь входных и выходных характеристик.

**Эксплуатационные характеристики изделия**, также называемые *тактическими*, характеризуют качество выполнения им своего назначения. Примером основной эксплуатационной характеристики измерительного устройства является его точность

К эксплуатационным характеристикам изделий часто относят условия их эксплуатации, однако они не соответствуют понятию эксплуатационных характеристик и представляют собой технические характеристики окружающей среды, поэтому требования к условиям эксплуатации изделия следует указывать отдельно от его технических и эксплуатационных характеристик.

## *Параметры и измерение их величин*

Параметры, в общем случае, можно определить как числовые характеристики объектов или процессов. Термин «параметры» заложен в основу множества других понятий, таких как наименование параметра, обозначение параметра, величина параметра, наименование величины параметра, обозначение величины параметра, размерность величины параметра, наименование размерности величины параметра, обозначение размерности величины параметра (табл. 1.4).

*Таблица 1.4*

### **Наименования и обозначения параметров ЭК, их величин и размерностей**

Параметр		Величина параметра (ВП)				
Наименование (термин)	Обозначение (символ)	Наименование (термин)	Обозначение (символ)	Значение	Размерность (р)	
					Наименование (термин)	Обозначение (символ)
Ток	$I$	величина тока	$I$	Ч (число)	Ампер	А
Напряжение	$U$	величина напряжения	$U$		Вольт	В, V
Мощность	$P$	величина мощности	$P$		Ватт	Вт, W
Частота	$F$	величина частоты	$F$		Герц	Гц, Hz
Фаза	$\Phi$	величина фазы	$\phi$		градус радиан	$^{\circ}$ , град. рад, rad
Период	$T$	величина периода	$T$		секунда	с, s
Длительность импульса	$T$	величина длительности	$\tau$			
Время	$t$	величина времени	$t$			

## Формулы

**Формула** — это символьная (состоящая из символов) запись взаимосвязи величин различных параметров между собой или с величиной времени.

В формулах применяются символы двух типов:

- 1) буквенные символы, обозначающие величины параметров и их размерность;
- 2) различные математические символы.

В радиоэлектронике используются два вида формул, показывающих:

- взаимосвязь величин различных параметров;
- изменение величин параметров во времени (для ЭК) или в пространстве (для радиоволн). Основной формулой для ЭК является описывающая закон Ома: «Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению»:

где  $I$  — величина тока;

$U$  — величина напряжения;

$R$  — величина сопротивления.

$$I = \frac{U}{R},$$

В формулах принципиально должна указываться размерность величин параметров, так как при других размерностях формула будет иметь другой вид — в правой части формулы дополнительно появляется 10 в определенной степени. В связи с этим формулу закона Ома логичнее записать в виде:

$$U_{\text{В}} = I_{\text{А}} \cdot R_{\text{Ом}}, \quad \text{где } U \text{ измеряется в вольтах (В); } I \text{ — в амперах (А);}$$

$R$  — в Омах (Ом).

## *Графики*

**График** — это изображение взаимосвязи значений величин параметров между собой или со значениями величины времени. Сравнивая понятия формулы и графика можно утверждать, что график представляет собой просчитанную (многократно рассчитанную) формулу. Это позволяет рассматривать график как своеобразный калькулятор для соответствующей формулы, позволяющий быстро определять значения ее функции по задаваемым значениям аргумента без процедуры вычислений.

В инженерной практике для изображения свойств ЭК используют *два вида графиков*:

- амплитудно-временной график (АВГ);
- амплитудно-частотный график (АЧГ), называемый также *спектром*, т. е. спектр — это АЧГ.

## Типы электрических колебаний в НРЭС

В НРЭС применяются только *периодические* ЭК, характеризуемые многократным (периодическим) повторением в них определенной его части, длительность которой называют периодом или периодом следования (для импульсов). Среди них в радиоэлектронике применяют *синусоидальные непрерывные* и *импульсные* ЭК, а среди последних различают *видеоимпульсы* (ВИ) и *радиоимпульсы* (РИ).

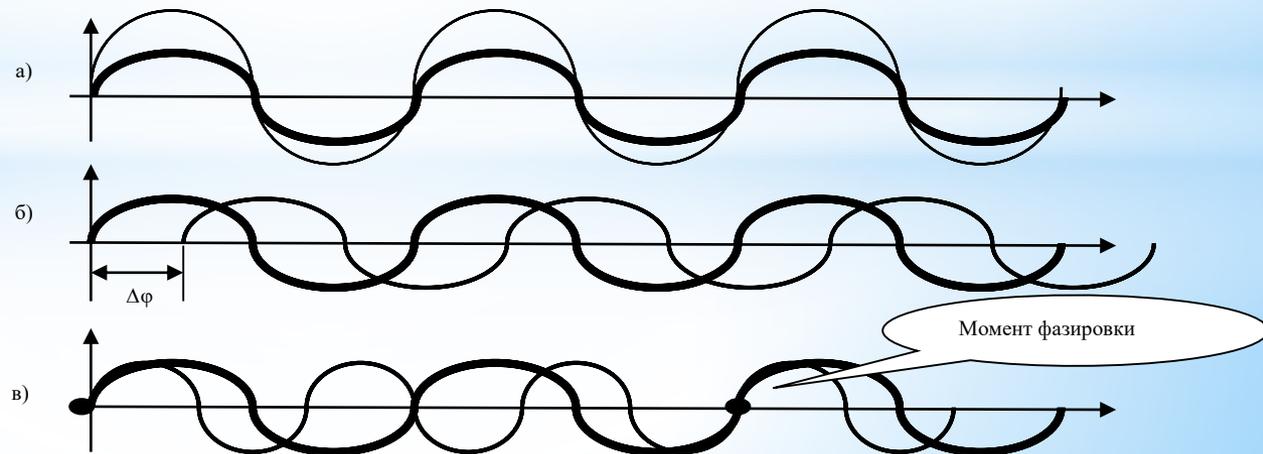
### Синусоидальные непрерывные ЭК

Под «непрерывными» ЭК понимают «непрерывающиеся», т. е. «бесконечные», что можно принять с учетом следующих уточнений. В принципе непрерывных процессов не бывает, так как они обязательно когда-то начинаются и заканчиваются, поэтому наименование ЭК бесконечными (непрерывными) является условным, указывающим на то, что наблюдатель их начало и конец не наблюдал, а выполнял наблюдение ЭК внутри интервала времени между ними.

В НРЭС применяют несколько **видов** синусоидальных непрерывных ЭК (рис. 1.8):

- *синфазные* (одинаковофазные), фазы которых все время совпадают;
- *синхронные* (связанные во времени), характеризуемые постоянной разностью величин фаз;
- *фазированные (когерентные)*, у которых фазы совпадают в отдельные моменты времени (моменты фазировки). Далее, для определенности, будем рассматривать моменты фазировки для нулевых значений амплитуд при переходе через их ноль снизу наверх.

Рис. 1.8. Примеры АВГ периодических синусоидальных ЭК: *а* — синфазные; *б* — синхронные; *в* — когерентные



## Импульсные ЭК

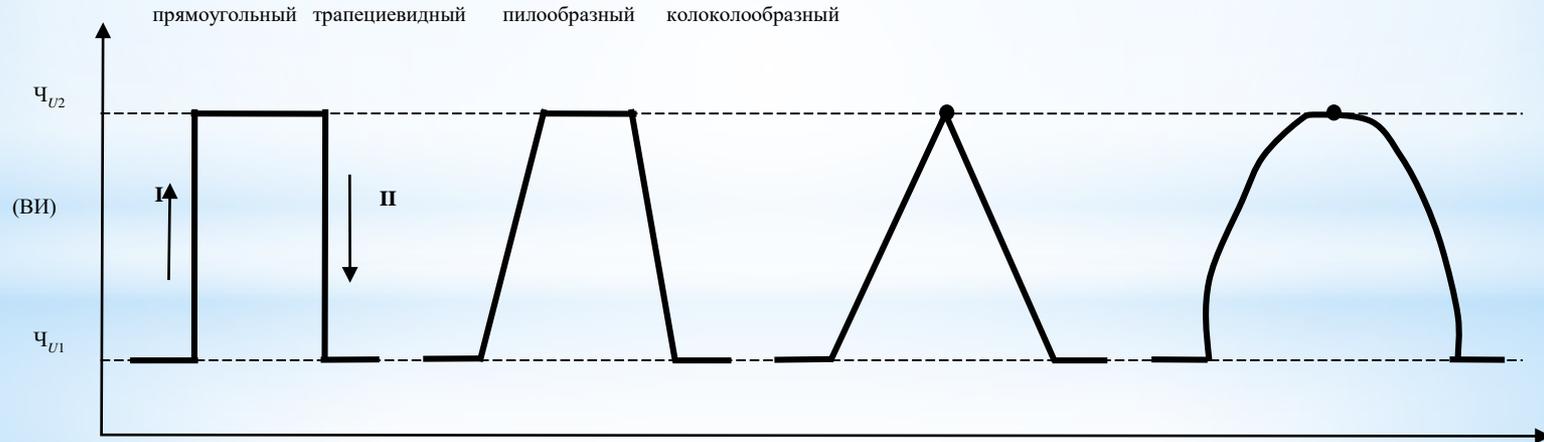
Импульсные ЭК подразделяют на *видеоимпульсы* и *радиоимпульсы*.

**Видеоимпульс (ВИ)** — это такое ЭК, АВГ которого представляет собой простейшую последовательность двух перепадов значения величины амплитуды (с одного уровня на другой и обратно), т. е. необходимыми и достаточными признаками ВИ являются наличие в нем двух уровней амплитуды ( $Ч_{U1}$ ,  $Ч_{U2}$ ) и двух ее *перепадов* (I, II), показанных на рис. 1.9. В связи с изложенным в ВИ различают *передний* (I перепад) и *задний* (II перепад) *фронты*, а также *вершину*.

В зависимости от направления первого перепада (переднего фронта) различают ВИ *положительной* (перепад вверх) или *отрицательной* (перепад вниз) *полярности*; на рис. 1.9 все ВИ положительной полярности.

На рис. 1.9 приведены ВИ идеальной формы. В реальных электрических цепях форма ВИ бывает более сложной конфигурации, в связи с чем могут вводиться их дополнительные характеристики, описывающие форму фронтов и вершины.

Рис. 1.9. Примеры АВГ различной формы ВИ



## *Сигналы и помехи*

В принципе **сигналом** (С) называют объект, который несет информацию потребителю. В НРЭС сигналом будет такое ЭК или электромагнитное поле, значение величины хотя бы одного из параметров которого заранее (априори) неизвестно потребителю.

Параметр ЭК или радиоволны, несущий информацию, называют *информативным* (ИП) или *радионавигационным* (РНП).

В существующих НРЭС информация, содержащаяся в радиоволнах, напрямую не извлекается, а сначала они преобразуются в ЭК специальным устройством (антенной), поэтому далее будем рассматривать характеристики сигналов только в виде ЭК, при этом несущее информацию ЭК будем называть *электрическим сигналом* (ЭС).

## Глава 2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ НРЭС

### Назначение и основные виды схем оборудования НРЭС

Для представления изделий применяют различные схемы.

**Схема** — условное изображение изделия, поясняющее его принцип действия (функциональные схемы) или построение (структурные, принципиальная электрическая и другие схемы).

*Структурная* и *функциональная* схемы изображаются в виде прямоугольников, соединенных стрелками, показывающими направление передачи ЭК, или последовательность выполнения их преобразований, при этом тонкие стрелки также изображают соединительные провода, а стрелки другого вида изображают другие носители и формы передачи информации. В структурной схеме указанные прямоугольники изображают приборы и/или блоки, а в функциональной — *функциональные модули*.

Под **обобщенной функциональной схемой** будем понимать содержащую минимальное количество функциональных модулей и связей, необходимых для реализации данного типа изделия, т. е. обобщенная функциональная схема представляет функциональное ядро изделия.

*Структурные* схемы показывают состав изделия и его деление на составные части.

*Принципиальные* электрические схемы состоят из условных графических символов КЭ, соединенных линиями, изображающими проводники.

Структурные и принципиальные электрические схемы ниже будут использоваться для раскрытия устройства и схемотехнических решений оборудования НРЭС.

## Обобщенная функциональная схема НРЭС

Основными функциональными модулями обобщенной функциональной схемы односторонней НРЭС являются (рис. 2.1):

- передающая подсистема;
- линия трансляции;
- приемная подсистема;
- подсистема контроля и управления.

Эта схема одинаково выглядит для НРЭС-ЗП и односторонних НРЭС-ПИ, но информативные процессы в них различаются в связи с разными источниками информации — в НРЭС-ПИ он находится вне системы, а в НРЭС-ЗП внутри.



Рис. 2.1. Обобщенная функциональная схема НРЭС  
(в круглых скобках — в НРЭС-ПИ; в квадратных скобках — в НРЭС-ЗП)

## Принцип действия односторонней НРЭС-ПИ

### *Передающая подсистема*

В НРЭС-ПИ информация вводится извне в передающую подсистему в виде НП, где преобразуется в РНП.

Передающая подсистема включает в себя:

- датчик электрических колебаний (ДЭК);
- передатчик (ПРД);
- передающую антенну ( $A_{\text{прд}}$ ).

Вводимая от внешнего источника (объекта или процесса) в передающую подсистему информация подается в передающую подсистему в виде НП, где поступает в ДЭК.

Внутри ДЭК закладываются значения всех параметров вырабатываемого им ЭК, которые разделяют на информативные параметры (РНП) и неинформативные *технические параметры* (ТП), поэтому назначением ДЭК также можно считать преобразование НП в РНП. В НРЭС-ПИ в качестве ДЭК могут применяться микрофон, телеграфный ключ, телетайп, кодирующее устройство, компьютер и т. п.

ЭС на выход ДЭК могут выдаваться в форме низкочастотного (НЧ) синусоидального ЭК, или НЧ РС, или ВС.

Интенсивное развитие средств вычислительной техники, внедрение в технику коммуникаций персональных компьютеров (ПК), привело к необходимости передачи *аналоговых* (непрерывных) ЭК цифровыми методами. Преобразование аналогового ЭК в цифровое осуществляют при помощи *аналого-цифрового преобразователя* (АЦП), входящего в состав ДЭК.

В цифровых ДЭК также может применяться **кодирование** — превращение оцифрованного (квантованного) ЭК в специальную кодовую последовательность. Кодирование применяется по двум направлениям:

- для передачи информации в зашифрованном виде;
- для борьбы с помехами.

## ***Приемная подсистема***

Приемная подсистема включает в себя:

- 1) принимающую антенну ( $A_{\text{прм}}$ );
- 2) приемник (ПРМ);
- 3) оконечное устройство (ОУ).

$A_{\text{прм}}$  преобразует приходящие к ней радиоволны в ЭК на ее выходе, что и обозначают термином *прием*.

Приходящее к  $A_{\text{прм}}$  электромагнитное поле всегда характеризуется очень малой энергией, чему способствуют три причины:

- переотражение частицами атмосферы;
- поглощение радиоволны этими частицами;
- приход к  $A_{\text{прм}}$  только очень небольшой части излученного электромагнитного поля из-за того, что  $A_{\text{прд}}$  излучает в значительно большем секторе, чем занимаемый удаленной  $A_{\text{прм}}$ .

*Переотражение* представляет собой последовательный практически мгновенный процесс преобразования приходящей радиоволны в поверхностные токи облучаемого объекта и обратно.

*Поглощение* представляет собой процесс превращения части энергии поверхностных токов в тепловую, которая рассеивается в пространстве.

## ***Подсистема контроля и управления***

Подсистема контроля и управления НРЭС предназначена для обеспечения решения задач технической эксплуатации (ТЭ), в том числе использования по назначению оборудования НРЭС. Она может создаваться в виде обособленной совокупности устройств или совмещаться с ОУ.

Данная подсистема часто представляется *пультами управления* (ПУ), встроенными в передающую и приемную подсистемы.

## *Линия трансляции*

В НРЭС-ПИ применяются линии трансляции в виде *радиолинии*, образуемой прямой радиоволной между  $A_{\text{прд}}$  и  $A_{\text{прм}}$ , а также могут быть представлены *физической линией* (провод, кабель, оптическое волокно). В последнем случае передающая и принимающая антенны отсутствуют.

*Радиолиния* образуется околосредним пространством, в котором со скоростью, близкой к скорости света, распространяются излученные и переотраженные радиоволны.

*Радиоволны* представляют собой совокупность электрического и магнитного полей и описываются уравнениями Максвелла — ученого, впервые обосновавшего гипотезу о том, что переменное электрическое поле поочередно возбуждает в окружающем пространстве переменное магнитное поле и наоборот.

**Сверхдлинные радиоволны (СДВ)** могут проникать в землю и воду, что используется в системах связи с подводными лодками на глубинах до 30 м. Потери СДВ в воде тем меньше, чем меньше ее РЧ. В связи с большими габаритами и стоимостью СДВ оборудования связь в этом диапазоне в МПС не используется.

**Длинные радиоволны (ДВ)** распространяются в воздухе с малыми потерями на дальности до 3–5 тыс. км, однако из-за больших размеров антенн и высокой мощности передатчиков они применяются в основном на берегу для односторонней связи «берег – судно» (передача сигналов точного времени, навигационных обеспечений).

**Средние радиоволны (СВ)** распространяются как поверхностным лучом, который претерпевает значительные поглощения в земле, так и пространственным, который существует только ночью, а днем поглощается слоем D ионосферы. Поэтому дальность связи в этом диапазоне в ночные часы больше дальности связи днем. Устойчивая связь в любое время суток обеспечивается поверхностной волной и составляет несколько сотен километров. В ночные часы, из-за интерференции земной и поверхностной волн, на больших расстояниях возникают замирания — *фединг*. Диапазон СВ используется в радиовещании, системе МПС в целях безопасности (500 кГц — частота радиотелеграфных сигналов бедствия SOS; 2182 кГц — Международная частота бедствия в режиме радиотелефонии) для передачи навигационных сообщений.

**Короткие радиоволны (КВ)** распространяются в виде поверхностных и ионосферных лучей. Энергия поверхностного луча быстро затухает из-за больших потерь в земле, поэтому он обычно достигает не более нескольких десятков километров.

**Ультракороткие волны (УКВ)** распространяются только поверхностным лучом. Пространственный луч пронизывает ионосферу и не отражается от нее даже при максимальной концентрации зарядов.

## *Телевизионные НРЭС-ПИ*

Телевизионные НРЭС-ПИ выдают на экран *видеомонитора* (ВМ) последовательность *кадров* (неподвижных картинок как в кино на экран), которая, при величине частоты их повторения более 16 Гц, воспринимается человеком как движущееся изображение.

Телевизионные НРЭС-ПИ в настоящее время применяются для контроля обстановки на судне и вокруг него, прежде всего с целью охраны.

## *Связные НРЭС-ПИ*

Связные НРЭС-ПИ обеспечивают передачу информации между береговыми службами и судами («берег – судно» или «судно – берег»), между судами («судно – судно») или между абонентами внутри судна. В зависимости от формы предоставления информации различают следующие **виды аппаратуры радиосвязи**:

- 1) *звуковая* — речь или специальные звуковые ЭК (радиотелефония или судовое командное трансляционное устройство);
- 2) *узкополосная буквопечатающая (УБПЧ)* — при помощи телетайпов (буквопечатающий аппарат с клавиатурой);
- 3) *факсимильная* — текстовые сообщения, карты, картинки и др., при помощи факсов;
- 4) *цифровой избирательный вызов (ЦИВ)* — передача оповещений и вызовов на связь в виде формализованных сообщений;
- 5) *компьютерные файлы (ПКФ)* — передача информации между персональными компьютерами (ПК).

## *Электромагнитная совместимость РТС*

**Электромагнитной совместимостью** называется возможность одновременной работы нескольких РТС без ухудшения их функционирования из-за взаимных электромагнитных облучений. Обеспечение электромагнитной совместимости РТС позволяет экономнее и эффективнее использовать радиочастотный ресурс, что становится особенно актуальным в связи с постоянно увеличивающимся числом радиопередающих устройств, особенно если они заключены в сравнительно небольшом пространстве.

Электромагнитная совместимость РТС достигается с помощью технических и организационных мер, минимизирующих уровень взаимных помех при их работе. Первое направление связано с совершенствованием технических характеристик аппаратуры, второе — с выработкой норм и правил, обеспечивающих эффективное использование РТС без взаимных помех. Особое внимание при этом уделяется рациональному использованию радиочастотного спектра.

Использование радиочастотного спектра контролируется Международным союзом электросвязи (МСЭ), являющимся специальным органом ООН. МСЭ издает Регламент радиосвязи, определяющий нормы и правила использования РТС.

Отечественная нормативно-техническая документация издается Государственной комиссией по радиочастотам (ГКРЧ) и Государственным комитетом по стандартам.

Особенности эксплуатации радиооборудования в судовых условиях отражены в специальных нормативных документах (отраслевых стандартах, руководящих документах и требованиях) Службы морского флота.

## Принцип действия НРЭС-ЗП

### Обобщенная функциональная схема НРЭС-ЗП

Обобщенная функциональная схема НРЭС-ЗП отличается от схемы НРЭС-ПИ только отсутствием внешнего источника информации и линии передачи НП от него в ДЭК, поэтому в НРЭС-ЗП в ДЭК закладываются значения только величин ТП и на его выходе нет РНП.

Роль ДЭК обычно выполняют *генераторы*, которые вырабатывают низкочастотные (НЧ) РИ или ВИ с заданными значениями величин параметров.

ЭК с выхода ДЭК проходят ПРД и  $A_{\text{прд}}$  как и в НРЭС-ПИ.

В НРЭС-ЗП в качестве линии трансляции применяется только радиолиния, в которой радиоволна может распространяться от  $A_{\text{прд}}$  к  $A_{\text{прм}}$  двумя путями:

1) *прямой*, при котором проходящее к  $A_{\text{прм}}$  электромагнитное поле не содержит РНП, но его формируют таким, чтобы его параметры были разными в разных точках пространства, при этом НП представляют собой координаты места положения  $A_{\text{прм}}$ ;

2) *переотраженный* находящимся в пространстве объектом, при котором в отраженной волне появляется РНП, несущий информацию о НП отражающего объекта.

В результате в ЭК на выходе  $A_{\text{прм}}$  появляется РНП, несущий информацию или о месте положения этой антенны, или о параметрах переизлучающего внешнего объекта, в том числе о его координатах.

НП, получаемые в конечном устройстве из РНП часто называют *первичными НП* (ПНП). Последние далее могут подвергаться дополнительной обработке с целью выработки *вторичных НП* (ВНП), несущих дополнительную информацию. Например, из последовательно получаемых ПНП — координатах переизлучающего внешнего объекта, вырабатывают ВНП — параметры его движения.

## *Навигационные радиолокационные системы*

**Навигационные радиолокационные системы (НРЛС)** выдают информацию о наблюдаемых с их помощью окружающих объектах, называемых *радиолокационными целями (РЛЦ)*, среди которых различают *пассивные РЛЦ* (отражающие проходящие радиоволны) и *активные РЛЦ* (излучающие собственные радиоволны по приходу облучающей волны).

К НРЛС относятся:

- 1) судовые радиолокационные станции (СРЛС);
- 2) система радиолокационного обнаружения береговых ориентиров (РЛОБ);
- 3) система радиолокационного обнаружения судов в бедствии (РЛОС).

Судовые радиолокационные станции по объему обрабатываемой и представляемой информации бывают аналоговые и цифровые.

Аналоговая СРЛС предоставляет судоводителю информацию о наблюдаемых РЛЦ в виде *радиолокационной картины (РлК)*, из которой он извлекает данные о параметрах их положения при помощи встроенных в СРЛС измерителей — *дальномера* и *направлиемера* (измерителя направлений).

В цифровой СРЛС процессы получения информации о наблюдаемых РЛЦ автоматизированы за счет применения цифрового процессора, обрабатывающего принятые сигналы.

Индикаторы цифровых СРЛС, в зависимости от уровня автоматизации обработки и отображения в них информации, подразделяют на **виды**:

- *средство электронной прокладки (СЭП)*, обеспечивающее автоматизированную обработку информации до 10 РЛЦ;
- *средство автосопровождения (САС)*, обеспечивающее автоматическую обработку информации до 10 РЛЦ;
- *средство автоматической радиолокационной прокладки (САРП)*, обеспечивающее автоматическую обработку информации до 20 РЛЦ.

# Глава 3. ГЛОБАЛЬНАЯ МОРСКАЯ СИСТЕМА СВЯЗИ ПРИ БЕДСТВИИ И ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

## Общие сведения о системе

### *Назначение, состав, функции, параметры*

Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ) — Global Marine Distress Safety System (GMDSS) предназначена для оповещения береговых поисково-спасательных служб об аварии и осуществления связи для обеспечения безопасности как своего судна, так и других судов, находящихся в районе бедствия.

В ГМССБ входят следующие системы: МПС, ЦИВ, INMARSAT; NAVTEX; КОСПАС-SARSAT.

В соответствии с правилом 4 главы IV Конвенции СОЛАС-74 на ГМССБ возлагаются следующие функции:

- 1) передача оповещений о бедствии в направлении «судно – берег» по крайней мере двумя отдельными и независимыми средствами (Ship-to-shore distress alerting);
- 2) прием оповещений о бедствии в направлении «берег – судно» (Shore-to-ship distress alerting);
- 3) передача и прием оповещений о бедствии в направлении «судно – судно» (Ship-to-ship distress alerting);
- 4) передача и прием сообщений для координации поиска и спасания (Search and rescue co-ordination);
- 5) передача и прием сообщений на месте бедствия (On-scene communication);
- 6) передача и прием сигналов для определения местоположения (Transmission and receipt of locating signal);
- 7) передача и прием информации по безопасности на море (Transmission and receipt of maritime safety information);
- 8) передача и прием радиосообщений общего назначения через береговые системы или сети связи (General radio communication);
- 9) передача и прием сообщений «мостик – мостик» (Bridge-to-bridge communication).

Характеристики ГМССБ представляют собой совокупность характеристик входящих в нее систем.

## *Морские районы ГМССБ*

Учитывая, что различные системы, входящие в ГМССБ, имеют свои ограничения, связанные с зоной действия и видом предоставляемых услуг, требования к составу судового оборудования ГМССБ определяются исходя из района плавания.

Различают четыре морских района ГМССБ:

*Район А1* — район в пределах зоны действия в режиме радиотелефонии по крайней мере одной береговой УКВ-радиостанции, обеспечивающей постоянную возможность передачи сообщений с использованием ЦИВ (протяженность данной зоны зависит от высоты установки антенн береговой станции и может достигать 20–50 миль);

*Район А2* — район за пределами района А1, в пределах зоны действия в режиме радиотелефонии по крайней мере одной береговой ПВ-радиостанции, обеспечивающей постоянную возможность передачи сообщений с использованием ЦИВ (примерно 150 миль от береговой станции);

*Район А3* — район за пределами районов А1 и А2, в пределах зоны действия системы INMARSAT, обеспечивающих постоянную возможность оповещения о бедствии (примерно до 76 градуса северной и южной широт);

*Район А4* — район, оставшийся за пределами районов А1, А2 и А3.

## *Судовое оборудование ГМССБ*

В соответствии с Правилами по оборудованию морских судов Российского морского регистра судоходства (Часть IV Радиооборудование) к системе ГМССБ относятся:

- оборудование МПС;
- спутниковый АРБ системы КОСПАС-САРСАТ;
- устройство указания местоположения судна для целей поиска и спасания — радиолокационный ответчик судовой (РЛО судовой) или передатчик автоматической идентификационной системы судовой (передатчик АИС судовой);
- командное трансляционное устройство;
- устройство указания местоположения спасательного средства для целей поиска и спасания — радиолокационный ответчик спасательного средства (РЛОСС) или передатчик автоматической идентификационной системы спасательного средства (передатчик АИС спасательного средства).

## Система МПС

**Морская подвижная служба (МПС)** — это служба радиосвязи между береговыми и судовыми станциями, или между судовыми станциями, или между взаимодействующими станциями внутрисудовой связи; в этой службе могут также участвовать станции спасательных средств и станции радиомаяков — указателей места бедствия.

### *Типы радиосвязи и станций в МПС*

Радиосвязь в МПС подразделяется на следующие типы:

- 1) связь в случае бедствия, срочности и для обеспечения безопасности;
- 2) связь для обмена общественной корреспонденцией;
- 3) связь в службе портовых операций;
- 4) связь в службе движения судов;

5) внутрисудовая связь (внутренняя связь на борту судна, например, для передачи указаний при швартовке, или между судном и шлюпкой, или в группе буксируемых судов) с помощью маломощной подвижной станции морской подвижной службы;

б) связь между судами.

### **Типы станций в МПС:**

- *судовая станция* — подвижная станция МПС, установленная на борту судна, не закрепленная постоянно на одном месте, не являющаяся станцией спасательного средства;
- *береговая станция* — сухопутная станция морской подвижной службы;
- *портовая станция* — береговая станция портовой службы;
- *лоцманская станция* — станция лоцманской службы;
- *станция воздушного судна* — подвижная станция воздушной подвижной службы, не являющаяся станцией спасательного средства, установленная на борту воздушного судна;
- *станция СКЦ* — это береговая станция, закрепленная за данным *спасательно-координационным центром (СКЦ)*, обеспечивающая прием и передачу оповещений о бедствии и связь для координации проведения поисково-спасательных операций. СКЦ отвечает за организацию эффективного поиска и спасания и за координацию проведения поисково-спасательных операций в пределах поисково-спасательного района.

## *Состав судового оборудования МПС, частоты, обозначение*

Судовое оборудование системы МПС включает в себя следующие устройства:

1) УКВ-радиоустановка:

- кодирующее устройство ЦИВ;
- приемник для ведения наблюдения за ЦИВ;
- радиотелефонная станция;

2) ПВ-радиоустановка:

- кодирующее устройство ЦИВ;
- приемник для ведения наблюдений за ЦИВ;
- радиотелефонная станция;

3) ПВ/КВ-радиоустановка:

- кодирующее устройство ЦИВ;
- приемник для ведения наблюдения за ЦИВ;
- радиоприемник телефонии и УБПЧ;
- радиопередатчик телефонии, ЦИВ и УБПЧ;
- буквопечатающая аппаратура повышения верности;
- окончное устройство буквопечатания;

4) судовая земная станция ИНМАРСАТ;

5) система охранного оповещения;

6) приемник службы НАВТЕКС;

7) приемник расширенного группового вызова (РГВ);

8) приемник КВ буквопечатающей телеграфии для приема информации по безопасности в море (ИБМ);

9) УКВ-аппаратура двусторонней радиотелефонной связи с воздушными судами;

10) УКВ-аппаратура двусторонней радиотелефонной связи;

11) носимая аппаратура двусторонней радиотелефонной связи взрывозащищенного или искробезопасного исполнения (для аварийных пожарных партий);

12) УКВ аварийные радиобуи (АРБ).

## *Судовая земная станция INMARSAT*

**Судовая земная станция (СЗС) INMARSAT** представляет собой систему спутниковой связи и предназначена для обеспечения телефонной, телеграфной и факсимильной связи, а также для приема и передачи данных через геостационарные спутники международной системы INMARSAT и отечественные спутники «Горизонт».

СЗС INMARSAT обеспечивает двухстороннюю связь судов с различными береговыми абонентами через спутниковые и береговые ретрансляторы. Кроме того, в эту систему входят судовые аварийные радиобуи (АРБ), автоматически передающие на берег сигналы бедствия.

### **INMARSAT состоит:**

- из четырех спутников, «освещающих» земной шар в пределах от  $70^{\circ}$  с.ш. до  $70^{\circ}$  ю.ш.;
- береговых станций спутниковой связи;
- мобильных станций спутниковой связи, устанавливаемых на судах.

## *Система NAVTEX*

**NAVTEX** является односторонней НРЭС-ПИ, осуществляющей передачу навигационных и метеорологических извещений, предупреждений и другой срочной информации с берега на суда в режиме УБПЧ связи. Система NAVTEX является международной автоматизированной и поддерживается рядом стран в области сотрудничества по ГМССБ.

NAVTEX состоит из береговых станций, работающих на частоте 518 кГц, и судовых приемников, которые обязательны на судах с 1993 года. Работа между станциями и приемниками ведется на английском языке и осуществляется по расписанию.

## *Система КОСПАС-SARSAT*

**КОСПАС-SARSAT** — это международная космическая система поиска и спасения терпящих бедствие судов, совместно разработанная СССР (КОСПАС — *космическая система поиска аварийных судов*) и США (SARSAT — *Search and rescue satellite-aided tracking*).

Сама система состоит из пункта приема информации (ППИ) на суше, спутниковой группировки и АРБ, находящихся на судах и срабатывающих при аварийных ситуациях.

Спутниковая группировка находится на орбите в 800–1000 км от поверхности Земли.

АРБ излучают стандартные аварийные сигналы, которые принимаются спутником и далее передается в ППИ, при этом принятые спутником сигналы записываются в память спутника для последующей его ретрансляции в службу спасения. Кроме того, спутники измеряют доплеровскую частоту РС АРБ и передают результаты измерений в ППИ, где по ним определяются координаты АРБ.

Слабым местом системы КОСПАС-SARSAT является отсутствие полного покрытия поверхности Земли и задержка получения в ППИ информации от АРБ до двух и более часов — время полета спутника к месту работы АРБ и его дальнейшего движения до зоны видимости ППИ.

## *Аварийные радиобуи*

Существуют три типа аварийных радиобуев (АРБ — EPIRB — Emergency Position Indicating Radio Beacon):

- 1) АРБ системы КОСПАС-SARSAT;
- 2) АРБ системы INMARSAT;
- 3) АРБ УКВ диапазона.

В соответствии с существующими требованиями АРБ обладает следующими **свойствами**:

- имеет местное ручное и дистанционное включение с ходового мостика;
- автоматически отделяется от судна и включается после всплытия; устройство отделения АРБ автоматически срабатывает на глубине 4 м при любой ориентации судна;
- снабжен плавучим линем, пригодным для использования в качестве буксира, и лампочкой, автоматически включающейся в темное время суток;
- выдерживает сбрасывание в воду без повреждений с высоты 20 м;
- работает в течение не менее 48 ч (источник питания АРБ INMARSAT обеспечивает работу передатчика в течение 4 ч, если не предусмотрено встроенное устройство для автоматического обновления данных о местоположении);
- имеет на наружной стороне корпуса краткую инструкцию по эксплуатации и дату истечения срока службы батареи;
- имеет функции проверки работоспособности;
- устойчив к воздействию морской воды и нефти;
- имеет хорошо видимый желтого/оранжевого цвет и полосы светоотражающего материала;
- легко приводится в действие неподготовленным персоналом;
- оборудован соответствующими средствами защиты от несанкционированного включения.

## Цифровой избирательный вызов

**Цифровой избирательный вызов** (ЦИВ — DSC) реализован взамен несения слуховой вахты на частотах 500,2182 кГц и 156,8 МГц (16 канал УКВ), а также в КВ-диапазонах.

Передача сигналов ЦИВ происходит на специально выделенных частотах для аварийной и общественной радиосвязи. ЦИВ служит для посылы информационного сигнала одному абоненту или группе абонентов, который содержит в себе информацию о потребности выхода на радиосвязь со станцией, пославшей сигнал. Дальше коммутация между станциями происходит на УБПЧ или по радиотелефону, на частотах, отведенных для этих целей.

В аварийных сообщениях отправляются следующие данные: идентификатор судна (MMSI), координаты судна, время, причина посылы аварийного сигнала и последующие способы связи с судном.

Системообразующими элементами ЦИВ являются УКВ и ПВ/КВ радиостанции, имеющие в своем составе устройства (модемы), способные автоматически формировать, передавать и принимать сообщения.

Для работы в системе ЦИВ каждой радиостанции присваивается *индивидуальный идентификационный номер* MMSI (Maritime Mobile Service Identify) **MIDXXXXXX**, где **MID** — цифровой код страны (код России — 273); **XXXXXX** — индивидуальный номер судна.

## Система ЦИВ применяется:

- 1) для оповещения о бедствии, подтверждения приема вызова бедствия, ретрансляцию вызова бедствия;
- 2) извещения судов о предстоящей передаче сообщений о срочности;
- 3) извещения о передаче навигационных сообщений;
- 4) опроса координат судна;
- 5) установления связи на рабочем канале;
- 6) соединения через береговую станцию с береговой телефонной сетью.

При передаче вызова о бедствии *в состав сообщения входят:*

- тип бедствия;
- координаты судна;
- время определения передаваемых координат;
- вид последующей связи.

В системе МПС для ЦИВ выделены следующие *частоты:*

**УКВ** (156–174 МГц) — на частотах 156,525 МГц;

**ПВ** (1605–4 000 кГц) — на частотах 2177; 2187,5 и 2189,5 кГц;

**КВ** (4–27,5 МГц) — пять частот для аварийного посылы сигнала.

На данных частотах при нахождении в море ведется постоянная вахта в автоматическом режиме, для чего предусмотрен отдельный приемник, работающий только на этих частотах.

## **Оборудование ЦИВ включает в себя средства:**

- декодирования и кодирования сообщений ЦИВ;
- необходимые для составления сообщения ЦИВ;
- проверки подготовленного сообщения до его передачи;
- отображения информации, содержащейся в полученном вызове в ясной форме;
- ручного и автоматического ввода информации о местоположении судна;
- ручного и автоматического ввода времени, на которое было определено местоположение;
- памяти, обеспечивающей хранение в устройстве ЦИВ по крайней мере 20 полученных сообщений о бедствии.

## **Оборудование ЦИВ обеспечивает:**

- передачу сообщения о бедствии нажатием на специальную клавишу, при этом передатчик автоматически переключается на нужный канал;
- декодирование и кодирование форматов ЦИВ, их набор и проверку;
- хранение до прочтения не менее 20 принятых сообщений о бедствии;
- сканирование всех выбранных каналов при использовании сканирующего приёмника для несения непрерывного наблюдения на более чем одном канале бедствия ЦИВ;
- подготовку и подачу вызовов бедствия и безопасности с места, откуда обычно осуществляется управление судном;
- приоритет подачи вызовов бедствия по отношению к любой другой работе ЦИВ;
- хранение данных самоидентификации;
- проверку оборудования ЦИВ без излучения сигналов;
- звуковую и световую сигнализацию, срабатывающую после приема вызова бедствия или срочности, или вызова, имеющего категорию бедствия, а также других вызовов, не являющихся вызовами при бедствии и срочности.

## Автоматическая информационная система

**Автоматическая информационная система (АИС)** представляет собой дуплексную НРЭС-ПИ, осуществляющую автоматический обмен информацией между судами и береговыми центрами в автоматически назначаемой очередности.

**АИС предназначена:**

- 1) для обмена навигационными данными между судами при их расхождении в море;
- 2) передачи данных о судне и его грузе в береговые службы;
- 3) передачи с судна навигационных данных в СУДС с целью обеспечения более точной и надежной его проводки.

По каналам АИС с берега могут передаваться навигационные и метеорологические предупреждения на суда в прибрежных водах.

АИС автоматически осуществляет:

- предоставление соответствующим образом оборудованным береговым станциям, другим морским и воздушным судам информации, включающей идентификацию судна, его тип, координаты, курс, скорость, эксплуатационное состояние судна и другой связанной с безопасностью информации;
- прием такой информации от подобным образом оборудованных судов;
- сопровождение наблюдаемых судов;
- обмен данными с береговыми средствами.

## В состав судового оборудования АИС входят:

- связной процессор;
- устройство обработки данных от электронной позиционной системы;
- средства автоматического ввода данных от других источников информации;
- устройство ввода и восстановления данных вручную;
- средство контроля достоверности передаваемых и принимаемых данных;
- встроенная система автоматического контроля работоспособности.

## Глава 4. СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

### ГЛОНАСС

**Глобальную навигационную спутниковую систему (ГЛОНАСС)** в существующей литературе часто называют *квазидальномерной* (как бы дальномерной) при определении координат и *квазидоплеровской* при определении скорости на том основании, что в ней ПНП (дальность и скорость) определяются с заметной погрешностью.

Опираясь на общую инженерную практику, в которой величина погрешности измерения не является причиной для изменения понятия измеряемой величины, далее будем применять указанные термины без приставки «квази».

## *Назначение, состав*

ГЛОНАСС предназначена для определения параметров положения и движения пользователей, а также точного времени, в любой точке земного шара и практически в любых погодных условиях.

ГЛОНАСС представляет собой комбинированную НРЭС-ЗП, **включающую в себя:**

- фазовую (РНП — разность фаз) дальномерную (ПНП — дальность до спутника) СНС для определения координат судна — носителя ПИ;
- частотную (РНП — доплеровская частота, ПНП — скорость относительно спутника) СНС для определения параметров движения судна — носителя ПИ;
- фазовую разностно-дальномерную СНС для определения параметров положения своего судна —  $K_{и.с}$ , крен, дифферент;
- высокоточный датчик времени.

Передающую подсистему ГЛОНАСС представляет *орбитальная группировка спутников (ОГС)*.

Приемную подсистему ГЛОНАСС представляют ПИ различных потребителей.

Подсистему управления ГЛОНАСС *представляет наземный комплекс управления (НКУ) и ПУ, встроенные в ПИ.*

## *Орбитальная группировка спутников*

ОГС состоит из 24 спутников, равномерно распределенных на трех круговых орбитах, плоскости которых разнесены по долготе на  $120^\circ$  ; высота орбит 19 100 км (такая высота орбиты считается средней и спутники называются *среднеорбитальными*), наклон орбиты около  $65^\circ$  ; период обращения спутника — 11 ч 15 мин. Такая конфигурация ОГС позволяет обеспечить непрерывное и глобальное покрытие земной поверхности и околоземного пространства радионавигационным полем.

Спутники ГЛОНАСС формируют РНП двух типов: *стандартной точности* (СТ) в диапазоне L1 (1,6 ГГц) и *высокой точности* (ВТ) в диапазонах L1 и L2 (1,2 ГГц). РНП СТ доступны всем потребителям на постоянной и глобальной основе. РНП ВТ предназначены пока для потребителей МО РФ, поэтому далее их характеристики не рассматриваются.

Кроме того, в **функции спутников ГЛОНАСС** входят:

- прием, хранение и передача цифровой специальной информации;
- формирование, оцифровка и передача сигналов точного времени;
- ретрансляция или излучение сигналов для проведения траекторных измерений в НКУ для контроля орбиты и для определения поправок к верхней шкале времени;
- прием и обработка разовых команд;
- прием, запоминание и выполнение программ управления режимами функционирования спутника на орбите;
- формирование телеметрической информации о состоянии бортовой аппаратуры и передача ее в наземный комплекс управления;
- прием и выполнение кодов/команд коррекции и синфазирования бортовой шкалы времени;
- формирование и передача признака неисправности при выходе важных контролируемых параметров за пределы нормы.

**В состав бортовой аппаратуры спутника** входят:

- навигационный комплекс;
- комплекс управления;
- система ориентации и стабилизации;
- система коррекции;
- система терморегулирования;
- система электроснабжения.

**Состав навигационного комплекса:**

- бортовое синхронизирующее устройство (БСУ);
- формирователь навигационных радиосигналов на базе бортового компьютера;
- приемник навигационной информации;
- передатчик навигационных радиосигналов.

## *Приемоиндикаторы*

Принимаемая антенной ПИ М-последовательность РС спутника декодируется и составляющие ее РИ синфазно складываются в суммарный  $РС_{\Sigma}$ , по которому далее выполняется измерение РНП.  $РС_{\Sigma}$  многократно превышает уровень помех, поэтому влияние последних на точность измерения параметров РНП будет незначительным.

Дальность до спутника определяется в ПИ по измеренной разности фаз принятого  $РС_{\Sigma}$  и излучаемого спутником РИ, в качестве аналога которого в ПИ выступает опорное колебание, вырабатываемое из частоты генератора часов.

## *Наземный комплекс управления*

**Наземный комплекс управления (НКУ)** предназначен для контроля правильности функционирования ОГС, выдачи на спутники команд управления и данных.

НКУ состоит из ЦУС и сети станций измерения, управления и контроля, рассредоточенной по всей территории России.

**НКУ состоит** из взаимосвязанных стационарных элементов:

- ЦУС (г. Краснознаменск Московской обл.);
- сеть контрольных станций (КС);
- лазерные станции (ЛС);
- аппаратура контроля навигационного поля (АКНП).

**НКУ выполняет следующие функции:**

- проведение траекторных измерений для определения, прогнозирования и уточнения параметров орбит всех спутников;
- временные измерения для определения расхождения *бортовых шкал времени* (БШВ) всех спутников со шкалой времени системы (верхней шкалой), синхронизация БШВ каждого спутника с временной шкалой ЦУС и *службы единого времени* (СЕВ) путем синхронизации и коррекции БШВ;
- формирование массива служебной информации, содержащего спрогнозированные эфемериды, альманахи и частотно-временные поправки (ЧВП) к БШВ каждого спутника и другие данные для формирования навигационных кадров;
- передача массива служебной информации в память бортовой ЭВМ каждого спутника и контроль за ее прохождением;
- контроль по телеметрическим каналам работы бортовых систем спутников и диагностика их состояния;
- контроль информации в навигационных сообщениях спутников, прием сигнала от НКУ;
- управление полетом спутников и работой их бортовых систем;
- контроль характеристик навигационного поля;
- определение сдвига фазы дальномерного навигационного сигнала спутников по отношению к фазе сигнала ЦУС;
- планирование работы всех технических средств НКУ, автоматизированная обработка и передача данных между его элементами.

# GPS — NAVSTAR

## *Состав, особенности функционирования*

**Global Positioning System (GPS)** — система глобального позиционирования, обеспечивает определение местоположения ПИ во *всемирной системе координат (WGS-84)* и точного времени в системе всемирного гринвичского времени (UTC).

Позволяет в любом месте Земли (исключая приполярные области), почти при любой погоде, а также в околоземном пространстве определять местоположение и скорость объектов. Система разработана, реализована и эксплуатируется МО США, при этом в настоящее время доступна для использования в гражданском секторе.

GPS также называется **NAVSTAR** (Navigation Satellite Providing Time and Ranges) — навигационная спутниковая система для определения времени и расстояний.

## *Точность определения места*

В принципе вопросы точности измерения можно рассматривать только в тех случаях, когда обеспечен устойчивый прием сигналов спутников. Уменьшить точность могут также задержки сигнала в верхних слоях атмосферы, отражения сигнала от местных предметов и неблагоприятная геометрия размещения видимых спутников. Погода и время суток не влияют на качество приема сигналов.

В режиме S/A точность определения координат не превышает 100 м.

В R-режиме для современных гражданских 12-канальных приемников средняя точность измерений составляет 15 м.

Точность определения скорости — 0,2 м/с.

Упомянутая точность относится к одночастотным навигационным приёмникам, которые способны измерять положение раз в секунду.

Типовая точность современных ПИ в плоскости горизонта составляет примерно 6–8 м при хорошей видимости спутников и использовании алгоритмов коррекции. Станции дифференциальных поправок повышают точность до 1–2 м. При использовании специальных дифференциальных режимов точность может достигать 10 см на относительно небольших площадях — зонах действия специальных ДСНС.

## *Избирательная доступность*

**Избирательная доступность** — это преднамеренное ухудшение точности определения места по СНС с целью ограничения возможности использования потребителем полной точности GPS.

Система GPS принадлежит Министерству обороны США и ее гражданский сегмент может быть отключен как полностью, так и по регионам при наличии угрозы национальной безопасности США. В связи с этим в руководстве к GPS-ПИ имеется предупреждение, что пользователь должен всегда быть готов ориентироваться без GPS, а производитель снимает с себя ответственность за любые последствия его отказов.

Составляющие погрешности GPS те же, что и для ГЛОНАСС. Однако при намеренно вводимой псевдослучайной помехи погрешность определения координат в GPS возрастает в 3 раза, а погрешность измерения скорости в 1,7 раз.

«Галилео» (англ. *Galileo*) — глобальная спутниковая навигационная система (СНС), совместный проект ЕС и Европейского космического агентства. Помимо ЕС в проекте участвуют: Китай, Израиль, Южная Корея, Украина.

Система предназначена для решения геодезических и навигационных задач.

Всего в этой СНС 30 спутников, 27 рабочих и 3 резервных. Высота орбиты около 23 000 км или 29 600 км от центра Земли. Один виток около 14 ч. Орбита под углом  $56^\circ$  экватору. Центр управления — в Фучино (Италия).

Наземная инфраструктура имеет три центра управления и глобальную сеть передающих и принимающих станций.

В отличие от GPS и ГЛОНАСС система «Галилео» не контролируется национальными военными ведомствами. Разработку системы осуществляет Европейское космическое агентство.

## Дифференциальные подсистемы спутниковых навигационных систем

Находящиеся в эксплуатации спутниковые навигационные системы GPS и ГЛОНАСС были одобрены Международной морской организацией (International Marine Organization — IMO) в качестве компонентов Всемирной радионавигационной системы. При одобрении систем GPS и ГЛОНАСС IMO отметила неспособность каждой из них обеспечить в штатном режиме точность, необходимую для безопасной навигации судов на подходах к портам и в узкостях, погрешность определения места в которых должна составлять не более 10 м.

Наиболее рациональным путем устранения указанного недостатка и улучшения основных характеристик систем GPS и ГЛОНАСС, необходимых для расширения их функциональных возможностей, является применение *дифференциального режима работы* этих систем (ДСНС-DGPS), позволяющего повысить точность радионавигационного обеспечения в рабочих зонах ДСНС. Для этой цели, а также для обеспечения проведения геодезических работ, на берегу устанавливаются контрольные ПИ системы и передатчики для обеспечения корректировки результатов измерений на окружающих судах в реальном масштабе времени. ДСНС исключает ошибку, которую вносит избирательная доступность, и ошибки, вызываемые изменениями в ионосфере, что приводит к точности определения местоположения до 1–5 м.

# Глава 5. Радионавигационные системы «Loran-C» и «Чайка»

## Общие сведения

Из созданных до настоящего времени наземных РНС (Лоран-А, Декка, Альфа, Омега) продолжают действовать ИФРНС — американская «Loran-C» (LONg RANge Navigation) и отечественная «Чайка». Они характеризуются большим количеством ПИ, относительно небольшими эксплуатационными расходами, своим радионавигационным полем покрывают практически все маршруты движения морского и воздушного транспорта на побережье США, Канады, Великобритании, Франции, России и других стран. Ведутся работы по объединению цепей ИФРНС «Loran-C» и «Чайка» в общую систему.

Указанные ИФРНС схожи между собой по принципу действия и характеристикам, поэтому далее рассмотрим получившую большее распространение «Loran-C».

## Состав, особенности функционирования

Стандартная цепь ИФРНС состоит из излучающих станций — *ведущей (Master)*, обозначаемой «М», и до четырех *ведомых (Slave)*, обозначаемых в РНС «Loran-C» буквами W, X, Y, Z, а в РНС «Чайка» — буквами Б, В, Г, Д или цифрами 1, 2, 3, 4.

Все станции всех цепочек излучают РИ на одной несущей частоте, что освобождает от перестройки приемника ПИ в процессе его использования.

Цепочки отличаются друг от друга длительностью цикла (периодом следования) излучений станций, что позволяет распознавать их РС по этому параметру; *номер цепочки* (обозначение) представляет собой его закодированное значение.

За счет кодовой задержки излучений ведомых станций цепочки в любой точке зоны действия ИФРНС обеспечивается раздельное и последовательное поступление сигналов М-W-X-Y-Z.

Для обеспечения синфазности излучений станций цепочки их РЧ формируются на базе высокостабильных цезиевые опорных генераторов, а также излучение всех цепей «Loran-C» синхронизируется *Всемирным координированным временем (UTC)*. В состав каждой цепи входят 1–2 контрольных пункта, на которых периодически проверяется взаимный временной сдвиг излучаемых РИ и вырабатываются управляющие сигналы для *сведения временных шкал* (синфазирования) излучений береговых станций.

## Основные характеристики импульсно-фазовой радионавигационной системы

ИФРНС работают в ДВ диапазоне на единой для всех станций всех цепочек РЧ 100 кГц.

Дальность действия ИФРНС по поверхностным сигналам при распространении их над морем составляет ночью до 500–700 миль, а днем до 1000–1200 миль с погрешностью определения места 90–150 м.

Использование пространственных сигналов увеличивает дальность действия системы в 2 раза с одновременным ухудшением погрешности определения места до 1,5–3 миль.

При расстоянии 300–500 миль от ведущей станции СКП определения места составляет от 60 до 200 м. Вблизи районов с резким изменением проводимости трассы распространения радиоволн (суша-море) возникают «местные» систематические погрешности в измерениях, поэтому для морских районов западного и восточного побережья США изданы *таблицы поправок ASF* (Additional Secondary Factor) за отклонение фазовой скорости распространения радиоволн от принятой. Максимальные поправки ASF для отсчетов координат по поверхностным сигналам могут достигать более 1 км.

# Глава 6. СУДОВЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ

## Состав судовой радиолокационной станции

СРЛС является автономной НРЭС-ЗП, все оборудование которой находится на судне, кроме наблюдаемых (отражающих) РЛЦ.

Обобщенная функциональная схема СРЛС (рис. 6.1) получается из схемы НРЭС-ЗП (см. рис. 2.1) с учетом следующих особенностей СРЛС:

- ДЭК встраивается в ОУ в виде *синхронизатора*;
- ОУ называется *индикатором*;
- подсистема контроля и управления встраивается в ОУ в виде ПУ;
- процессы излучения РИ и приема отраженных от РЛЦ сигналов совмещенной антенной разнесены во времени — короткое излучение РИ и затем относительно долгий прием отраженных сигналов.

В ряде СРЛС приборы АПУ и ПРП объединяются в единый модуль *антенно-приемопередатчик* (АПП), что позволяет существенно сократить длину фидера связи  $A_{ПП}$  с ПРП и уменьшить в нем потери энергии излучаемого РИ и принимаемого РС.

Синхронизатор предназначен для взаимной увязки во времени (синхронизации) работы всех узлов СРЛС, прежде всего — передатчика и индикатора; представляет собой *автоколебательный генератор* коротких ВИ с заданной величиной периода следования ( $T_{СИ}$ ), называемых синхронизирующими импульсами или *синхроимпульсами* (СИ).

ПРД представляет собой ждущий генератор РИ с внешним запуском от СИ, построенный на магнетроне (генератор мощных СВЧ РИ).

ДВА осуществляет ее вращение в горизонтальной плоскости с заданной *скоростью вращения антенны* ( $\Omega_A$ ), обычно измеряемой в оборотах в минуту (об/мин).

ВВП исключает скручивание фидера (волновода или кабеля), связывающего прибор ПРП с вращающейся антенной.

ПРМ выполняется по супергетеродинной схеме с полосой пропускания, равной ширине спектра полезных сигналов, что обеспечивает определенную фильтрацию (подавление) принятых антенной внешних помех, так как у них ширина спектра больше полосы пропускания ПРМ.

Питание СРЛС осуществляется от *агрегата питания* (АГП), представляющего собой преобразователь бортовой электрической сети в специальную сеть питания СРЛС, или — *источник бесперебойного питания* (ИБП).

# Особенности радиолокационных эхо-сигналов

## *Переотражающие объекты в радиолинии*

Переотражение бывает активным и пассивным.

*Переотражение активное (ретрансляция)* реализуется ретрансляторами, представляющими собой устанавливаемые на Земле или спутниках приемопередающие устройства, которые принимают проходящие радиоволны, усиливают их и излучают (на той же или другой РЧ) в заданном направлении.

*Переотражение пассивное (отражение)* — процесс мгновенного преобразования проходящего к объекту электромагнитного поля в поверхностные токи объекта и обратно в (отраженное, вторичное) электромагнитное поле.

В зависимости от материала поверхности отражающего объекта поверхностные токи бывают двух типов:

1) *токи проводимости* (движение свободных электронов или ионов) в проводниках;

2) *токи смещения* (колебания молекул) в *непроводящих материалах* (не имеющих свободных электронов или ионов).

В зависимости от формы и размеров отражающих радиоволны объектов различают три типа отражения — зеркальное, диффузное, резонансное.

*Зеркальное отражение* дает гладкая плоская поверхность, шероховатость которой значительно меньше  $\lambda$  облучающей радиоволны, особенности которого описываются законами оптики. На принципах зеркального отражения создаются специальные уголкового отражатели, характеризующиеся большой отражающей способностью при незначительных размерах, применяемые для повышения дальности радиолокационного наблюдения/обнаружения небольших объектов, например, спасательных плотов и шлюпок.

*Диффузное (хаотическое)* отражение дает поверхность с большой шероховатостью или множественными неровностями.

*Резонансное* отражение дают элементы конструкции, кратные  $\lambda$  облучающей радиоволны и соизмеримые с ней, в связи с чем при таком отражении объект с небольшими размерами формирует отраженную радиоволну относительно большой мощности.

## *Радиолокационные модели РЛЦ*

Любое техническое средство наблюдения работает в ограниченном диапазоне волн и характеризуется тем, что в принимаемом им сигнале, несущем информацию о наблюдаемом объекте, последний отображается не полностью — наблюдателю предоставляются данные лишь определенной части наблюдаемого объекта, зависящей от характеристик выбранного средства наблюдения. При использовании радиолокационных средств наблюдения такую часть называют **радиолокационной моделью (РЛМ)** наблюдаемого объекта.

Тип РЛМ определяется сопоставлением размеров РЛЦ с размерами разрешаемой площадки  $S_p$ . Остальные РЛМ, не относящиеся к классу точечных, можно назвать *распределенными РЛМ* — состоящими из множества БТ, некоторым образом распределенных в пространстве в пределах объема, занимаемого наблюдаемой РЛЦ (рис. 6.4).

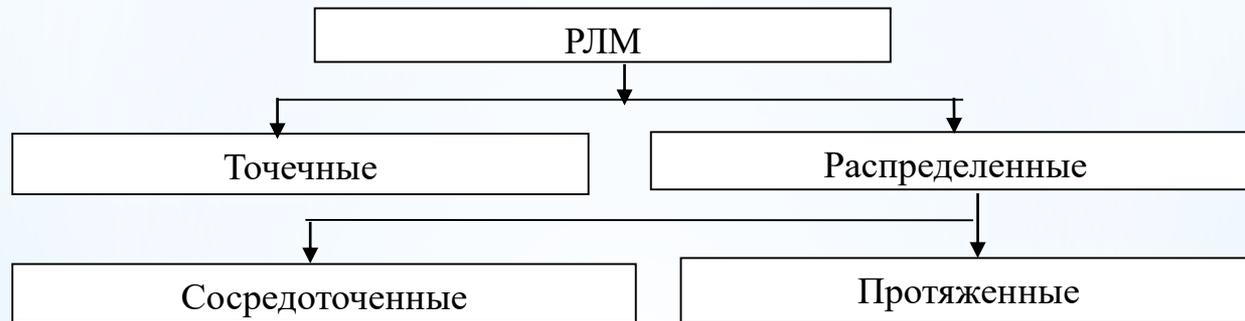


Рис. 6.4. Схема классификации РЛМ по размерам

Распределенные РЛМ можно разделить на классы *сосредоточенных* и *протяженных*, при этом к сосредоточенным отнести такие РЛМ, размеры которых соизмеримы с размерами разрешаемой площадки  $S_p$ ; подкласс протяженных образуют РЛМ, у которых хотя бы один из размеров значительно превышает соответствующий размер  $S_p$ .

## *Радиолокационные модели судов*

Сравнение габаритных размеров в горизонтальной плоскости типовых морских судов с типовыми размерами  $РСД_{пот}$  и  $РСН_{пот}$  СРЛС (десятки-сотни метров) показывает, что РЛМ большинства судов, за исключением малых плавсредств, входящих в первую тоннажную группу, следует отнести к сосредоточенным поверхностным РЛМ.

Для уточнения геометрических характеристик РЛМ судов отметим следующие особенности их конструкции:

- длина судна обычно в 5–7 раз превышает его ширину, при этом последняя зачастую бывает значительно меньше соответствующего размера разрешаемой площадки;
- конструкция судна относительно его диаметральной плоскости (ДП) симметрична;
- вдоль ДП судна можно выделить несколько обособленных частей его конструкции (борт, надстройки, развитые грузовые средства).

## Аналоговая СРЛС

Аналоговая СРЛС предназначена для выполнения двух функций:

- обеспечение возможности наблюдения (пользователем) окружающей обстановки, для чего на экране индикатора СРЛС формируется радиолокационная картина (РЛК) окружающей обстановки;

- обеспечение (пользователю) возможности измерения координат наблюдаемых РЛЦ, для чего в индикаторе СРЛС предусмотрены измерители координат — *радиолокационной дистанции и радиолокационного направления.*

## Измеритель радиолокационных дистанций

**Радиолокационная дистанция ( $D_p$ )** — это дальность до РЛЦ при условии, что в качестве наблюдателя выступает антенна РЛС, т. е. отсчет величины  $D_p$  осуществляется от излучателя антенны.

В СРЛС радиолокационные дальности измеряются косвенным методом на базе формулы:

$$D_p = c \cdot \Delta t / 2,$$

где  $c$  — скорость света (радиоволн);

$\Delta t = t_{\text{возвр}} - t_{\text{нач}}$  (см. рис. 6.10);

$t_{\text{нач}}$  — момент начала излучения ЗФ;

$t_{\text{возвр}}$  — момент возвращения ОФ.

Эта формула представляет аналитическое выражение процесса — радиоволна проходит две  $D_p$  (туда и обратно) за время  $\Delta t$  со скоростью  $c$ .

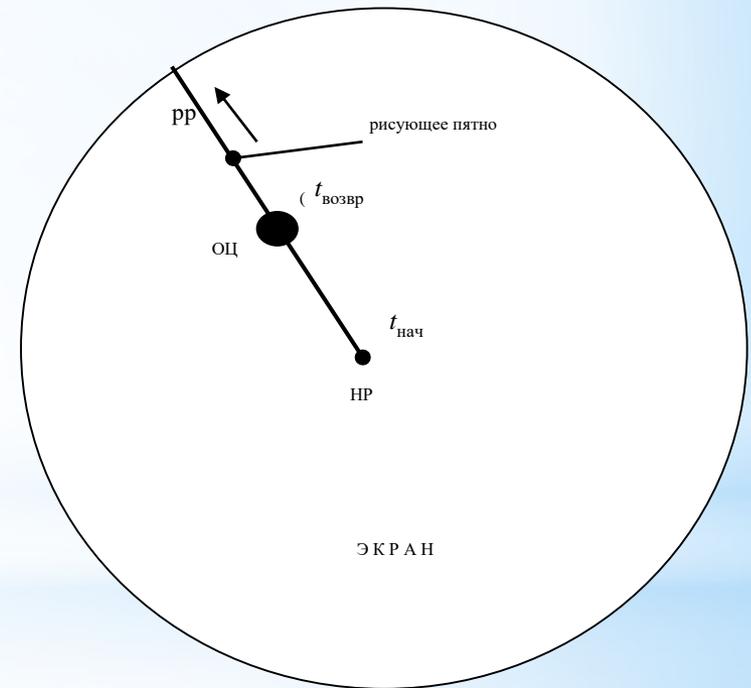


Рис. 6.10. Элементы дальномера на экране индикатора

## *Принципы формирования радиолокационной картины*

РлК представляет собой совокупность ОЦ, поэтому:

– неподвижная (относительно СРЛС) РЛЦ будет отображаться на экране неподвижной ОЦ, которая вспыхивает на радиальной развертке и далее остается в данном месте экрана и постепенно гаснет за счет памяти (послесвечения) люминофора, до следующего ее подсвета;

– движущаяся (относительно СРЛС) РЛЦ отображается скачущей от оборота к обороту радиальной развертки ОЦ, так как она высвечивается на экране в момент облучения РЛЦ и остается на месте до следующего облучения, т. е. ОЦ на экране показывает положение РЛЦ в момент ее последнего облучения;

– серия ОЦ от прошлых обзоров антенной РЛЦ образует ее след прошлого движения, длина которого в аналоговых СРЛС зависит от памяти люминофора экрана и яркости ОЦ.

Важнейшей особенностью РлК является то, что она формируется (рисуеться) *в динамике*, т. е. отображает движение РЛЦ. Согласно известному принципу относительности движения, при его отображении необходимо указывать — относительно какого объекта оно показано, что осуществляют путем выбора *рисующей системы отсчета*:

а) выбирают тип системы отсчета (*полярная* или *прямоугольная*);

б) привязывают нули отсчета координат к местности;

в) выбирают масштабы по осям отсчета величин координат.

# Цифровая СРЛС

## *Назначение и состав цифровой СРЛС*

Цифровая СРЛС включает в себя все возможности аналоговой СРЛС, а также автоматически определяет такие ПНП, как факты обнаружения РЛЦ и их координаты, осуществляет дополнительную их обработку с целью получения ряда ВНП, применяемых судоводителем в навигации. В связи с этим **назначением цифровой СРЛС** является:

- реализация назначения аналоговой СРЛС;
- автоматизация обнаружения РЛЦ — захват РЛЦ;
- автоматическое наблюдение за обнаруженными РЛЦ — автосопровождение РЛЦ;
- автоматическое измерение ПНП, называемое первичной обработкой радиолокационной информации (РЛИ);
- автоматизация выработки ВНП наблюдаемых РЛЦ, называемая вторичной обработкой РЛИ;
- предоставление ПНП и ВНП пользователю на экране индикатора в удобных для восприятия и анализа формах;
- выдача предупреждений о критических значениях ВНП.

## ***Функциональная схема обработки информации в САРП***

Индикатор/САРП автоматизирует работу судоводителя, поэтому в основу схемы обработки РЛИ в САРП положена процедура ее обработки судоводителем, состоящая из *шести этапов*:

- 1) обнаружение встречных судов;
- 2) определение координат обнаруженных встречных судов;
- 3) расчет величин параметров движения встречных судов;
- 4) расчет величин параметров сближения;
- 5) оценка ситуации встречи;
- 6) планирование маневра расхождения.

В связи с этим, рассматриваемая функциональная схема представляет собой последовательность выполнения указанных шести операций, автоматизируемую заложенной в РВ программой.

## Особенности представления информации в САРП

Облик экрана САРП обычно формируется в виде трех зон (рис. 6.17):

- зона радиолокационного обзора (зона РЛО);
- зона электронной линзы (зона ЭЛЗ);
- зона режимов и цифровых данных (зона РЦД).

– остальная часть экрана, кроме круглой зоны РЛО и зоны ЭЛЗ.

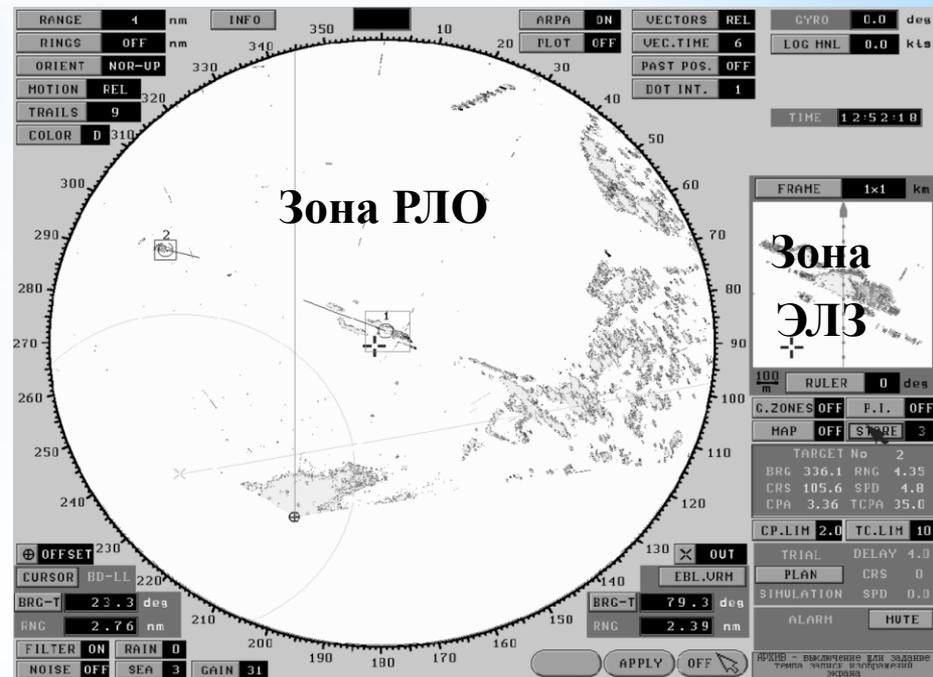


Рис. 6.17. Пример облика экрана САРП

## Параметры СРЛС

Учитывая, что САРП включает в себя возможности СЭП и САС, далее будем рассматривать характеристики только аналоговых СРЛС и цифровых СРЛС с САРП.

### *Технические параметры*

Для определения технических параметров СРЛС обратимся к ее входам/выходам в окружающее пространство, основными из которых являются (рис. 6.18):

- выход (ЗФ) и вход (ОФ) через антенну;
- вход от питающей сети;
- выход на пользователя через экран индикатора;
- выходы на пользователя от индикаторов контроля;
- входы от пользователя на органы управления.

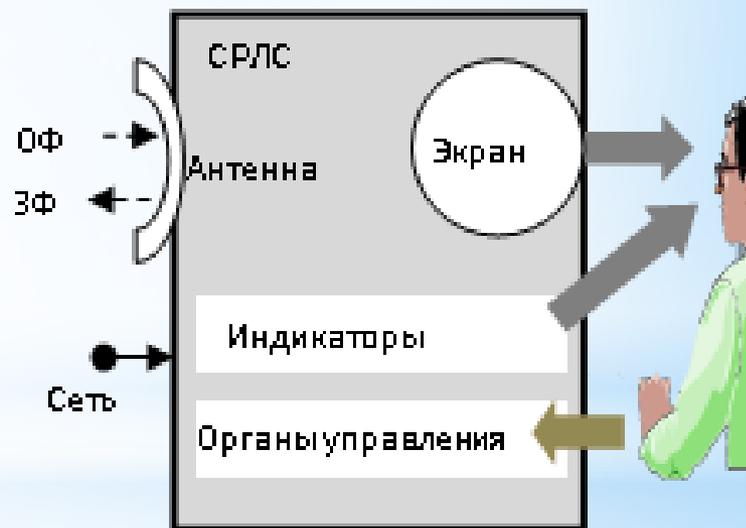


Рис. 6.18. Основные входы и выходы СРЛС

## *Эксплуатационные параметры*

В соответствии с назначением СРЛС ее эксплуатационные параметры можно разделить на три группы, показывающие:

- возможности обеспечения наблюдения;
- качество выполнения измерений координат и выработки НП.

Возможности обеспечения наблюдения характеризуются параметрами:

- *зоны действия СРЛС*, показывающей пределы нахождения наблюдаемых РЛЦ на поверхности моря, по ОЦ которых возможно измерение их радиолокационных координат с гарантированной точностью;
- *зоны видимости СРЛС*, показывающей пределы нахождения конкретной РЛЦ на поверхности моря, в которых обеспечивается ее радиолокационное наблюдение (наличие ОЦ на экране);
- *– подробности отображения на экране* окружающей обстановки.

# ИНТЕГРИРОВАННЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

## Назначение ИНС

**Интегрированная навигационная система (ИНС)** устанавливается на ходовом мостике судна, объединяет судовое навигационное оборудование и средства управления судном для снижения нагрузки на вахтенный персонал ходового мостика и лоцмана с целью безопасного и эффективного выполнения навигационных функций (рис. 7.1).



*Рис. 7.1. Вариант ИНС*

ИНС размещается на ходовом мостике судна и **обеспечивает:**

- управление всеми системами и устройствами судна;
- управление средствами судовой связи, в том числе спутниковой радиосвязи;
- сбор и обработку информации от технических средств судна;
- создание на основе собранной информации единой информационной базы данных;
- распределение информации и ее вывод на средства отображения для обеспечения выполнения должностными лицами своих обязанностей.

ИНС обеспечивает комбинированное решение таких навигационных задач, как предварительная и исполнительная прокладки, предотвращение столкновений, управление плаванием по маршруту с учетом данных, полученных от навигационного оборудования, отображение данных об эксплуатационном состоянии систем судна, а также управление аварийно-предупредительной сигнализацией, включая соответствующие источники информации, данные и средства их отображения, встроенные в единую навигационную систему.

## Датчики информации ИНС

В состав ИНС входят следующие датчики навигационной информации:

- электронная картографическая навигационная информационная система (ЭКНИС/ЭКС);
- две СРЛС;
- система управления положением и движением судна;
- регистратор данных о рейсе (РДР) — «черный ящик»;
- система обобщенной сигнализации по всем техническим средствам судна;
  - средства внешней и внутренней судовой связи, в том числе радиосвязи;
  - аппаратура АИС;
  - система приема карта прогноза погоды;
  - система приема данных об общей морской обстановке;
  - система дистанционной актуализации (корректировки) электронных карт;
  - телевизионная система наблюдения дневного и ночного видения с лазерной подсветкой целей.

## Основные функции ИНС

В соответствии с требованиями Российского морского регистра судоходства ИНС реализует следующие **функциональные модули**:

- интеграции навигационной информации;
- реализации требований в отношении решаемых задач;
- управления системой аварийно-предупредительной сигнализации.

# **БЕРЕГОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ**

## **Назначение СУДС**

Береговые **системы управления движением судов (СУДС)** являются неотъемлемой частью Государственной системы обеспечения безопасности мореплавания, создаются и действуют на акваториях морских портов и на подходах к ним, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилежащей зоне РФ.

СУДС относится к АС, поэтому рассматривается как совокупность зданий (сооружений), технических средств, персонала и эксплуатационной документации.

Районом действия СУДС является акватория с официально объявленными границами, в пределах которой СУДС обеспечивает выполнение своих функций и обладает определенными правами и ответственностью.

В зависимости от характеристик района действия различают СУДС *локальные (портовые, прибрежные)* и *региональные*.

Район действия портовой СУДС включает акваторию обслуживаемого порта и основные пути движения судов на подходе к порту. Портовые СУДС могут обслуживать несколько портов, имеющих общие подходные пути и/или акватории общего пользования.

Район действия прибрежной СУДС включает акваторию, расположенную во внутренних водах, территориальном море и прилегающей зоне РФ с расположенными на ней транзитными путями движения судов, районами промысла морепродуктов и добычи полезных ископаемых на шельфе.

Региональная СУДС образуется на основе информационной интеграции и координированной деятельности нескольких портовых или портовых и прибрежных СУДС. Район действия региональной СУДС является совокупностью районов действия портовых и прибрежных СУДС, образующих региональную СУДС.

В зависимости от размеров района действия, интенсивности движения судов, оснащённости техническими средствами, по результатам освидетельствования портовым и прибрежным СУДС присваивается одна из следующих **категорий**:

– *высшая категория* — для имеющих не менее трех *радиотехнических постов* (РТП), не менее трех рабочих мест операторов, оборудованных высокоточными техническими средствами контроля судоходной обстановки (РЛС, АИС, ТВ), средствами комплексной автоматической обработки информации, а также средствами ОВЧ радиосвязи с судами;

– *первая категория* — для имеющих не менее двух РТП, двух рабочих места операторов, оборудованных высокоточными техническими средствами контроля судоходной обстановки (РЛС и АИС), средствами автоматической обработки информации, а также средствами ОВЧ радиосвязи с судами;

– *вторая категория* — для оборудованных РЛС, близкими по характеристикам к судовым, средствами автоматической обработки радиолокационной информации, а также средствами ОВЧ радиосвязи с судами и АИС.

## Основные функции СУДС

На СУДС возлагается решение следующих задач обеспечения безопасности мореплавания в ее зоне действия:

- 1) организация движения судов;
- 2) контроль за положением и движением судов по фарватерам;
- 3) контроль за положением судов на якорных стоянках;
- 4) передача судам навигационной, оперативной и иной информации;
- 5) оказание помощи в судовождении.

Передача судам навигационной и иной информации по району действия СУДС осуществляется Центром управления движением (ЦУД) по объявленному расписанию, по запросу судна или по инициативе ЦУД.

## Особенности создания СУДС

СУДС относится к объектам, создание которых контролируется государством, в связи с чем предусмотрены:

- 1) финансирование и контроль создания СУДС государством;
- 2) система, организующая создание СУДС;
- 3) система, эксплуатирующая СУДС;
- 4) утвержденная нормативно-техническая база СУДС;
- 5) система сертификации оборудования и освидетельствования СУДС.

Министерство транспорта РФ, являясь компетентным органом по реализации международных договоров РФ в области мореплавания, организует создание и функционирование СУДС в соответствии с международными нормативно-правовыми документами и законодательством РФ.

## *Радиотехнические посты*

Основными средствами технического контроля обстановки в РТП являются береговые РЛС и АИС (рис. 8.1). РТП также может быть оборудован *дополнительными средствами получения и передачи информации:*

- системой телевизионного наблюдения (ТВС);
- радиостанцией (РСТ);
- автоматической гидрометеостанцией (ГМС);
- радиопеленгатором (РПН).

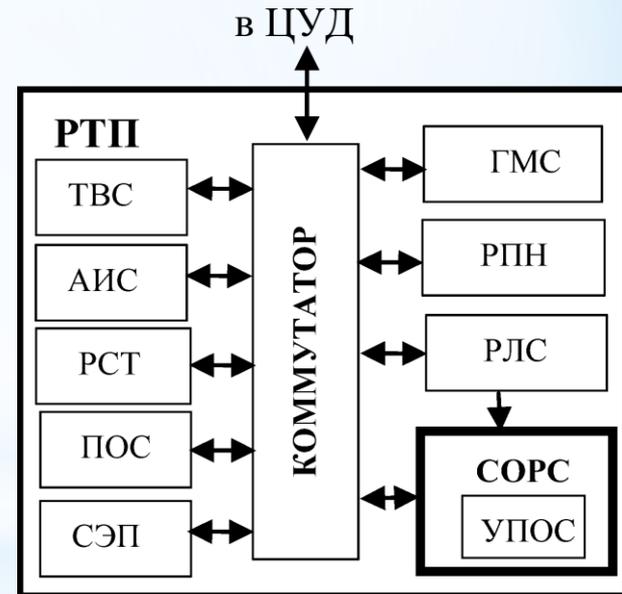


Рис. 8.1. Структурная схема РТП

## Основные характеристики оборудования СУДС

### *Характеристики береговых РЛС*

Береговые РЛС являются в СУДС основным техническим средством, обеспечивающим получение информации о судоходной обстановке в районе ее действия.

В соответствии с «Положением о совместном использовании РЭС Минобороны РФ и РЭС СУДС Минтранса РФ» береговым РЛС СУДС выделены полосы частот 2900–3400 МГц, 8850–9000 МГц, 9200–9500 МГц, 31,8–34,2 ГГц.

Максимальная импульсная мощность передатчиков РЛС не должна превышать:

- 30 КВт для портовых СУДС;
- 60 КВт для прибрежных СУДС.

Частота вращения антенн РЛС должна быть в пределах (16–24) об/мин.

Минимальная длительность зондирующих импульсов РЛС не должна превышать 0,05–0,07 мкс.

В рабочей зоне каждой РЛС должно располагаться не менее одного **репера** (точечной РЛЦ) на расстоянии до 5 миль от РЛС для контроля ее работоспособности и точности определения координат:

- по пеленгу — не более половины ширины ДНА;
- по дальности — не более 20 м.

## *Требования к средствам связи СУДС*

Средства связи СУДС должны обеспечивать:

- радиосвязь операторов СУДС с судами, находящимися в районе действия СУДС;
- передачу информации о состоянии судоходной и навигационной обстановки в районе действия СУДС от РТП в ЦУД;
- дистанционный контроль и управление техническими средствами РТП от ЦУД.

Радиосвязь операторов СУДС с судами, находящимися в зоне действия СУДС, осуществляется в ОВЧ диапазоне МПС. Прибрежные СУДС могут дополнительно использовать СЧ (ПВ) диапазон МПС.

## *Требования к базе данных СУДС*

Распределенная компьютерная база данных СУДС должна обеспечивать возможность ввода, обработки, хранения и вывода информации об обслуживаемых судах, месте их нахождения и перемещениях в районе действия СУДС.

Информация в базе данных СУДС *должна содержать сведения:*

- название, позывной, идентификатор морской подвижной радиослужбы (MMSI), IMO номер судна;
- флаг, судовладелец (оператор), агент судна;
- тип и основные размеры судна;
- порты (страны) отправления и назначения;
- даты и время входа в район действия СУДС и выхода из него;
- якорное место, грузовой терминал и номер причала;
- даты и время постановки на якорь или к причалу;
- осадка, вид и количество груза, наличие (количество) пассажиров при входе в район действия СУДС и при выходе из него;
- сведения о предыдущих посещениях судном района действия СУДС.

Доступ к базе данных СУДС должен быть обеспечен для каждого АРМ-О и для административного персонала СУДС.

# СХЕМОТЕХНИКА ОБОРУДОВАНИЯ НРЭС

## Датчики электрических колебаний

Датчики электрический колебаний (ДЭК) входят в состав передающей подсистемы НРЭС и предназначены для выработки ЭК в виде НЧ РИ или ВИ, которые далее поступают в ПРД.

Основу ДЭК составляют *генераторы* указанных типов ЭК, при этом в них закладываются все значения параметров, среди которых могут быть РНП (в НРЭС-ПИ) или только технические параметры (в НРЭС-ЗП). В ДЭК в качестве преобразователей НП в РНП применяются различной сложности устройства — от микрофонов до ПК.

## *Генераторы аналоговых ЭК*

**Генератор** — устройство, вырабатывающее ЭК с заданными величинами параметров путем преобразования энергии источника питания (источника постоянного тока) в требуемое ЭК; в радиоэлектронике термины «генерировать» и «вырабатывать» являются синонимами.

Различают генераторы автоколебательные и ждущие.

*Автоколебательный генератор* начинает работать (вырабатывать предусмотренное ЭК) при его техническом включении — подаче питания (ВКЛ-Т), при этом в нем задаются значения всех параметров вырабатываемого ЭК.

*Ждущий генератор* после ВКЛ-Т работу не начинает и ждет дополнительных внешних толчков (*внешнего запуска*), осуществляемого *запускающими импульсами* (ЗИ), поэтому ждущий генератор определяет значения всех параметров вырабатываемых ЭК за исключением их периода следования, который задают ЗИ. В связи с этим вырабатываемые ждущим генератором ВИ или РИ будут синхронными с ЗИ.

## Аналого-цифровое преобразование ЭК

К основным параметрам АЦП относятся:

- тип преобразуемой величины: напряжение, угол и др.;
- диапазон изменения входных величин;
- разрядность;
- погрешность преобразования;
- нелинейность преобразования;
- максимальная частота дискретизации.

В зависимости от принципа действия АЦП подразделяются на АЦП параллельного преобразования, поразрядного взвешивания, следящие, интегрирующие, многоканальные и др.

# Передатчики

## *Состав передатчика*

ПРД состоит из следующих функциональных узлов (рис. 9.3):

- усилитель низкочастотный (УНЧ);
- модулятор;
- усилитель радиочастотный (УРЧ);
- согласующее устройство (СУ).

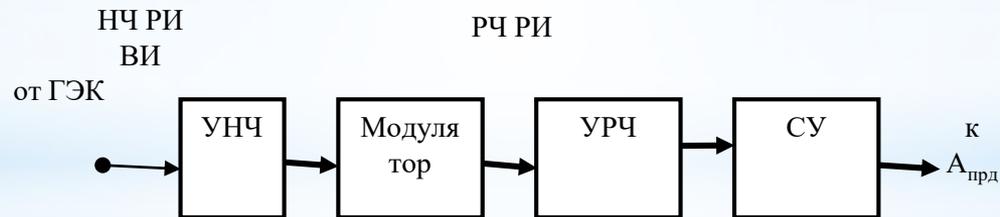


Рис. 9.3. Обобщенная функциональная схема ПРД

## *Усилители*

**Усилитель** — изделие, предназначенное для увеличения амплитуды подводимого ЭК за счет энергии источника питания. Усилители относятся к аналоговым изделиям.

Простейший усилитель состоит из усилительного элемента (электронной лампы, транзистора), набора пассивных элементов (резисторы, емкости, индуктивности), совместно образующих *усилительный каскад*, и источника электрической энергии. Усилитель имеет входную цепь, к которой подводится усиливаемое ЭК, и выходную цепь для выдачи выходного ЭК. Электронные усилители обычно состоят из нескольких каскадов, соединяемых так, чтобы выход одного каскада соединяется с входом следующего каскада.

**Классификация усилителей.** Могут применяться несколько разных классификационных признаков усилителей.

*В зависимости от элементной базы* усилители подразделяют:

- на ламповые (на лампах);
- транзисторные (на полупроводниковых транзисторах);
- диодные (на специальных типах диодов, например, диодах Ганна);
- операционные (на интегральных микросхемах — операционных усилителях).

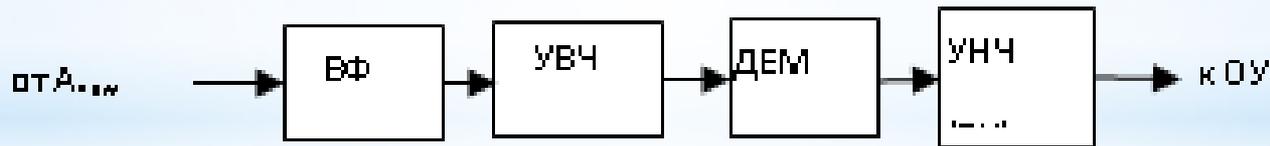
**Основные характеристики усилителей.** Характеристики усилителей разделяют на *входные* (параметры и графики входа), *выходные* (параметры и графики выхода) и *проходные* (параметры и графики связи величин входных и выходных параметров). В качестве различных параметров амплитуды ЭК в общем случае рассматривают ток, напряжение и мощность. Для исключения перегруженности материала далее будем рассматривать только показатели напряжения; соответствующие показатели тока и мощности могут быть получены по аналогии с напряжением.

# Приемники

## *Состав приемника*

ПРМ состоит из следующих функциональных узлов (рис. 9.13):

- входной фильтр (ВФ);
- усилитель высокочастотный (радиочастотный) (УВЧ/УРЧ);
- демодулятор (ДЕМ);
- усилитель низкочастотный (УНЧ) или видеоусилитель (ВУ).



*Рис. 9.13. Функциональная схема приемника*

**Основными техническими характеристиками ПРМ являются:**

- *рабочий диапазон* (диапазон перестройки РЧ);
- *чувствительность приемника* — величина амплитуды сигнала на входе, при которой ее отношение к шуму на выходе ( $U_{с.ВЫХ} / U_{ш.ВЫХ}$ ) равно заданной стандартной величине (в РЛС это отношение равно 2); в современных связных ПРМ чувствительность составляет единицы мкВ;
- *избирательность* — свойство раздельного приема сигналов соседних по частоте станций; определяется шириной полосы пропускания ПРМ;
- *выходная (номинальная) мощность* ПРМ — максимально возможная мощность на выходе УНЧ, при которой не превышает заданное значение его искажений;
- *полоса пропускания* — полоса частот принятого сигнала, для которых коэффициент усиления не менее номинального.

## *Электрические фильтры*

Соединение катушки индуктивности и емкости образует колебательный контур (параллельный или последовательный). Колебательные контуры обладают частотно-избирательными свойствами и используются как частотные фильтры. Колебательный контур является полосовым фильтром, пропускающим сигналы с частотами, находящимися в пределах полосы пропускания. Поэтому *электрическими фильтрами* называют сборки, обеспечивающие частотную избирательность, т. е. разделение ЭК по частотному признаку. Диапазон частот, который проходит через фильтр, называют *полосой пропускания фильтра*, а который не пропускается фильтром, называют *полосой задерживания фильтра*. Частоту, разделяющую полосы пропускания и задерживания, называют частотой среза  $F_{\text{ср}}$ .

## Классификация фильтров.

Фильтры классифицируются по частотному диапазону:

- *фильтры нижних частот* (ФНЧ) — пропускают сигналы начиная от постоянного тока до  $F_{\text{ср}}$ . Используются, например, для выделения низких (звуковых) частот. Отдельную группу ФНЧ составляют *сглаживающие фильтры*, которые преобразуют переменное напряжение одной полярности в постоянное напряжение. Сглаживающие фильтры используются, например, в выпрямителях;
- *фильтры верхних частот* (ФВЧ) — пропускают сигналы с частотами  $F_{\text{ср}}$  и выше. Используется, например, для исключения влияния частоты питающего напряжения (50 Гц) на звуковой сигнал в ПРМ;
- *полосовые фильтры* (ФП) — пропускают сигналы в заданной полосе частот ( $F_{\text{ср1}} - F_{\text{ср2}}$ ). Используются, например, на входе ПРМ для выделения РЧ сигнала на фоне помех;
- *режекторные фильтры* (ФР) — не пропускают сигналы в заданной полосе частот. Используются, например, для организации одновременной работы рядом расположенных радиопередатчиков и радиоприемников.

# Способы борьбы с помехами в устройствах НРЭС

## *Основные характеристики помех*

В НРЭС действуют *внутренние* (внутри аппаратуры) и *внешние* (из окружающего пространства) *помехи*. В результате действия помех форма полезного сигнала искажается и правильный прием заложенной в нем информации затрудняется. Способность НРЭС противостоять помехам называется *помехоустойчивостью*.

**Основными причинами собственных помех усилителя являются:**

- наводки,
- фон,
- микрофонный эффект,
- шумы первого каскада.

## Детекторы

**Детектор** (от англ. *detect* — обнаруживать) — обнаружитель сигналов — смеси полезного сигнала с помехами.

Функционально детектор является *пороговым устройством* (УП), не пропускающим ЭК с амплитудой ниже заданной величины *порога обнаружения* ( $U_{\text{пор}}$ ). В связи с тем, что помехи представляют собой случайный процесс,  $U_{\text{пор}}$  выбирают исходя из заданной *вероятности ложной тревоги* (обнаружения помехи вместо сигнала), при этом величина  $U_{\text{пор}}$  обычно получается несколько меньше величины максимальной амплитуды помех ( $U_{\text{п.мах}}$ ). Таким образом, на выходе детектора остаются сигналы ( $C_{\text{п}} + \Pi$ ) и некоторые остатки помех.

При выборе величины  $U_{\text{пор}}$  возможны следующие варианты:

- 1) задается постоянное значение  $U_{\text{пор}}$ , если параметры помехи во времени не меняются;
- 2) автоматически изменяется значение  $U_{\text{пор}}$  при изменении параметров помехи или — автоматически стабилизируется уровень помехи до детектора при заданном значении  $U_{\text{пор}}$ .

## *Способы подавления помех после демодулятора*

Для борьбы с помехами после демодулятора применяются:

- стабилизация уровня помехи неизвестной интенсивности на входе УНЧ/ВУ, например, применением цепочки МПВ;
- использование в ОУ дополнительных данных об особенностях  $S_{\Pi}$  — разницы в корреляционных характеристиках полезных сигналов и помех, использование кодирования/декодирования  $S_{\Pi}$  и др.

# Антенны

## *Типы антенн*

Антенна, как было сказано ранее, представляет собой устройство преобразования, подводимого к ней РЧ РИ в электромагнитное поле в окружающем пространстве (излучение) или наоборот (прием).

Антенны подразделяют:

- на *передающие* ( $A_{\text{прд}}$ );
- *приемные* ( $A_{\text{прм}}$ );
- *приемо-передающие* ( $A_{\text{п.п}}$ ) или совмещенные (одна и та же для излучения и приема). Совмещенная антенна может применяться тогда, когда процессы излучения и приема разделены по времени или по частоте.

## Элементы оконечных устройств

В ОУ НРЭС в качестве *индикаторных изделий*, отображающих значения РНП или НП, используются *цифровые индикаторы* и электронно-лучевые трубки (ЭЛТ).

### *Цифровые индикаторы*

Цифровые индикаторы используются для отображения знаков (цифр и букв) и, в зависимости от принципа формирования знаков, подразделяются:

- на газоразрядные;
- полупроводниковые (сегментные или матричные);
- жидкокристаллические (ЖКИ) индикаторы.

*Газоразрядные индикаторы* представляют из себя стеклянный баллон, в который накачан инертный газ (неон, аргон и пр.). В баллон введены анод и десять катодов, имеющих форму цифр (от 0 до 9). При подаче напряжения между анодом и одним из катодов последний начинает светиться, воспроизводя изображение соответствующей цифры. Цвет свечения зависит от типа газа. Газоразрядные индикаторы требуют больших напряжений разряда (сотни вольт) и в современной аппаратуре НРЭС не используются.

*Полупроводниковые индикаторы* состоят из нескольких сегментов — светоизлучающих диодов, которые излучают свет при подаче на них напряжения величиной несколько вольт.

*Жидкокристаллические* индикаторы работают на принципе изменения оптических свойств органических соединений под воздействием напряжения. Изображение в них образуется за счет контраста между участками с приложенным напряжением и фоном. Эти индикаторы являются пассивными и требуют внешнего освещения, так как не излучают, а отражают свет. ЖКИ являются самыми экономичными, так как почти не потребляют ток. В настоящее время на их базе создаются дисплеи, которые выгодно отличаются малыми размерами по сравнению с дисплеями на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ).

## *Выпрямители*

Основным источником питания на судне является бортовая сеть, вырабатывающая переменное напряжение промышленной частоты (обычно 50 Гц).

На судах также применяются аварийные источники питания — дизель-генераторы, которые включаются при выходе из строя бортовой сети питания.

**Выпрямитель** — это устройство, которое преобразует переменное напряжение в постоянное.

Основные схемы выпрямителей — *однополупериодные* и *двухполупериодные* (мостовые и с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора).

Сглаживающие фильтры (LC- или RC-фильтры) предназначены для уменьшения пульсаций (сглаживания) выпрямленного напряжения.

Стабилизаторы предназначены для автоматического поддержания постоянства напряжения, выдаваемого выпрямителем.

**Выходные параметры выпрямителей.** Выпрямитель характеризуется: выходными параметрами, характеризующими режим диодов, и параметрами трансформатора.

К выходным параметрам выпрямителя *относятся*:

- номинальное среднее выпрямленное напряжение ( $U_0$ );
  - номинальный средний выпрямленный ток ( $I_0$ );
  - коэффициент пульсации выпрямленного напряжения ( $k_{п.01}$ );
  - частота пульсации выпрямленного напряжения ( $f_{п}$ );
- внутреннее сопротивление выпрямителя ( $r_0$ ).

# ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА ОБОРУДОВАНИЯ НРЭС

## Общие сведения

Электронная компонентная база (ЭКБ) — набор стандартных неразъемных элементов электрических цепей или сборок, выпускаемых электронной промышленностью.

БД ЭКБ позволяет в зависимости от полномочий пользователя:

- просматривать сведения, содержащиеся в базе данных, в виде электронной таблицы;
- формировать отчеты по частям и разделам базы данных в виде установленной формы и экспортировать отчеты в текстовый редактор;
- осуществлять поиск конкретных типов ЭКБ по всем полям базы данных.

## Пассивные электронные компоненты

Пассивные КЭ способны расходовать или накапливать энергию, активные — усиливать мощность входных сигналов.

К пассивным КЭ *относятся:*

- резисторы (R);
- конденсаторы (C);
- катушка индуктивности (L), или дроссели;
- трансформаторы (T);
- реле (K);
- контактные разъемы (X);
- переключатели (S).
- соединительные провода, кабели, волноводы.

## **Активные электронные компоненты**

К активным элементам относят *электронные приборы*, в которых проводимость осуществляется посредством электронов или ионов, движущихся в вакууме (*электровакуумные приборы*), газе (*газонаполненные приборы*) или полупроводнике (*полупроводниковые приборы*).

Для работы электронных приборов на них подается питание — постоянное напряжение.

## *Микропроцессоры и микро-ЭВМ*

**Процессор** — устройство обработки цифровой информации, осуществляемой установленной в него программой.

**Микропроцессор (МП)** — это процессор, выполненный по интегральной технологии в одной или нескольких *больших интегральных схемах (БИС)*, т. е. это цифровая ИС, предназначенная для выполнения последовательности операций над двоичными данными. Например, МП серии 580 КР580ИК80 содержит 5000 транзисторов и выполнен в одном кристалле БИС. В МП информация представляется в двоичном виде — последовательностью из двух элементов — 1 и 0. Каждый элемент содержит 1 бит информации. 8 бит образуют 1 байт.

## *Цифровые интегральные микросхемы*

**Цифровые сигналы и логические состояния.** *Цифровая интегральная микросхема (ЦИС)* предназначена для преобразования и/или обработки сигналов, изменяющихся по закону дискретной функции (цифровых сигналов).

*Цифровой сигнал*, согласно ГОСТ 29107-91, является зависимым от времени свойством или изменением физической величины, характеризующейся конечным числом неперекрывающихся диапазонов значений. Цифровой сигнал, характеризующийся только двумя возможными диапазонами значений, называют *двоичным сигналом*.

## **Основные параметры схем цифровых устройств.**

К основным параметрам схем цифровых устройств, в зависимости от вида микросхем и схемотехнического решения, относят следующие:

- значение напряжения низкого логического уровня;
- значение напряжения высокого логического уровня;
- помехоустойчивость;
- нагрузочную способность;
- быстродействие;
- потребляемую мощность.

## **Основные серии цифровых интегральных микросхем.**

Цифровые интегральные схемы подразделяются на серии. *Серия интегральных микросхем* — это совокупность типов ИМС, выполняющих различные функции, имеющих единое конструктивно-технологическое исполнение и предназначенных для совместного применения. Интегральные схемы одной серии согласованы по напряжению питания, входным и выходным сопротивлениям, уровням сигналов и условиям эксплуатации. Основой каждой серии цифровых микросхем является *базовый логический элемент*.

# ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ НРЭС

## Назначение и содержание ТЭ

**Техническая эксплуатация (ТЭ)** представляет собой совокупность операций (действий), направленных на использование оборудования по назначению и поддержание его в исправном состоянии.

ТЭ разделяют на три части:

1. Техническое использование (ТИ).
2. Техническое обслуживание (ТО).
3. Текущий ремонт (ТР).

Соответственно, инженер-пользователь (использователь) решает задачи ТИ, а инженер-эксплуатационник — задачи ТЭ.

Основной задачей ТИ является получение от оборудования НРЭС возможной информации; ТО и ТР направлены на поддержание оборудования в исправном состоянии.

ТИ представляет собой совокупность следующих *операций*:

- пользовательское включение (ВКЛ-П);
- использование по назначению (ИН);
- выключение (ВЫКЛ).

# Эксплуатационная документация

## Состав ЭД на изделия

По ГОСТ 2.601-2019 эксплуатационная документация (ЭД) изделий может включать в себя документы, приведенные в табл. 11.1.

Таблица 11.1

### Эксплуатационные документы на изделия

Вид	Обозначение	Определение
Руководство по эксплуатации	РЭ	Документ, содержащий сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) изделия, его составных частях и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации изделия (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования) и оценок его технического состояния при определении необходимости отправки его в ремонт, а также сведения по утилизации изделия и его составных частей
Инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия	ИМ	Документ, содержащий сведения, необходимые для монтажа, наладки, пуска, регулирования, обкатки и сдачи изделия и его составных частей в эксплуатацию на месте его применения
Формуляр	ФО	Документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, сведения, отражающие техническое состояние данного изделия, сведения о сертификации и утилизации изделия, а также сведения, которые вносят в период его эксплуатации (длительность и условия работы, техническое обслуживание, ремонт и другие данные)
Паспорт	ПС	Документ, содержащий гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, а также сведения о сертификации и утилизации
Этикетка	ЭТ	Документ, содержащий гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, сведения о сертификации изделия
Каталог изделия	КИ	Документ, содержащий перечень деталей, сборочных единиц, комплексов и комплектов изделия с иллюстрациями и сведения об их количестве, расположении в изделии, взаимозаменяемости, конструктивных особенностях, материалах и др.
Нормы расхода запасных частей	НЗЧ	Документ, содержащий номенклатуру запасных частей изделия и их количество, расходуемое на нормируемое количество изделий за период их эксплуатации
Нормы расхода материалов	НМ	Документ, содержащий номенклатуру материалов и их количество, расходуемое на изделие за установленный период эксплуатации
Ведомость комплекта запасных частей, инструмента и принадлежностей	ЗИ	Документ, содержащий номенклатуру, назначение, количество и места укладки запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов, расходуемых за срок службы изделия
Учебно-технические плакаты	УП	Документы, содержащие сведения о конструкции изделия, принципах действия, приемах использования, техническом обслуживании, областях технических знаний с необходимыми иллюстрациями
Инструкции эксплуатационные специальные	ИС	Документы, содержащие специальные требования, относящиеся к использованию по назначению, техническому обслуживанию, текущему ремонту, хранению, транспортированию и утилизации, оформленные в виде самостоятельных частей ЭД или в виде приложений к ним
Ведомость эксплуатационных документов	ВЭ	Документ, устанавливающий комплект эксплуатационных документов и места укладки документов, поставляемых с изделием или отдельно от него

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебнике изложены принципы построения, характеристики и особенности функционирования оборудования различных навигационных радиоэлектронных систем (НРЭС), предназначенных для решения задач навигации. Учебник предназначен для будущих специалистов по эксплуатации радиоэлектронного оборудования на водном транспорте, которые должны обладать соответствующими компетенциями.

Современное радиоэлектронное оборудование представлено разнообразными сложными комплексами, поэтому подробное и полное изложение принципов их функционирования и особенностей эксплуатации невозможно из-за ограниченности объема учебника. Основной концепцией изложения материала является системный подход, позволяющий с единых позиций рассматривать различные виды навигационных радиоэлектронных систем.