

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет»
(ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»)

В.В. Карасев, Е.Г. Булах, П.А. Стародубцев

РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ
ПРИБОРЫ

Рекомендовано Дальневосточным региональным отделением
учебно-методического объединения по образованию
в области эксплуатации водного транспорта (ДВ РУМО)
в качестве учебного пособия для студентов (курсантов)
морских специальностей вузов региона

Владивосток

2014

УДК 629.123.053-83

ББК 39.471.5

K214

Рецензенты:

Генеральный директор СК «Поляр» Г.И. Новоселов;

Доцент кафедры ТСС МГУ им.адм. Г.И. Невельского Н.В. Лоскутов

В.В. Карасев, Е.Г. Булах, П.А. Стародубцев

K214 Радионавигационные приборы: Уч.пос. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. 92 с.

ISBN 978-5-88871-451-5

Изложены основы радиолокации. Рассмотрены особенности современных судовых радионавигационных приборов, их развитие и современные требования к оборудованию средствами коррекции места судна.

УДК 629.123.053-83

ББК 39.471.5

ISBN 978-5-88871-451-5

©Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный
университет, 2014

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
2. Радиоприемное устройство.	7
3. Фазовые радионавигационные системы (РНС).	11
4. Импульсно-фазовые РНС	14
5. Спутниковые навигационные системы	18
5.1. Функциональные и информационные особенности GPS «Navstar».	18
5.2. Сравнительная характеристика СНС GPS и ГЛОНАСС	28
5.3. Дифференциальные варианты использования системы GPS «Navstar».	37
5.4. Функциональные и информационные особенности приемоиндикаторов GPS «Navstar» и «Глонасс» 2-го поколения.	42
5.5. Совместное использование ИФРНС и СНС	44
6. Понятие радиолокации.	47
7. Принцип действия импульсной РЛС	49
7.1. Состав и размещение приборов импульсной радиолокационной станции	49
7.2. Размещение приборов радиолокационной станции на судне	52
7.3. Основные эксплуатационные характеристики РЛС	53
7.4. Принцип работы приемопередатчика	63
7.5. Принцип работы индикатора	67
7.6. Режимы работы радиолокационной станции	70
8. Помехи радиолокационному наблюдению.	73
9. Радиолокационное определение места судна.	76
10. Система автоматической радиолокационной прокладки (САРП)	78
11. Связь с системой электронной картографии	80
12. Система автоматической идентификации (АИС или AIS)	82
13. Организация радиолокационного наблюдения.	86
14. Радиолокационный маяк-ответчик.	89
15. Пассивный радиолокационный отражатель.	90

16.	Система управления движением судов (СУДС).	91
17.	Передача RTCM поправок на поднесущей частоте в FM диапазоне.	96
18.	Перспективы – развитие RTK методов в FM диапазоне.	101
19.	Способы контроля работы судоводителя для обеспечения навигационной безопасности судна.	102
20.	Рекомендации по использованию ПИ GPS при маневрировании в стесненных условиях плавания.	106
21.	Требования к оснащению судов.	110
	Библиографический список	126

ВВЕДЕНИЕ

С ростом интенсивности морского судоходства и увеличением размеров судов происходит постоянное усложнение навигационной обстановки, что приводит к значительным трудностям в управлении судами в открытом море при переходах, в прибрежных районах, в узкостях и при подходах к портам. Постоянно растут требования к безопасности и экономической эффективности судовождения, возникает потребность в более качественном и современном навигационном оборудовании.

Мировой флот пополнился большим количеством судов, оснащенных оборудованием для обеспечения безопасности плавания, сохранности жизни членов экипажа и материальных ценностей. Но, даже не смотря на наличие самой современной техники количество происшествий на море, по-прежнему остается высоким. Причиной аварий и аварийных ситуаций остаются неправильное управление судами, недостатки судов в части их управляемости. Анализ статистики по столкновениям и посадкам на мель показывает, что часто в этих авариях проявляется несоответствие показателей управляемости судов современным условиям мореплавания. Особенно часто это имеет место при экстренном маневрировании судов в сложных погодных условиях.

Для эффективного снижения аварийности на судах необходимо совершенствование средств и методов по предупреждению столкновения судов.

В 1897, проводя опыты по радиосвязи между стоявшим на якоре транспортом "Европа", на верхнем мостике которого находился передатчик, и крейсером "Африка", на котором помещался приемник, изобретатель радио Александр Попов обнаружил новое физическое явление. О чем и сделал запись в отчете комиссии, назначенной для проведения этих опытов: "Влияние судовой обстановки сказывается в следующем: все металлические предметы (мачты, трубы, снасти) должны мешать действию приборов как на станции отправления, так и на станции получения, потому что, попадая на пути электромагнитной волны, они нарушают ее правильность, отчасти подобно тому, как действует на обыкновенную волну, распространяющуюся по поверхности воды, брекватер, отчасти вследствие интерференции волн, в них возбужденных, с волнами источника, т.е. влияют неблагоприятно. ... Наблюдалось также влияние промежуточного судна. Так, во время опытов между "Европой" и "Африкой"

попадал крейсер "Лейтенант Ильин", и если это случалось при больших расстояниях, то взаимодействие приборов прекращалось, пока суда не сходили с одной прямой линии".

По всей видимости, это первое в истории документальное подтверждение открытия основного принципа радиолокации - отражения радиоволн от металлических предметов. Попов обратил внимание на это явление как на фактор, мешающий радиосвязи, и не заинтересовался его возможным применением.

Спустя 7 лет, в 1904 г немецкий изобретатель Хюльсайер запатентовал способ обнаружения металлических объектов по отражению ими радиоволн. Патент Хюльсайера опередил время и 18 лет оставался невостребованным. Элементная база радиотехники была еще слишком слаба, чтобы воспользоваться открытым эффектом. Первая лампа-диод была построена в том же 1904 г, а первый триод был предложен в 1907. И только в 1913 г. была разработана схема лампового приёмника, и с помощью триода были получены незатухающие электрические колебания.

Вспомнили об эффекте американцы. В 1922 г Тейлор и Юнг исследовали отражение радиоволн от кораблей и дали начало практическому использованию эффекта. С этого времени радиолокация становится военной и начинает развиваться параллельно в США и Англии.

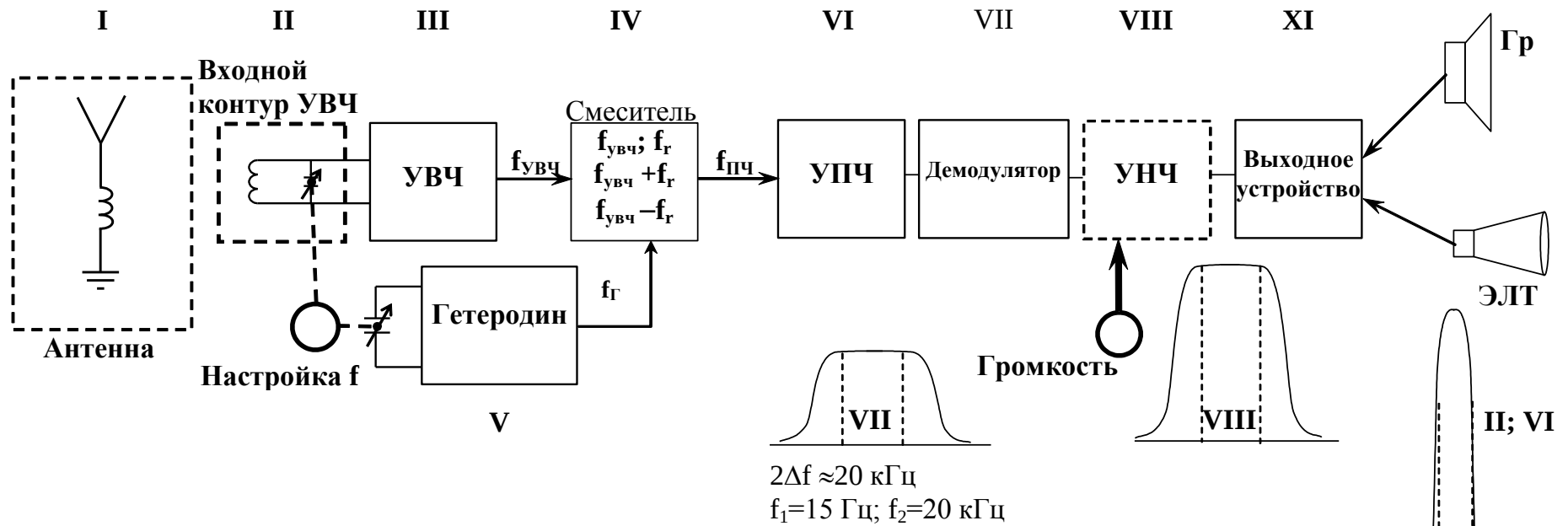
Радиолокационные станции получили быстрое развитие во время Второй мировой войны и применялись главным образом в обеспечении противовоздушной обороны, а также на кораблях военных флотов для ведения артиллерийской стрельбы ночью, в плохих метеоусловиях и стрельбы по горизонтальным целям.

На судах морского флота радиолокационные станции появились около пятидесяти лет тому назад и быстро получили признание судоводителей из-за их возможности обнаруживать объекты в море, в том числе суда, в независимости от видимости и расходиться при помощи их с другими судами в различных условиях плавания.

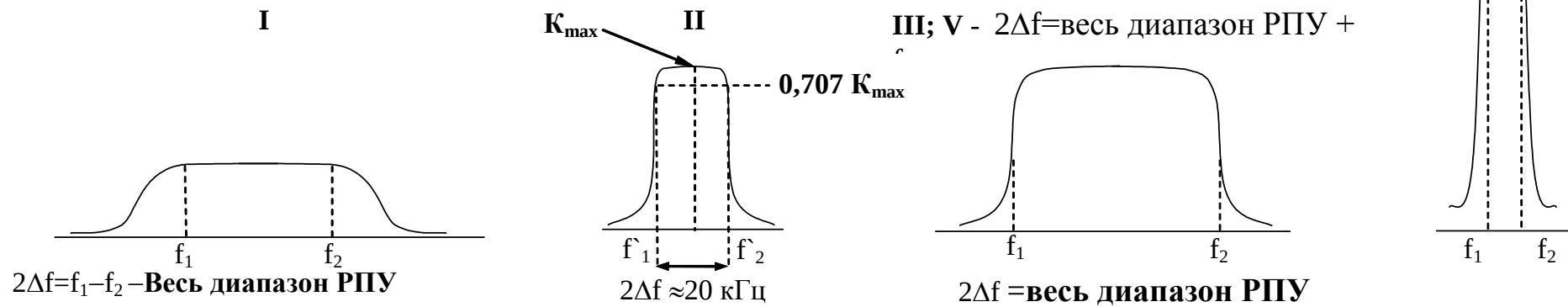
1. РАДИОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) – график, характеризующий качество усиления сигнала данной частоты для заданного блока. В радиотехнике принято считать диапазон частот, для которых коэффициент усиления более **0,707** $K_{\max}$ полосой пропускания данного блока. Она обозначается **$2\Delta f$** . Площадь, заключенная между осью частот **f** и графиком эквивалентна мощности данного блока.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РПУ



АЧХ



Антенна – обратимый преобразователь электромагнитной энергии в электрический ток той же частоты и наоборот, при подаче на неё электрического тока, антенна преобразует его в электромагнитные волны и излучает их в окружающее пространство. В свободной среде электромагнитные волны (в частном случае – радиоволны) распространяются со скоростью 300 000 км/сек. Амплитудно - частотная характеристика (**АЧХ**) антенны должна обеспечивать одинаково хороший прием (излучение) для всего рабочего диапазона частот радиоприемного (передающего) устройства. Практически в приемной антенне всегда имеется целый спектр колебаний всех частот рабочего диапазона. Из этого спектра необходимо выделить нужную частоту, на которой работает интересующая нас радиостанция. Эту функцию выполняет входной **колебательный контур**.

Колебательный контур связан с антенной через индуктивную связь катушек. Его полоса частот определяется частотным спектром информации. Например, если мы принимаем сигнал широкоэмиттерной радиостанции, то достаточно иметь полосу пропускания в 20 кГц. Естественно, что при одинаковой мощности с антенной, колебательный контур будет иметь более высокий коэффициент усиления. При помощи конденсатора (емкости) контур может перестраиваться на нужную частоту. Одновременно с перестройкой колебательного контура в гетеродинных схемах усиления изменяется на эту же величину и частота гетеродина. Для этого они управляются одной рукояткой «**Настройка f**».

Усилитель высокой частоты служит для предварительного усиления принятого сигнала $f_{увч}$ на рабочей частоте передающей радиостанции. За счет усилительных свойств электронных ламп или транзисторов производится усиление принятого сигнала. Этот коэффициент усиления должен обеспечиваться для всего рабочего диапазона частот, как и у антенны. Поэтому коэффициент усиления УВЧ, как правило, невысок и составляет порядка сотен раз. Однако в случае, если принятый сигнал очень слаб, то необходимо его усиливать в тысячи раз. Для этого используются **усилители промежуточной**

частоты (УПЧ).

Усилитель промежуточной частоты (УПЧ)– работает на постоянной частоте, независимо от принимаемой и выделяемой приемным контуром частоты. Он обеспечивает большой коэффициент усиления при небольшой мощности. Его АЧХ имеет остро-резонансную форму. Для того, чтобы обеспечить постоянство промежуточной частоты - $f_{ПЧ}$, необходим гетеродин и смеситель.

Гетеродин – генератор незатухающих колебаний. Его частота f_H определяется конденсатором переменной емкости и изменяется синхронно с входным контуром.

$$f_{ПЧ} = f_{УВЧ} - f_H = \text{const}$$

Полоса АЧХ гетеродина соответствует всему рабочему диапазону.

Смеситель – радиотехническое устройство, обеспечивающее смешивание 2-х и более частот. При этом образуется спектр частот (f_H , $f_{УВЧ}$, $f_{УВЧ} + f_H$, $f_{УВЧ} - f_H$ и др.). Но только одна частота $f_{ПЧ}$ остается постоянной при условии, что частоты $f_{УВЧ}$ и f_H изменяются на одну величину при перестройке входного контура.

Демодулятор – служит для выделения из принятого и усиленного сигнала информационной частоты (частоты модуляции). При амплитудной модуляции – это огибающая частота.

Усилитель низкой частоты – служит для усиления информационной (звуковой, видео) частоты. Как правило, именно этот усилитель имеет регулятор усиления, позволяющий подобрать комфортный уровень звучания, яркости.

2. ФАЗОВЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (РНС).

Береговые станции фазовой гиперболической РНС, входящие в одну цепочку, должны излучать колебания, у которых фазы согласовываются друг с другом либо с помощью ведущей станции, либо с помощью точного высокостабильного эталона частоты. В любом случае колебания, принятые приемоиндикатором от пары станций, дадут возможность измерения разности фаз между ними только при условии, что колебания от этих станций в месте приема можно отделить друг от друга. Выполнить это можно, разделяя сигналы во времени – временная селекция или по частоте – частотная селекция.

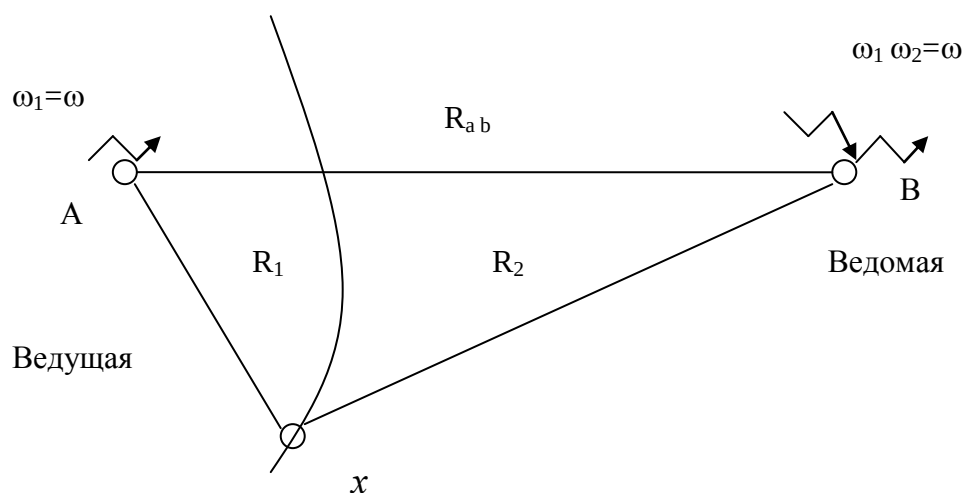
Три режима излучения колебаний береговыми станциями:

1. по одному сигналу одинаковой частоты;
2. по одному сигналу различных частот;
3. по два и более сигналов различных частот.

1. Пусть станции А и В излучают колебания двух одинаковых частот:

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega = 2\pi f,$$

где f – частота колебания.



Тогда напряженность поля у антенны ведущей станции А

$$E_1 = E_{m1} \sin \omega t.$$

К ведомой станции В радиоволны, распространяющиеся со скоростью 300 000 км/с, придут через некоторое время:

$$t_{ab} = \frac{R_{ab}}{c}.$$

Предполагая переизлучение станцией В принятых колебаний без задержек во времени, можно записать напряженность поля у ее антенны

$$E_2 = E_{m2} \sin \omega(t - t_{ab}).$$

В точку x колебания обеих станций придут спустя соответственно время после их излучения: $t_1 = \frac{R_1}{c}$ и $t_2 = \frac{R_2}{c}$.

Э.д.с., индуктирующие в антенне приемоиндикатора при приеме сигналов в каждой из станций:

$$e_a = E_{ma} \sin \omega(t - t_1), \quad e_b = E_{mb} \sin \omega(t - t_{ab} - t_2).$$

Разность фаз принятых колебаний:

$$\varphi_{ab} = \omega(t - t_{ab} - t_2) - \omega(t - t_1) = \omega(t_1 - t_2) - \omega t_{ab}.$$

Учитывая, что $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$; $t_1 - t_2 = \frac{R_1 - R_2}{c}$; $T_c = \lambda$, получим:

$$\varphi_{ab} = \frac{\omega}{c}(R_1 - R_2) - \frac{\omega}{c}R_{ab},$$

или

$$\varphi_{ab} = \frac{2\pi}{\lambda}(R_1 - R_2) - \frac{2\pi}{\lambda}R_{ab}.$$

Таким образом, при постоянной частоте (длине волны) и неизменном базовом расстоянии между станциями разность фаз колебаний в точке приема определяется только разностью расстояний от нее до станций. Следовательно, постоянная разность фаз будет на всей гиперболе, проходящей через данную точку.

Действительно, если $\varphi_{ab} = const$, то при

$$\frac{\omega}{c} = const \left(\frac{2\pi}{\lambda} = const \right) \text{ и } R_{ab} = const$$

разность расстояний до станций А и В

$$R_1 - R_2 = \Delta R = \textit{const},$$

а это и является свойством гиперболы.

3.ИМПУЛЬСНО-ФАЗОВЫЕ РНС

Разработка импульсно-фазовых, разностно-дальномерных радионавигационных систем с наземным базированием LORAN-C и «ЧАЙКА» была начата практически одновременно в конце 40-х и начале 50-х гг. по заказам военных ведомств США и СССР. Первоначально обе системы предназначались для навигационного обеспечения ударных сил авиации и военноморского флота при решении ими боевых задач. Высокие тактико-технические характеристики этих систем предопределили, начиная с 70-х гг., их массовое применение в среде гражданских потребителей в большинстве стран мира.

До настоящего времени ИФРНС LORAN-C продолжает обеспечивать навигацию гражданских и некоторых военных потребителей различных государств в море, воздухе и на суше. В мире в эксплуатации находятся 34 цепи РНС LORAN-C, каждая из которых содержит от 3 до 5 станций; некоторые станции работают одновременно в двух цепях.

Общая площадь рабочих зон цепей РНС LORAN-C превышает 95 млн кв. км.

В России в рабочей эксплуатации находятся пять цепей системы «ЧАЙКА», общая площадь рабочих зон всех цепей составляет около 20 млн. кв. км. Кроме того, в России имеются региональные цепи ИФРНС средней мощности.

К концу 90 годов прошлого столетия были завершены работы по созданию объединенной российско-американской цепи «ЧАЙКА»/LORAN-C в составе двух российских станций в районах городов Петропавловск-Камчатский и Александровск-Сахалинский и одной американской станции LORAN-C на о. Атту (США).

В настоящее время номенклатура и объем выпускаемой отечественной приемоиндикаторной аппаратуры РНС «ЧАЙКА» недостаточны для удовлетворения требований многочисленных потребителей. По уровню технических решений наша аппаратура не уступает зарубежной, однако ее элементная база

отстает от зарубежного уровня. Разработки новых образцов отечественных приемоиндикаторов РНС «ЧАЙКА»/LORAN-C продолжаются.

Принцип действия и режимы использования сигналов ИФРНС LORAN-C и «ЧАЙКА»

Передающие станции ИФРНС LORAN-C и «ЧАЙКА», излучающие группы (пачки) из восьми («ведомые» станции) или девяти («ведущие» станции) импульсов на несущей частоте 100 кГц, объединены в цепи - группы станций, излучающих синхронизированные импульсные сигналы с одинаковой частотой повторения (период повторения импульсов в пакете равен 1000 мкс, девятый маркерный импульс ведущей станции отстоит от последнего в пакете восьмого импульса на 2000 мкс. Каждый импульс в пакете имеет строго определенную фазу, заданную с высокой точностью. Каждая цепь состоит из одной «ведущей» и двух-четырех «ведомых» передающих станций.

Все станции цепочки работают не только на одной несущей частоте, но и с одинаковым периодом повторения пачек импульсов. Чтобы в месте приема не было совпадения пакетов импульсов от различных станций, каждая имеет свою временную задержку. Первая ведомая станция излучает пакет импульсов после прихода к ней последнего импульса из пакета ведущей станции, вторая – после прихода к ней импульсов первой ведомой и т.д. Ведущая станция излучает только после прихода к ней импульсов последней ведомой станции. Следовательно, чем больше станций в одной цепочке, тем больше период повторения пакетов импульсов.

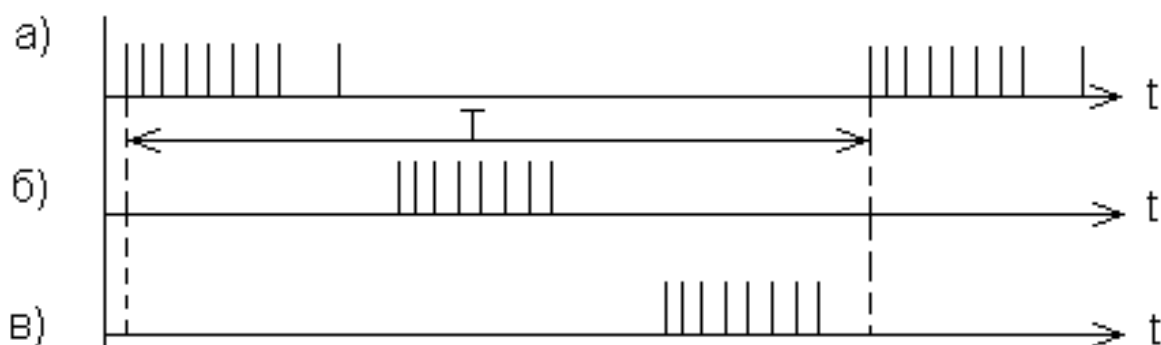


Рис. Временное положение импульсов в РНС «Лоран-С»:

а – импульсы ведущей станции; б – импульсы первой ведомой станции; в – импульсы второй ведомой.

Используют три группы частот повторения:

SH (Slow HIGH) – медленная высокая;

SL (Slow Low) – медленная низкая;

SS (Slow Special) – медленная специальная.

В каждой группе может быть восемь точных дискретных частот повторения, которые имеют порядковые номера $N=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$.

Период повторения импульсов в микросекундах в последней группе частот может быть найден из зависимостей:

$$T_{SH}=(600-N) \cdot 100 \text{ мкс};$$

$$T_{SL}=(800-N) \cdot 100 \text{ мкс};$$

$$T_{SS}=(1000-N) \cdot 100 \text{ мкс}.$$

Частота повторения импульсов, соответствующая этим периодам повторения, равна приблизительно 16, 12 и 10 имп/с.

В связи с тем, что несущие частоты всех станций одинаковы, в обозначении цепочек используют группы частот и дополнительное буквенное обозначение: М – для ведущей станции и Х, Y, Z – для ведомых. Например, точное обозначение имеет следующий вид: SL2-М, SL2-Х, SL2-Y. Обозначение ведомых станций входит и в обозначение гиперболических линий положения на навигационных лорановских картах. После обозначения дается разность времени прихода импульсов в микросекундах, например SS0-Х-19724.

В судовом приемоиндикаторе измерение разности времени прихода импульсов дает возможность отыскать соответствующую гиперболу на карте.

Ни одна из существующих систем не является универсальным навигационным средством. Каждая из систем GPS/«ГЛОНАСС» или LORAN-С/«ЧАЙКА» имеет определенные преимуществами и соответствующие недостатки. Преимущество по отношению к спутниковым РНС - импульсно-

фазовые значительно экономичнее: сравнение затрат на одного потребителя в год показывает, что для РНС GPS и LORAN-C они отличаются более чем на порядок. Отечественный и зарубежный опыт создания и эксплуатации РНС различного типа показал, что совершенствование каждой отдельной из систем связано со значительными затратами средств и в отдельных случаях имеет принципиальные ограничения. Для создания глобального радионавигационного поля, позволяющего с требуемой достоверностью и доступностью обеспечить любому потребителю необходимую радионавигационную информацию, рациональнее комплексно использовать возможности, предоставляемые различными навигационными системами. Использование РНС LORAN-C/«ЧАЙКА» в качестве компонентов глобального интегрированного радионавигационного поля будет способствовать как улучшению рабочих характеристик этих систем, так и повышению целостности и доступности систем GPS/«ГЛОНАСС».

Одним из путей решения этой задачи является формирование рабочих зон на основе объединения радионавигационных полей отдельных цепей ИФРНС, так как основными причинами, ограничивающими использование потребителями систем «ЧАЙКА» и LORAN-C, являются автономность и ограниченность их рабочих зон, отсутствие единого непрерывного радионавигационного поля. Наличие районов, где отсутствуют рабочие зоны этих систем, снижает безопасность судоходства и полетов авиации, а также эффективность передачи поправок.

Совместное использование систем «ЧАЙКА» и LORAN-C открывает новые перспективы в направлении улучшения качества навигационно-временного обеспечения не только в Европе и на Дальнем Востоке, но и в других регионах мира, где работают или могут быть установлены новые цепи передающих станций «ЧАЙКА»/LORAN-C. Примерами таких объединенных цепей являются системы «ЧАЙКА»/LORAN-C на Дальнем Востоке, Северо-Западная европейская система LORAN-C (NELS) и другие цепи в Европе и США.

4. СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

4.1. Функциональные и информационные особенности GPS «Navstar».

Global Positioning System (GPS) – это спутниковая навигационная система, состоящая из работающих в единой сети 24 спутников, находящихся на 6 орбитах высотой около 17 000 км над поверхностью Земли. Спутники постоянно движутся со скоростью около 3 км/сек, совершая два полных оборота вокруг планеты менее, чем за 24 часа. Спутниковая система GPS известна также под другим названием – NAVSTAR.

Первый GPS-спутник был запущен в феврале 1978 г. Каждый спутник весит более 900 кг и имеет размер около 5 м (с раскрытыми солнечными батареями). Мощность радиопередатчика – не более 50 ватт. Каждый спутник передает сигналы на 3-х частотах. Гражданские GPS-приемники используют частоту “L1”, равную 1575.42 МГц. Каждый спутник рассчитан на работу примерно в течение 10 лет. Новые спутники изготавливаются и запускаются на орбиту по мере необходимости. Работа всей системы запланирована и профинансирована минимум до 2006 г. Орбиты спутников располагаются примерно между 60 градусами северной и южной широты. Этим достигается то, что сигнал от некоторых спутников может приниматься повсеместно в любое время. Даже на полюсах можно “увидеть” спутники – правда, они не будут пролетать прямо над головой. Это, конечно, повлияет на геометрию и, следовательно, на точность – но лишь немного.

Одним из важнейших преимуществ GPS перед существовавшими ранее наземными системами является всепогодность. Независимо от того, для каких целей Вы используете навигацию, GPS-приемник готов показать Ваше местоположение - и именно тогда, когда вам это надо.

Сигнал GPS-спутник содержит так называемый “псевдослучайный код” (PRN - pseudo-random code), эфимерис (ephemeris) и альманах (almanach). Псевдослучайный код служит для идентификации передающего спутника. Все они пронумерованы от 1 до 32 и этот номер показывается на экране GPS-приемника во время его работы. Почему же количество PRN-номеров боль-

ше, чем число спутников (24)? Это облегчает обслуживание GPS-сети: новый спутник может быть запущен, проверен и введен в эксплуатацию еще до того, как старый выйдет из строя. Такому спутнику просто будет присвоен новый номер (от 1 до 32).

Данные эфимериса, постоянно передаваемые каждым спутником, содержат такую важную информацию, как состояние спутника (рабочее или нерабочее), текущая дата и время. Без этого Ваш GPS-приемник не знал бы, в частности, какой сегодня день и сколько сейчас времени. Помимо этого, как мы увидим далее, эта часть сигнала крайне важна для определения местоположения.

Данные альманаха говорят о том, где в течение дня должны находиться все GPS-спутники. Каждый из них передает альманах, содержащий параметры своей орбиты, а также всех других спутников системы.

Каждый спутник передает сигнал, который, образно говоря, означает следующее: “Я – спутник № X, сейчас мое положение Y, это сообщение было послано во время Z”. Конечно, это – сильное упрощение, но поможет понять идею.

Ваш GPS-приемник получает это сообщение и запоминает эфимерис и альманах для дальнейшего использования. Эта же информация используется для установки или коррекции часов приемника. Итак, для определения местоположения GPS-приемник сравнивает время отправки сигнала со спутника со временем его получения на Земле. Эта разница во времени говорит приемнику о расстоянии до конкретного спутника. Если добавить к этому информацию о расстоянии, измеренном до нескольких других спутников, то можно триангулировать свое местоположение. Это в точности то, что делает GPS-приемник. Имея сигналы от минимум трех спутников, он может определить широту и долготу – это называется двумерной фиксацией. Если же спутников четыре или более, то GPS-приемник может определить положение в 3-х мерном пространстве, т.е. указать широту, долготу и высоту. Постоянно отслеживая Ваше местоположение в течении некоторого времени, приемник

также может рассчитать скорость и направление Вашего движения (имеется ввиду т.н. “наземная скорость” и “наземный курс”).

Существует несколько факторов, вносящих ошибку в определение местоположения, не позволяющих получить наилучшую точность. Первым и наиболее существенным из них является т.н. “избирательный доступ” (SA – Selective Availability). SA – это преднамеренное уменьшение точности гражданских GPS-навигаторов, осуществляемое Министерством обороны США. SA приводит к уменьшению точности максимум до 100 метров. Конечно, внесенная ошибка обычно не достигает этой величины, но значения в 30 и более метров – не так уж редки.

Почему существует SA? Первоначально GPS была разработана и создана для военных целей. По мере ее внедрения стало ясно, что она может успешно применяться и для ряда гражданских задач. В начале 80-х годов в своей президентской речи Рональд Рейган заявил, что GPS будет доступна каждому – с тем только исключением, что наилучшая точность будет оставлена для военных. С этого времени начался регулярный запуск спутников с возможностью SA. Сегодня все существующие GPS-спутники имеют возможность и применяют на практике SA. Рациональное зерно в SA – не дать военному противнику или террористическим организациям использовать максимальную точность GPS.

Другим фактором, влияющим на точность GPS является геометрия спутников. Простыми словами, понятие “геометрия спутников” означает то, как они расположены относительно друг друга и GPS-приемника. Если, например, приемник “видит” четыре спутника и все четыре расположены в северном и западном направлениях, то спутниковая геометрия скорее плохая. Причем вплоть до того, что приемник вообще не сможет определить местоположение, потому что все расстояния, измеренные до спутников, будут лежать в одном глобальном направлении. Это означает, что триангуляция будет плохой и что область пересечения построенных прямых будет довольно большой (т.е. область вероятного положения будет занимать значительное

пространство и точно указать координаты невозможно). В этом случае, даже если приемник выдает некоторые значения координат, их точность не будет достаточно хороша (возможно, 100 – 150 м).

Если же эти четыре спутника будут находиться в разных направлениях, то точность значительно возрастет. Предположим, что они расположены равномерно по сторонам горизонта – на севере, востоке, юге и западе.

Тогда, очевидно, геометрия будет очень хорошей. Область, определяемая пересечением соответствующих прямых будет невелика и мы можем быть уверены в правильности рассчитанного местоположения. В таком случае, даже если принять во внимание действие SA, точность может быть не хуже 30 м.

Геометрия спутников становится особенно важной при использовании GPS-приемника в автомобиле, среди высоких зданий, в горах или в глубоких ущельях. Если сигналы от некоторых спутников оказываются экранированы, то точность определения местоположения будет зависеть от оставшихся “видимыми” спутников (а от их количества – возможность провести расчеты вообще). Чем большая часть неба заслонена искусственными или естественными предметами, тем более сложно определить положение. Хорошие модели GPS-приемников показывают не только сколько спутников находятся в зоне видимости, но и где они расположены на небе (направление и высоту над горизонтом) для того, чтобы Вы могли определить, не экранируется ли сигнал от данного спутника.

Другим источником ошибок является переотражение спутникового сигнала от различных объектов. (В быту мы встречаемся с этим явлением в виде появления раздвоенного изображения на экране телевизора.) В случае GPS переотражение возникает при взаимодействии сигнала со зданиями или рельефом местности до того, как он достигнет приемной антенны. Такому сигналу требуется больше времени для достижения приемника, чем прямому. Это увеличение времени заставляет приемник считать, что спутник находится на большем расстоянии, чем на самом деле и это увеличивает ошибку при опре-

делении положения.

Такие переотражения, если происходят, то могут добавить около 5 м в общую ошибку.

Существуют ли другие источники погрешностей? Конечно. Например, задержка прохождения сигнала из-за различных атмосферных феноменов. Или ошибка хода часов приемника. Однако GPS-приборы спроектированы так, чтобы, по возможности, компенсировать их и, надо сказать, они справляются с этой задачей вполне успешно. Однако, небольшие искажения все же возможны. Для тех, кто интересуется, можно заметить, что задержка прохождения сигнала означает уменьшение скорости распространения радиоволн при прохождении ионосферы и тропосферы Земли. В космосе радиосигналы распространяются со скоростью света, однако при попадании их в ионизированные слои атмосферы Земли они существенно замедляются.

Обычные гражданские GPS-приемники обеспечивают точность от 20 до 70 м в зависимости от действующего на данный момент SA, количества видимых спутников и их геометрии. Более сложные и дорогие приборы, стоящие несколько тысяч долларов, могут обеспечить точность до нескольких сантиметров, используя не одну, а несколько радиочастот. Однако точность даже обычных гражданских GPS-приемников может быть увеличена до 4 м и более (в ряде случаев – до 1 м) с помощью т.н. дифференциальной GPS (DGPS). DGPS использует дополнительный, фиксированный в одной точке GPS-приемник для определения коррекции спутниковых сигналов. Как же величина необходимой коррекции сообщается Вашему GPS-приемнику? В настоящее время в мире существует несколько бесплатных и платных служб такого рода. Так, например, Береговая охрана США и Инженерный корпус Армии США передают GPS-коррекции через морские радио-буи. Они работают в диапазоне 283.5 – 325.0 кГц и пользоваться ими можно бесплатно. Вашими единственными расходами, если Вы захотите пользоваться услугами этих служб, будет приобретение DGPS-приемника. Этот приемник подклю-

чается к Вашему GPS-навигатору с помощью 3-х проводного кабеля, по которому поправка передается в обычном последовательном виде в формате, называемом RTCM SC-104.

Платные DGPS-службы работают в УКВ-диапазоне или осуществляют вещание через спутники. Естественно, и в этих случаях Вам понадобится специальный DGPS-приемник для приема поправок и передачи их на GPS-навигатор.

Преимущества DGPS:

- Не требуется создавать собственную дорогостоящую линию радиосвязи;
- Не требуется получать лицензию на использование радиочастот;
- Не нужна дорогая базовая GPS станция;
- Не требуется постобработка данных;
- Большой радиус действия;
- Удобная навигация и поиск объектов.

Но у DGPS систем есть некоторые ограничения. УКВ системы работают на расстояниях прямой видимости, СВ и ДВ системы имеют большие шумы при распространении, большинство наземных систем ограничены относительно узкой полосой радиочастот, ограничивающей интервал в котором передаются поправки. При использовании спутника для передачи DGPS коррекций велико влияние окружающих препятствий.

Факторы, влияющие на точность DGPS:

1. Снижение зависимости ошибок при увеличении расстояния от опорной станции, которое неминуемо приводит к ошибкам в определении координат.
2. Необходимость наблюдения общих спутников на опорной и подвижной станциях. При увеличении расстояния между ними количество общих спутников снижается, поскольку некоторые спутники заходят за горизонт и не могут быть использованы для коррекции и вычисления координат.

3. Взаимное геометрическое расположение спутников (т.н. коэффициент HDOP, характеризующий снижение точности определения координат в плане, вызванное расположением спутников).
4. Ключом к стоимости эффективной системы DGPS является канал связи, который позволяет передавать дифференциальные данные об ошибках от базового приемника до пользователя экономно и с хорошей точностью. В настоящее время в мире для городских условий используются в основном системы передачи поправок двух типов — с помощью геостационарных спутников или с помощью поднесущей частоты в FM диапазоне.

Сейчас изучаются пути преодоления преград спутников в застроенных областях. Передача с наземных FM станций развивается в основном в городских условиях. Однако радиоспектр достаточно скуден, а стоимость работы таких систем и прочие ограничения (меньшая дальность, мертвые зоны в покрытии) приведут к соперничеству систем доставки DGPS данных. Рассмотрим вкратце принципы действия обеих систем, а также основные компании, предлагающие этот сервис.

6.2. Передача RTCM поправок с помощью геостационарных спутников.

Системы такого типа имеют управляющий центр, который принимает данные от большого количества опорных станций по всему миру и непрерывно обновляет их данными геостационарные спутники, покрывающие площадь в тысячи километров.

Вычисленные коррекции на каждом опорном пункте посылаются в Управляющий центр для проверки и контроля целостности. Затем оттуда эти данные передаются для закладки в центр управления и посылаются на спутник, откуда транслируются на определенную территорию в формате RTCM SC-104 всем пользователям системы. Самое простое использование системы — выбрать в приемнике ближайшую опорную станцию и получать поправки от нее. Все, что требуется для такой системы — это приемник сигналов гео-

стационарного спутника и GPS–приемник с возможностью приема поправок в формате RTCM. Для взаимодействия обеих систем используется простой протокол RS–232. При этом точность координат составляет обычно 1–3 метра (в зависимости от типа приемника) со скоростью их обновления каждые 2 секунды с задержкой от 2 до 5 секунд.

Возможен другой подход при использовании опорной сети пунктов и выработки с помощью них т.н. сетевого DGPS решения. Это сетевое решение обеспечивает бесшовную GPS–систему на больших территориях, объединяя данные всей сети опорных пунктов. Сетевое решение получается в управляющем центре с использованием поправок от каждой опорной станции сети. Система сама выполняет контроль качества, отбраковку ошибок и вычисляет взвешенное решение для некой Виртуальной Опорной станции для передачи через геостационарный спутник единой строкой данных. В управляющем центре сети выполняется синхронизация часов всех опорных станций сети и устанавливается среднее сетевое время по данным общих спутников на трех и более опорных станциях. Обычно данные от каждой опорной станции принимаются в Центре раз в секунду. Раздельные поправки вырабатываются для ошибок эфемерид и задержки в ионосфере, которые пространственно не связаны, и для ошибок часов спутников, которые не изменяются в пространстве. Эти раздельные поправки получают из процессов моделирования в реальном времени по каждому источнику ошибок. Изменение отдельных поправок по сети оценивается в Управляющем центре для вычисления единой поправки 1 Типа для Виртуальной Опорной Станции на центроид сети.

Потери, имеющиеся в отдельных местах, покрываются присутствием избыточной информации из Центра. Проблемы, связанные со сбоями на опорных станциях или спутниках, разрешаются до того, как поправки будут посланы пользователям. Статические и динамические тесты показали, что Сетевое решение дает более точные результаты, чем решение от одной опорной станции, особенно на больших площадях.

Затем мощный передатчик посылает дифкоррекции от спутника в формате RTCM на частотах в L-диапазоне. Сигналы не подвержены радиоинтерференции и обеспечивают надежный канал. Мощность и частота сигналов позволяет получать их, используя маленькую антенну с полусферической диаграммой направленности. Она может быть установлена на транспорте, самолете или даже на рюкзаке для обеспечения специалистов всех отраслей точными координатами во всем регионе.

OMNISTAR

Omnistar, Inc — член группы компаний Omnistar в Fugro Group — многонациональной консультационной группы. DGPS поправки передаются пользователям через 7 спутников связи с 5 наземными станциями закладки информации по всему миру. Спутники передают поправки на большие территории с высокой надежностью и скоростью обновления, сравнимой с наземными радиопередатчиками. В ключевых рынках (Северная Америка, Европа, Австралия) спутниковые области покрытия обеспечивают двойное покрытие, уменьшая возможность преграды сигналов. Fugro предлагает много услуг и систем для многочисленных наземных, морских и авиационных приложений — STARFIX, OMNISTAR, SEASTAR. DGPS системы управляются из 3 контрольных центра в Осло, Хьюстоне и Перте. Собственное специальное ПО используется для оптимизации точности позиционирования и обеспечения контроля качества данных. В большинстве из зон точность определения координат в плане субметровая, но зависит от качества GPS приемника.

STARFIX — бесшовное глобальное покрытие по всему миру (+/- 70 градусов). Поправки передаются с помощью всех 4 спутников системы Инмарсат.

OMNISTAR — портативные спутниковые приемники в ключевых областях. (США и большая часть Канады, Австралия, Новая Зеландия, Юго-Восточная Азия), которые используют простое в работе решение от виртуальной базовой станции.

SEASTAR — покрывает Северо–Западную Европу и используется в основном для морского применения.

Исторически услуги компании по точной навигации предназначались морским потребителям, особенно в нефтяной и газовой промышленности. С появлением новых рынков сервис расширен для наземных (точное с/х, сбор данных ГИС, съемка), морских (паромные переправы, положение танкеров и рыболовецких судов, подводные ископаемые) и авиационных (воздушные геофизические съемки, определение урожая). Простота в использовании и компактность оборудования системы OMNISTAR делает ее пригодной для традиционной съемки местности, где достаточно точности 1 метр. Для увеличения точности используется собственное ПО, обеспечивающее истинный контроль качества.

По утверждению представителей компании в настоящее время она имеет от 80 до 90% рынка спутниковых дифференциальных услуг в мире. Ее основные рынки — сельское хозяйство, геодезия и картография, горное дело, авиация.

В качестве ограничений системы указывается доступность надежных сигналов, стоимость, недостаток приложений, свойственные ограничения радиосистем, уровень точности.

RACAL

В 1990 году компания RACAL ввела в действие всемирную систему DGPS для точной навигации — SkyFix. Система имеет два управляющих центра — в Абердине и Сингапуре, которые принимают данные от более 65 опорных станций по всему миру и обновляют их данными геостационарные спутники Инмарсат.

В октябре 1994 из нее выделилась система LandStar как всеавстралийская DGPS– система, использующая геостационарный спутник OPTUS для передачи коррекций на весь австралийский континент. Для этого была основана сеть из 9 точно определенных опорных станций по всей Австралии. Их

положение было выбрано таким образом, чтобы пользователь в любой точке Австралии находился не далее 1000 км от опорной станции.

Вслед за запуском нового спутника Italsat F2 с ракеты–носителя Ариан 4 в августе 1996г., Racal Survey Ltd. (Великобритания) ввела DGPS сервис LandStar, который позволяет получать метровую точность координат по всей Европе. Услуга стала доступной с для площади от Западной Атлантики на восток до Москвы и от Гибралтара до Скандинавии. Она может быть получена в любых погодных условиях и в любое время дня и ночи.

Сеть из 8 точно определенных опорных станций размещена по всей Европе в местах, обеспечивающих жесткую опорную сеть. Станции вырабатывают дифференциальные поправки к GPS–сигналам, которые непрерывно отслеживаются на целостность и качество в управляющем центре LandStar в г. Абердине. Затем коррекции передаются пользователям с помощью нового спутника, находящегося на геостационарной орбите над Европой.

4.2. Сравнительная характеристика СНС GPS и ГЛОНАСС

Значительные по существу революционные изменения в области морской навигации произошли в настоящее время в мире. Они связаны с появлением двух новых спутниковых навигационных систем (СНС), одновременно созданных в нашей стране и США. Отечественная система носит название «Глонасс», а американская – «Navstar» или «GPS». Вот только некоторые возможности этих систем:

- глобально и непрерывно высокоточно определять местоположение судна в любом районе и в любое время;
- непрерывно определять вектор движения судна, то есть знать направление его движения и скорость относительно Земли;
- вести непрерывное обсервационное счисление пути судна на электронном видеопроекторе или путепроекторе;
- постоянно контролировать следование судна по заданному маршруту;

- управлять судном не по курсу, а по траектории в полосе, составляющей всего несколько метров.

Обе системы являются в принципе однотипными и используют искусственные спутники земли (ИСЗ), вращающиеся в разных орбитальных плоскостях на высотах около 20 тысяч километров с периодами 11–12 часов. В состав каждой национальной системы входят 24 ИСЗ. С окончанием ввода всех спутников появилась возможность глобального непрерывного высокоточного определения трехмерных координат места объекта (судна или самолета) и вектора скорости их перемещения относительно Земли. Для таких определений необходимо одновременно наблюдать не менее чем за четырьмя ИСЗ, а для морской навигации, при которой требуется знать только широту и долготу места судна, достаточно иметь в зоне видимости три спутника.

Каждый ИСЗ системы непрерывно излучает сфазированные сигналы в L–диапазоне частот (1200–1600 мГц), содержащие данные о статусе системы, текущем времени, эфемеридах и альманахе для всех спутников. Для первичного приема всей этой информации требуется несколько минут, а после ее получения судовая приемоиндикаторная аппаратура будет способна, измеряя дальности до ИСЗ, определять координаты текущего местоположения судна практически непрерывно при условии нахождения в зоне видимости не менее трех спутников.

По своим характеристикам обе системы имеют много общего, в то же время они обладают определенными особенностями, в основном не принципиального характера. К их числу относятся некоторые различия в используемых рабочих частотах. Но так как они незначительные по величине, возможен прием сигналов обеих систем с использованием общей антенны.

Различием их является также то, что в системе «Navstar» принято временное разделение сигналов, а в системе «Глонасс» частотное. Все эти особенности обеих систем не препятствуют созданию совмещенных приемных устройств, работающих по системам «Navstar» и «Глонасс».

Наиболее важным для навигации является применение различных (разных) координатных систем и некоторое расхождение в системах времени, что может несколько ухудшить точность навигационных определений при совместном использовании этих двух СНС. Следует отметить, что большинство выпускаемых зарубежными фирмами приемоиндикаторов предусмотрен автоматический пересчет получаемых координат в ту или иную координатную систему. Так, в аппаратуре МХ–200 заложено девять систем координат и имеется возможность дополнительно ввести еще одну. Влияние различий между системами успешно устранено в совмещенных приемоиндикаторах с помощью надежного математического обеспечения. В России разработан 6–канальный приемоиндикатор «Шкипер–Н», который способен работать по обеим системам. В настоящее время в России серийно выпускается судовая аппаратура СЧ–2004 «Челн», с помощью которой одновременно измеряются псевдодальности до трех спутников «Глонасс» или «Navstar» и доплеровский сдвиг частоты, по ним рассчитываются долгота и широта места судна с дискретностью 1 с и вектор истинной скорости и курса. Способность приемной аппаратуры работать одновременно по двум системам позволяет существенно повысить надежность ее работы, а также несколько увеличить точность наблюдений благодаря возможности выбора оптимального расположенных спутников.

Разработка спутниковых навигационных систем побуждает усилия США увязать с ними свою национальную политику, большинство зарубежных стран либо координируют свою политику в области навигации с планами США, либо создают свои межнациональные, национальные и промышленные объединения для решения задач навигационного обеспечения в определенных районах. Примерами могут служить попытки создания европейской сети РНС «Лоран–С» на базе оставленных США наземных станций для обеспечения безопасности мореплавания. Такая политическая обстановка способствовала развитию особых мнений касающихся вопросов безопасности мореплавания. Так, например, главное мнение Министерства рыболов-

ства Норвегии заключается в следующем: нам необходима система, которую мы можем контролировать подобно наземной РНС «Декка». СНС «Navstar» мы не рассматриваем как таковую, хотя она все более и более становится важным средством радионавигационного обеспечения.

В дальневосточном регионе еще в начале нынешнего десятилетия возникли перспективы создания международных цепочек по РНС «Лоран–С» и «Чайка». 7 сентября 1992 года представители национальных администраций четырех государств Восточно–Азиатского региона (Китайской Народной Республики, Кореи, Российской Федерации и Японии) подписали в Москве соглашение по Международной программе создания в дальневосточном регионе объединенной радионавигационной службы станций «Чайка» и «Лоран–С» на базе объединенных цепей (FERS–Far East Radionavigation Service).

Целью этого Соглашения, направленного на развитие международного сотрудничества в области радионавигации, является:

- предоставление мировому сообществу на не дискриминационной основе радионавигационных услуг для обеспечения безопасной и эффективной навигации;
- содействие выполнению задач МАМС, касающихся безопасности навигации морских потребителей;
- определение средств, с помощью которых стороны координируют управление объединенными цепями и взаимодействуют с национальными властями и соответствующими международными организациями при эксплуатации и поддержании радионавигационных систем.

При этом каждая сторона отвечает за выполнение и обеспечение эксплуатации своих наземных станций «Чайка» и «Лоран–С» и объединенной цепи «Чайка/Лоран–С» на долгосрочной основе.

Анализ требований к точности навигационного обеспечения морских, воздушных и наземных потребителей выявил тенденцию к возрастанию удельного веса задач, качественное решение которых требует более высокой

точности определения координат, чем позволяет в настоящее время штатный режим работы среднеорбитной спутниковой навигационной системы (СНС) «Глонасс» и «Navstar».

Одним из путей решения задачи удовлетворения возрастающих потребностей по точности, доступности и целостности навигационного обеспечения потребителей СНС является использование дифференциального режима.

Рассмотрение нескольких вариантов реализации дифференциальной СНС для локальных районов, каждый из которых обладает достоинствами и недостатками, показало, что наибольший интерес для пользователя могут представлять следующие:

- Дифференциальная подсистема с использованием контрольных корректирующих станций (ККС) или (КП) для выработки дифференциальных поправок к измеренным псевдодальностям, разностям псевдодальностей, фазам несущей частоты.
- Дифференциальная подсистема на базе псевдоспутников (ПС), позволяющих потребителю наряду с дифференциальными поправками осуществлять дополнительные навигационные измерения. Число радионавигационных ориентиров при этом в совместной зоне действия увеличивается на число псевдоспутников.
- Дифференциальная подсистема с использованием сети ретрансляторов спутниковых сигналов (РТ), обеспечивающих компенсацию основных погрешностей СНС за счет использования в процессе навигационных определений только одного космического аппарата (КА). При этом число радионавигационных ориентиров в рабочей зоне увеличивается как минимум на три.

Для сравнительной оценки эффективности вариантов дифференциальной подсистемы СНРС были разработаны две имитационные математические модели.

Первая модель «Точность» предназначалась для оценки точности нави-

гационных определений в зависимости от варианта построения дифференциальной подсистемы, временных и пространственных характеристики состава системы погрешностей.

Вторая модель «Эффективность» предназначалась для оценки вероятности навигационных определений с требуемой точностью в любой момент времени на заданном интервале с учетом надежности основных компонентов дифференциальной подсистемы и аппаратуры потребителю. В модели вероятность оценивалась как отношение числа благоприятных случаев к общему числу случаев на временном отрезке, длина которого превышает или равна периоду повторения навигационных СНС.

С помощью этих моделей была исследована эффективность вариантов дифференциальных подсистем СРНС при различных комбинациях параметров:

- структура сети КА выбрана штатной для СНС «Глонасс», с числом КА 24 и 18;
- число наземных станций в трех вариантах варьировалась в пределах: 1 контрольная корректирующая станция, 1–3 псевдоспутника, 3–6 ретрансляторов;
- диапазон географических широт был выбран в пределах 60^0 – 90^0 из условия образования системой менее благоприятных созвездий (за счет отсутствия околоземных КА);
- во всех вариантах использовалась полная система погрешностей, принятая для СНС «Глонасс»;
- время использования потребителем дифференциальных поправок в вариантах 1 и 2 менялась в пределах 0–10 мин.;
- пределы зон действия дифференциальных подсистем соответствовали дальности действия наземных станций: УКВ диапазона – до 100 км; СВ диапазона – до 600 км;

- обследование зон действия для сравнительной оценки эффективности проводилось по азимутам – 0^0 – 360^0 и по дальности – 0–100 км от точки с максимальной точностью навигационных определений;
- конфигурация тройки наземных станций ретрансляторов выбиралась в двух вариантах: равностороннего и равнобедренного треугольника с азимутом A относительно центральной точки треугольника

$$A_1 = A_0 + 0^0, \quad A^2 = A^0 + 120^0, \quad A^3 = A^0 + 240^0$$

$$A_1 = A_0 + 0^0, \quad A_2 = A_0 + 150^0, \quad A_3 = A_0 + 210^0$$

с удалением от этой точки в пределах 10–100 км.

Основные характеристики различных вариантов дифференциальных подсистем полученные в результате моделирования представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики вариантов дифференциальных подсистем

Варианты	Дальность действия, км	Геометрический критерий точности	РКСП места, м	Вероятности обслуживания		Числа наз. стан.	Миним. число КА в работе чем созвес.
				24 КА	18 КА		
.	600	3,5–5,0*	3,0–4,5*	0,980	0,854	1	4
			5,3–6,5**				
.	100	2,5–4,0	2,9–4,3	0,990	0,968	1	3
.	60–100	1,5–3,0	простран 1,7–8,0	0,999	0,999	3	1
			плановая 0,8–2,0				

* – при использовании специальной аппаратуры,

** – при использовании штатной аппаратуры.

На основе анализа результатов моделирования можно сделать сле-

дующие выводы:

Третий вариант построения дифференцированной подсистемы СНС и использованием станций–ретрансляторов спутниковых сигналов обеспечивает наибольшую точность на расстоянии до 100 км. Даже при 18 КА в системе этот вариант может обеспечить доступность на уровне 0,999 и точность (СКП) пространственная 1,7–3,0 м, а плановая – 0,8–2,0 м.

Первый вариант дифференциальной СНС характеризуется более низкими показателями доступности и точности, но обладает большой зоной действия (до 600 км) и сравнительно высокими точностными характеристиками (СКП 3,0–4,5) при использовании специальной аппаратуры.

Второй целесообразно использовать в тех случаях, когда существует необходимость повышения уровня доступности и отсутствует возможность применения третьего варианта.

Наиболее полное и эффективное удовлетворение перечисленным требованиям потребителей в навигационном обеспечении возможно при разумном применении различных вариантов, с учетом их возможностей и поставленных задач.

Так вариант 3 целесообразен при оборудовании аэродромов, портов.

Вариант 1 при оборудовании подходов к портам, базам.

Вариант 2 на удалении до 100 км в тех случаях, когда применение других вариантов неэффективно или затруднительно.

На околоземной орбите в 2004 году заработал российский спутник



нового поколения "Глонасс-М", запущенный в рамках создания глобальной системы спутниковой навигации (ГЛОНАСС).

Спутник изготовлен специалистами НПО прикладной механики имени академика Миха-

ила Решетнева по заказу Федерального космического агентства и Минобороны РФ. Он был выведен на орбиту 10 декабря 2003 года, и до настоящего времени проходил тестирование.

Очередной космический аппарат системы ГЛОНАСС пополнил российскую орбитальную группировку в конце 2004 года.

В рамках данной программы на орбите должны работать 24 спутника, которые будут непрерывно передавать на Землю специальные навигационные сигналы, позволяющие определять координаты воздушных, морских, наземных и космических объектов с точностью до одного метра.

Проект создания европейской спутниковой навигационной системы Galileo был представлен в марте 2002 г. Его инициаторами стали Евросоюз и Европейское космическое агентство. Стоимость этого проекта оценивается в 3,5 млрд евро.

Система Galileo должна стать гражданской навигационной системой, независимой от американской навигационной системы GPS. Системой GPS управляет Пентагон, поэтому ее навигационные данные с точностью до 1 м получают лишь американские военные, а для гражданских пользователей системы GPS допустимая точность составляет 10 м. Galileo же даст гражданским пользователям такие же точные навигационные данные, какие есть у американских военных.

По проекту система Galileo будет состоять из 30 спутников и соответствующего наземного оборудования. Ее полномасштабная эксплуатация должна начаться в 2008 г.



Для тестовой эксплуатации системы Galileo готовится два спутника. Запуск первого из них запланирован на декабрь этого года. Его выведет на околоземную орбиту российская ракета "Союз", которая стартует с космодрома Байконур. Этот

спутник, который имеет наименование GSTB-V2/A, был разработан и построен английской компанией Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL). Недавно он прибыл для тестирования в Европейский центр космических исследований и технологий, который расположен в Нордвике (Нидерланды).

Спутнику GSTB-V2/A предстоит выдержать климатические испытания в условиях, приближенных к космическим (в холодной вакуумной камере), испытания на вибростенде, акустические испытания, в которых моделируется ситуация при запуске ракеты со спутником, и испытания на электромагнитную совместимость всего оборудования спутника. Кроме того, будет проведена проверка механизма разворачивания солнечных панелей.

Первый спутник системы Galileo имеет размеры 1,3 x 1,8 x 1,65 м. Его стартовая масса составляет около 600 кг. Потребляемая мощность его оборудования составляет 700 Вт, необходимую электроэнергию будут вырабатывать две солнечные панели длиной 1,74 м каждая с системами слежения за Солнцем.

Еще раз повторим, что этот спутник, так же как и следующий за ним, предназначены лишь для тестирования системы Galileo и рассчитаны они на два года работы. Кроме проверки работоспособности навигационной системы, тестирования новых технологий и исследования радиационной обстановки на рабочих орбитах системы Galileo, у первых двух спутников есть и более приземленная задача: им нужно до июня 2006 г. занять выделенные частоты.

4.3. Дифференциальные варианты использования системы GPS «Navstar».

Идея дифференциального метода определения места заключается в том, что контрольными пунктами (КП) с известными координатами производятся измерения навигационных параметров по сигналам системы. Параметры с периодичностью 1 минуту транслируются потребителем, нахо-

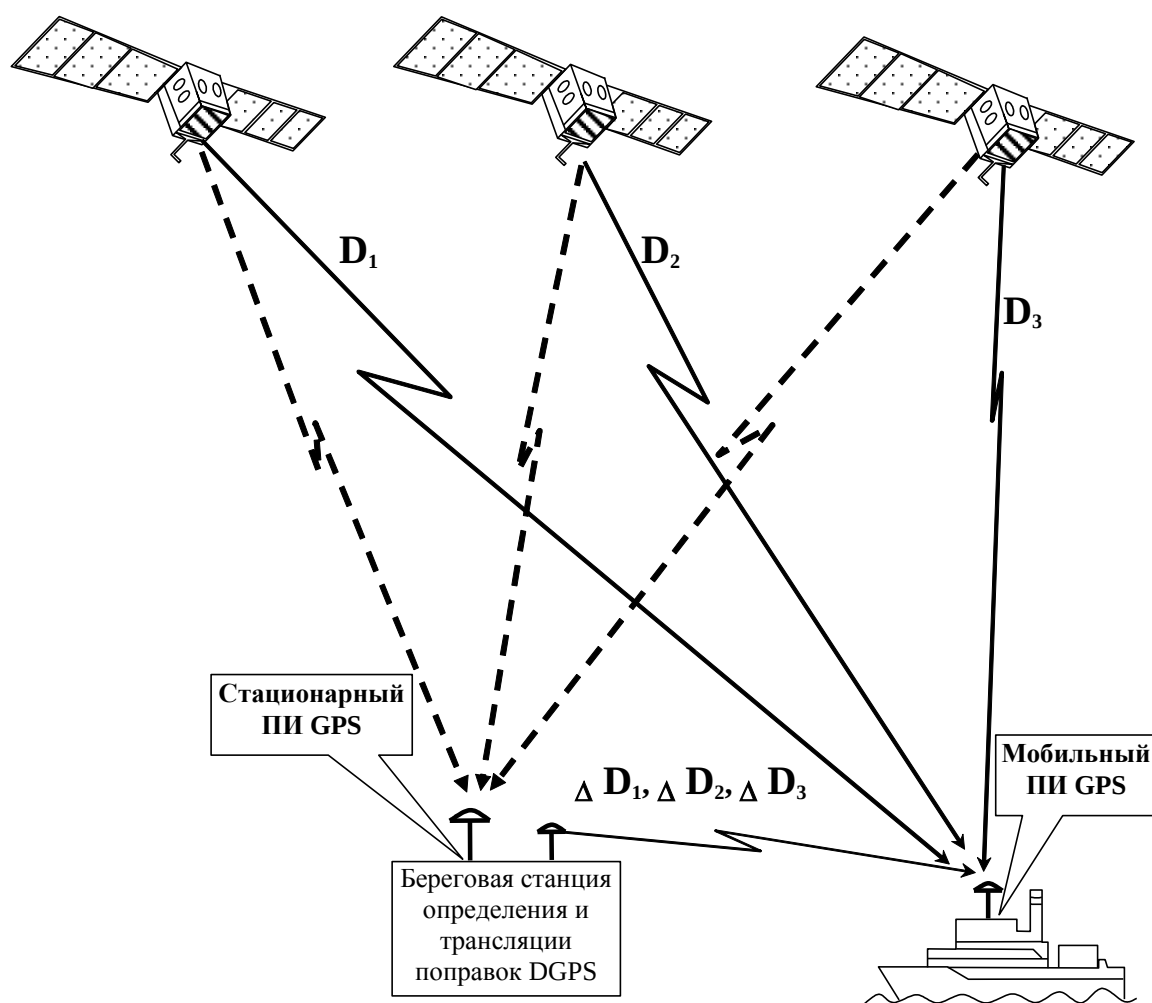
дящемся в окрестностях КП. Потребитель принимают параметры контрольного пункта и сигналы системы. Их совместная обработка позволяет исключать регулярные (коррелированные) погрешности и существенно повысить точность определения координат потребителя. К коррелированным погрешностям измерений, общим для КП и потребителя, относятся:

- погрешности эфемерид;
- погрешность рассогласования шкал времени спутников;
- погрешности за условия распространения радиоволн;
- геодезические погрешности.

Если величина составляющих погрешностей соответствует средне-статистической, результирующая погрешность квазидальности составляет 14 м и при геометрическом факторе 1,5 погрешность определения пространственных координат будет равна 36 метрам. Дифференциальный метод при коэффициенте корреляции перечисленных составляющих, равном 1, дает погрешность 8,7 метра. Таким образом, точность определения координат повысится более чем в 4 раза. Эти цифры относятся и к определению скорости. Случайные погрешности снижают точность дифференциального метода примерно на 30%. Поэтому на КП принимаются специальные меры для снижения случайных погрешностей. Точность снижается также по мере удаления потребителя от КП.

Известны различные способы дифференциальных определений. В простейшем случае на КП вычисляются разности координат, полученных в результате определения по системе и известных координат пункта. Эти разности передаются потребителям, находящимся в рабочей зоне КП. Этот способ дает погрешность определения координат в пределах 4 метров, т.е. весьма высокую точность. Однако, в этом способе потребитель и КП должны использовать при измерениях одно и то же рабочее созвездие спутников. Очевидно, что при этом способе потребитель лишается права выбора оптимального созвездия спутников по мере удаления от КП, следовательно проигрывает в точности. Более перспективным является способ

дифференциальных определений невязок квазидальностей ΔR_i . На КА для каждого из видимых спутников рассматриваются и транслируются потребителем соответствующие ΔR_i . Решение навигационных задач производится по скорректированным квазидальностям, и за счет возможности выбора потребителем оптимального созвездия точность при удалении от КП не снижается.



Структура дифференциальной GPS «NAVSTAR»

Следует отметить, что преимущества дифференциального способа усложняют аппаратуру потребителя: необходим приемник дифференциальных поправок и дополнительное математическое обеспечение.

По количеству КП и взаимодействию с КП потребителя дифференциальные определения делятся на два варианта: общепринятый и разви-

тый.

Общепринятый дифференциальный вариант основан на работе потребителя с одним КП. Модель этого варианта учитывает зависимости погрешностей квазидальностей за счет точности эфемеридной информации, от угловых высот спутников, удаления пользователя от КП. Учитываются в модели также зависимости ошибок за условия распространения радиоволн. Однако суммарная погрешность в такой модели достаточно велика и существенно возрастает при удалении от КП. В таблице 2 приведена погрешность общепринятого дифференциального варианта в зависимости от удаления от КП при геометрическом факторе, равном 1,5.

Развитый дифференциальный вариант позволяет сохранить высокую точность навигационных определений в радиусе до 1000 м.миль, практически не зависящую от удаления от КП. В таком варианте ряд из четырех периферийных КП замыкаются на главном КП, образуя сеть. Геометрия сети такова, что главный КП размещается в центре окружности, а периферийные КП – по радиусам. Главный КП принимает поправки от периферийных КП и после совместной их обработки по довольно сложной модели объединяет их в формат дифференциального сообщения, которое действительно для района радиусом порядка 1000 м. миль. В дифференциальной сети рассчитываются погрешности эфемерид и рассогласования шкал времени спутников. Соответствующие поправки передаются спутникам. При этом эфемеридная погрешность снижается до 1 метра, а погрешность за счет взаимной синхронизации спутников – до 0,3 м. развитый дифференциальный вариант снижает также и атмосферные погрешности: ионосферную до 2 м, а тропосферную до 0,4 метров.

Навигационная точность развитого дифференциального варианта приведена в таблице 3.

Береговая дифференциальная сеть «Navstar», разработанная Береговой охраной США, состоит из двух главных КП. В этой системе использу-

ются передатчики существующих морских буев.

Таблица 2

Вид погрешности	Значения погрешности (м) при расстоянии до КП (м.миль)				
	0	100	500	1000	2000
Эфемерид	0	0,3	1,5	3,0	6,0
Рассогласование шкал времени спутников	0	0	0	0	0
Ионосферная	0	2,4	5,3	7,0	9,0
Тропосферная	0	2,0	2,0	2,0	2,0
Среднеквадратическая	0	3,1	5,6	7,3	9,3
Погрешность аппаратуры потребителя (шумовая)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Результирующая погрешность в квазидальности	1,0	3,3	5,8	7,4	9,5
Погрешность определения места	3,0	10,0	17,3	22,0	28,7

Таблица 3

Вид погрешности	Значение погрешности Р, м
Эфемерид	1,0
Рассогласование шкал времени спутников	0,3
Ионосферная	2,0
Тропосферная	0,3
Среднеквадратическая	2,7

Погрешность аппаратуры потребителя (шумовая)	1,0
Результирующая погрешность в квазидальности	2,6
Погрешность определения места	8,0

Для прибрежной части России достаточно нескольких главных КП.

В настоящее время Международная ассоциация маячных служб рекомендует использовать для передачи дифференциальных сообщений навигационные радиомаяки.

4.4. Функциональные и информационные особенности приемоиндикаторов GPS «Navstar» и «Глонасс» 2-го поколения.

В настоящее время российскими и зарубежными фирмами серийно выпускается целый ряд приемоиндикаторов, работающих по системам «Navstar» и «Глонасс». Для приема сигналов СНРС «Глонасс» и «Navstar» серийно выпускается судовая аппаратура СЧ–2004 «Челн», с помощью которой одновременно измеряются псевдодальности до трех спутников «Глонасс» или «Navstar» и доплеровский сдвиг частоты, по ним рассчитываются долгота λ и широта φ места судна с дискретностью 1 с и вектор истинной скорости и курса, и истинное время.

В состав комплекса СЧ–2004 входят:

- преобразователь напряжения, позволяющий осуществлять питание аппаратуры при напряжении судовой сети 110, 220 и 380 В;
- приемоиндикатор;
- блок антенн;
- термопечатающее устройство (printer) для документирования навигационной информации ПИ.

Предусмотрено сопряжение аппаратуры с автопрокладчиком, судовыми системами подачи сигналов бедствия и с персональным компьюте-

ром типа IBM для создания автоматизированного рабочего места штурмана. Аппаратура позволяет осуществлять автоматический контроль функционирования, диагностики и регистрации неисправных блоков, расчет локсодромических курсов и расстояний от текущей до избранной точки, расчет частных локсодромических курсов при плавании по ортодромии, выработки параметров отклонения от заданного маршрута, сигнализацию о выходе за пределы фарватера.

Антенный блок осуществляет прием и усиление сигналов в диапазоне 1570–1620 МГц, преобразует их в сигналы промежуточной частоты 15–65 МГц и снова усиливает и. Масса антенного блока 1,6 кг. Антенна закрыта диэлектрическим радиопрозрачным кожухом.

На лицевой панели приемоиндикатора расположен экран на жидких кристаллах, где высвечивается навигационная информация, сигнальная лампочка, номеронабиратель из 10 цифр, функциональные клавиши “F” и “E” (Enter), клавиши для перемещения формуляра на экране (по строкам влево ◀, вправо ▶, по столбцам вверх ▲, вниз ▼). Масса приемоиндикатора не превышает 8 кг.

При включении аппаратуры подается питание (загорается сигнальная лампочка) и нажимается любая клавиша для проверки работоспособности. Затем с помощью номеронабирателя и функциональных клавиш вводятся λ и φ с точностью до 30 миль и высота антенны под уровнем моря в метрах.

Вызов на экран нужного формуляра (навигационной информации, указанной в инструкции по использованию ПИ) производится нажатием клавиши “F” и соответствующей клавиши из цифр. Нажатие только клавиши “F” восстанавливает нужный формуляр на экране. Время получения первой обсервации после включения аппаратуры составляет около 3 мин. Координаты определяются с радиальной погрешностью, не превышающей 45 м, скорость – 0,2 уз.

4.5. Совместное использование ИФРНС и СНС

За рубежом уже создана приемоиндикаторная технология, позволяющая реализовать возможности интегрированного радионавигационного поля многих объединенных цепей ИФРНС. В России также ведется разработка отечественного интегрированного приемоиндикатора, работающего по сигналам систем «ГЛОНАСС», «ЧАЙКА», GPS и LORAN-C.

Такие приемоиндикаторы обрабатывают обычно от 20 до 40 сигналов одновременно, хотя для определения места судна необходима и достаточна обработка сигналов минимум от трех передатчиков LORAN-C. Благодаря объединению цепей ИФРНС и внедрению современной приемоиндикаторной технологии возможно получение рабочей зоны, близкой к глобальной.

Другим направлением совершенствования существующей инфраструктуры РНС LORAN-C/«ЧАЙКА» является возможность использования ее в качестве мощного системного усиления для спутниковых систем GPS, GNSS, «ГЛОНАСС».

Несмотря на удовлетворённость многих потребителей высокой точностью GPS, существует необходимость в повышении ее целостности и доступности, так как спутниковые системы сами по себе не могут обеспечить целостность и доступность, необходимые для сертификации их в качестве единственного средства навигации воздушных потребителей.

Под целостностью (достоверностью) РНС понимается способность системы обеспечивать получение потребителями координатно-временной информации с заданным качеством. Одним из направлений повышения целостности является введение избыточного контроля (определения и устранения неисправностей или автономного мониторинга целостности в приемоиндикаторе - RAIM) и создание станций наземного и космического базирования для улучшения рабочей зоны (DGPS, WAAS, LAAS).

Доступность системы есть вероятность того, что в любое время и в любой точке рабочей зоны навигационная система обеспечивает потребителя информацией, достаточной для определения местоположения с требуемой

точностью. Традиционно доступность определяется как процент времени, в течение которого система надлежащим образом функционирует в заданном режиме. Днем GPS доступна обычно более чем на 90 %, но в ряде случаев этого недостаточно.

Совместное использование наземных ИФРНС и космических РНС позволяет создать интегрированную радионавигационную систему, превосходящую по своим техническим характеристикам каждую из входящих в нее систем. Так, создание интегрированного радионавигационного поля на основе системы GPS, дополненной системой LORAN-C, обеспечивает уровень доступности и достоверности сигнала, превышающий 99,9998 %. Сохранение в эксплуатации систем с наземным базированием LORAN-C/«ЧАЙКА» фактически позволит решить проблемы доступности и целостности спутниковых радионавигационных систем.

Примером еще одного направления использования систем LORAN-C/«ЧАЙКА» являются работы по созданию системы EUROFIX (Нидерланды), представляющей собой комплексную систему обслуживания, использующую сигнал РНС LORAN-C для передачи дифференциальных поправок и другой достоверной информации потребителям системы GPS или другой спутниковой системы на большие расстояния.

Аналогичная концепция заложена в систему LAGPS (Loran Augmented GPS), которая разрабатывается в США и представляет собой РНС GPS, дополненную системой LORAN-C.

Передача дифференциальной информации по каналу РНС LORAN-C осуществляется непрерывно посредством модуляции 6 из 8 импульсов в пакете РНС LORAN-C. При этом значительно увеличиваются непрерывность и доступность поправок. Кроме того, имеет место процесс взаимного повышения качества навигационных определений, так как, когда дифференциальная система DGPS доступна, точное местоопределение используется для калибровки LORAN-C. Если DGPS недоступна, потребитель может продолжать местоопределение с помощью LORAN-C.

При использовании существующей инфраструктуры РНС LORAN-C для передачи дифференциальных поправок системы GPS обеспечивается канал связи с высокой доступностью, надежностью и рабочей зоной, перекрывающей всю территорию США и Западной Европы. В России также ведется разработка системы передачи дифференциальных поправок РНС «ГЛОНАСС» по навигационному каналу РНС «ЧАЙКА»

Высокие технические характеристики импульсно-фазовых РНС «ЧАЙКА» и LORAN-C и относительно небольшие эксплуатационные системные расходы определяют их эффективное применение в настоящем и будущем.

Импульсно-фазовые РНС являются эффективным дополнением для спутниковых навигационных систем, гарантируя повышение доступности и целостности, при этом наиболее перспективным является сочетание спутниковых систем GPS/«ГЛОНАСС», что и учтено в Федеральной целевой программе по использованию

Проект Galileo предусматривает создание и размещение на орбите системы из 30 спутников радионавигации и позиционирования. Galileo представляет собой аналог российской ГЛОНАСС и американской GPS, ввод ее в эксплуатацию изначально планировался на 2008 год, однако затем был перенесен на 2012 год.

5. ПОНЯТИЕ РАДИОЛОКАЦИИ.

Процесс обнаружения объектов в пространстве и определение их координат радиотехническими методами называется радиолокацией. Приборы, обеспечивающие радиолокацию объектов в пространстве, называются радиолокационными станциями (РЛС). По принципу устройства и работы различают несколько видов РЛС:

Активные и пассивные. В обоих случаях полезная информация от объекта доставляется радиосигналами, приходящими от объекта к РЛС. Пассивная РЛС содержит только антенну и приемник. В состав активной РЛС кроме антенны и приемника входит передатчик.

Непрерывного излучения:

- немодулированные;
- доплеровские;
- с частотной модуляцией.

Импульсного излучения.

Для радионавигации на море используется и совершенствуется лишь один вид – активная импульсная двухкоординатная РЛС.

В качестве индикатора используется электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) с яркостной отметкой или жидкокристаллический дисплей (на некоторых современных станциях). Эхо-сигнал, усиленный в приемнике РЛС и преобразованный в видеоимпульс, попадая на ЭЛТ, увеличивает интенсивность электронного потока луча, падающего на люминофор экрана ЭЛТ.

Морские навигационные РЛС измеряют два параметра в полярной системе координат: расстояние до объекта и направление на объект (курсовой угол или пеленг).

Измерение расстояний производится амплитудным (импульсным) способом. Расстояние до объекта определяется измерением времени t_D от момента излучения «зондирующего» импульса до приема соответствующего отраженного импульса. Время t_D определяется как время прохождения импульса до объекта и обратно:

$$t_D = \frac{2 \cdot D}{c},$$

где D – расстояние до объекта;

c – скорость распространения радиоволн.

Определив время t_D , и зная скорость распространения радиоволн, определим расстояние до объекта по формуле:

$$D = \frac{c \cdot t_D}{2}$$

Масштаб дальности определяется как отношение предельного значения шкалы дальности к радиусу экрана:

$$M_D = \frac{D_{\text{шк}}}{K_{\text{э}} \cdot d_{\text{э}}},$$

где, $K_{\text{э}} \approx 0,8$ – коэффициент использования экрана;

$d_{\text{э}}$ – диаметр экрана.

Для измерения расстояния до объекта формируется электронная шкала дальности в виде яркостных отметок на развертке.

Определение угловых координат объектов основывается на использовании антенны остронаправленного действия. В морской радиолокации применяется амплитудный метод максимума. При пеленгации по методу максимума антенна плавно поворачивается, и отсчет угла цели производится в тот момент, когда амплитуда сигнала на входе приемника достигает максимума.

В современных станциях реализовано автоматическое слежение за объектом по дальности и углу.

6.ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОЙ РЛС

Импульсный метод в радиолокации позволяет довольно просто одновременно наблюдать несколько объектов, расположенных в зоне действия РЛС, так как эхо-сигналы смещены во времени в зависимости от дальности до объекта. Решение этой задачи при непрерывном излучении приводит к большому усложнению аппаратуры. Он позволяет измерить большие расстояния при небольших размерах приборов и использовать для передачи и приема сигналов одну и ту же антенну. Эти причины, несмотря на недостатки присущие методу, являются решающими в выборе импульсного метода для построения морских навигационных РЛС.

6.1. Состав и размещение приборов импульсной радиолокационной станции

Импульсная РЛС (рис.1) содержит следующие основные составные части:

- синхронизатор, вырабатывающий последовательность запускающих синхроимпульсов, управляющих работой передатчика, индикатора и схемы временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ)
- приемника; передатчик, состоящий из импульсного модулятора и генератора СВЧ, который под действием синхроимпульсов генерирует мощные «зондирующие» импульсы СВЧ;

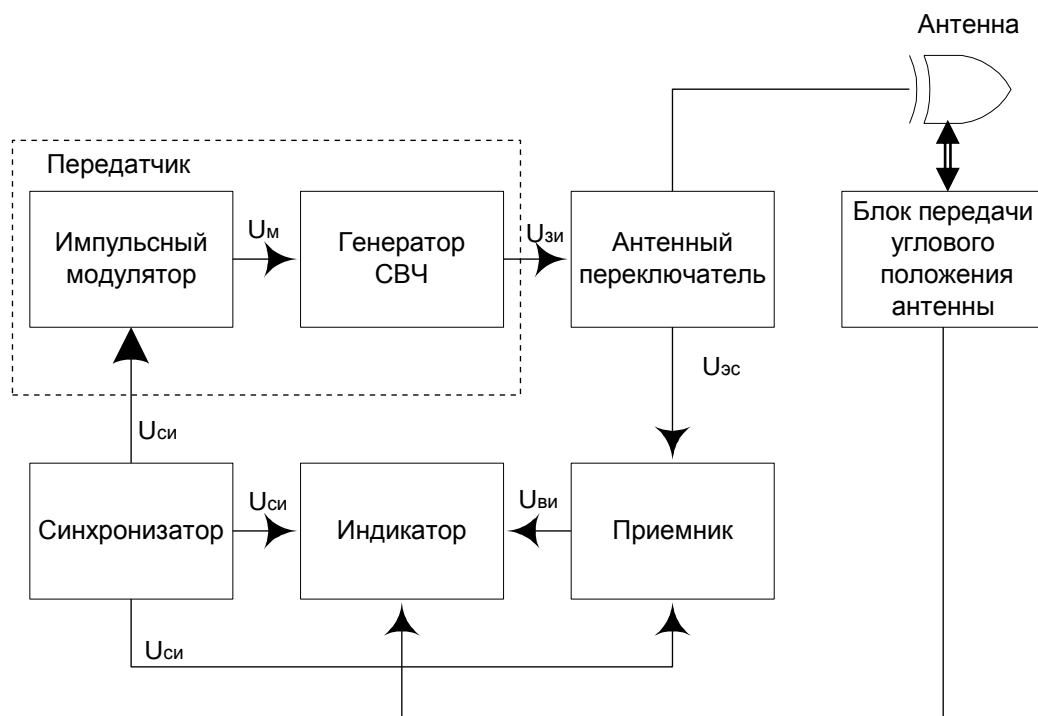


Рис. 1 Структурная схема импульсной РЛС

- антенное устройство, имеющее пеленгационную характеристику с острым максимумом, вращающаяся часть которого сканирует пространство в пределах 360° ;
- антенный переключатель, коммутирующий антенну с передачи на прием и обратно, приемник, усиливающий принятые отраженные эхо-сигналы и преобразующий их в видеоимпульсы, которые поступают на индикатор,
- блок передачи углового положения антенны на индикатор,
- индикатор, отображающий навигационную обстановку и позволяющий определить координаты объектов.

Синхронизатор периодически запускает передатчик и одновременно с ним – индикатор. Мощный кратковременный импульс высокочастотных колебаний, вырабатываемый передатчиком, поступает в антенну и излучается ею в заданном направлении в виде узкого луча. После отражения от объекта слабый высокочастотный импульс возвращается в антенну и подается на

вход приемника (при излучении приемник в закрытом состоянии). Для упрощения конструкции РЛС одну и ту же антенну используют как для излучения, так и для приема. Подключение антенны к передатчику или приемнику производят с помощью антенного переключателя. После усиления в приемнике импульс детектируется и поступает на индикатор. Так как начало работы индикатора совпадает с моментом излучения импульса по направлению к объекту, то, зафиксировав по индикатору момент прихода отраженного импульса, можно определить расстояние до объекта:

$$R = \frac{ct_R}{2},$$

где c – скорость света, $3 \cdot 10^8$ м/с, t_R – время до объекта и обратно (отрезок времени с момента излучения импульса до момента прихода отраженного сигнала, в сек.

$$R = \frac{t_R}{12,36}, \text{ в милях, если } t_R \text{ в мкс.}$$

Направление на объект в простейшем случае определяется по положению антенны в момент приема ею отраженных импульсов.

Если при достаточно частой посылке импульсов положение непрерывно вращающейся антенны фиксируется в индикаторе, то с помощью индикатора можно одновременно отмечать как расстояние до всех отражающих объектов, так и направление на них (используется в РЛС кругового обзора).

В РЛС кругового обзора ЭЛТ (электронно-лучевая трубка) способна отмечать мгновенное положение объектов на экране, а наличие послесвечения – запоминать эти положения на время оборота антенны.

Различные масштабы изображения на экране индикатора могут быть получены при изменении скорости радиальной развертки луча. При большой скорости луч проходит весь радиус экрана за меньшее время, поэтому на экране видны объекты, удаленные на меньшее расстояние, т.е. получается крупный масштаб. При малой скорости развертки на экране можно видеть

эхо-сигналы более удаленных объектов – шкала индикатора имеет мелкий масштаб.

При сопряжении индикатора с гирокомпасом можно получить ориентировку изображения относительно меридиана, при которой угловое положение цели на экране будет соответствовать пеленгу объекта.

6.2. Размещение приборов радиолокационной станции на судне на судне.

Практика использования радиолокаторов выработала ряд требований к размещению приборов станции на судне, основные из которых следующие:

Антенное устройство необходимо устанавливать по возможности выше всех выступающих над палубой мостика конструкций ездовой архитектуры, В то же время расстояние между антенной и приемопередатчиком не должно превышать установленное инструкцией и волновод должен иметь минимальное количество изгибов (колен), иначе потери энергии в волноводном тракте приведут к резкому снижению дальности обнаружения объектов. Кроме того, чрезмерная высота антенны над ватерлинией может несколько увеличить мертвую зону. Нельзя помещать антенну низко над верхней палубой мостика, так как выступающие крылья и шлюпочная палуба создадут радиотень у бортов судна. Вблизи зёркала антенны не должно быть никаких снастей, которые могут захлестнуться вокруг нее. При установке антенны в местах, часто посещаемых людьми, например, на верхнем мостике, надлежит принять меры безопасности (ограждение, установка выше человеческого роста и т. а.)

Индикатор, как правило должен располагаться в рулевой рубке, но его нередко устанавливают в штурманской, рядом с рабочим столом; в этом случае ухудшается управление судном в стесненных водах и затрудняется глазомерная проводка по радиолокатору, так как судоводитель не имеет прямого контакта с рулевым, визуального обзора и слухового наблюдения. Место, где установлен индикатор, желательно оградить шторами для защиты экрана индикатора от прямых световых лучей, но таким образом, чтобы судоводитель мог, не удаляясь от экрана, видеть окружающую обстановку.

ку. При любых вариантах установки к индикатору должен быть обеспечен свободный доступ, как для ремонта, так и для одновременного наблюдения экрана несколькими лицами.

Передачик обычно размещают в отдельном помещении, примыкающем к штурманской рубке, или в самой рубке, что несколько хуже. Иногда, сообразуясь с местом установки антенны, передачик выносят в фальштрубу или иное место на палубе мостика. Помещение, где расположен передачик, следует обеспечить хорошей вентиляцией. Выпрямитель располагают, там же где и передачик.

Агрегат питания может быть установлен в любом удобном месте. Лучше, когда для этой цели выделяется агрегатная, где размещаются агрегаты питания всех навигационных приборов.

6.3. Основные эксплуатационные характеристики РЛС

Для судовождения особенно важно наглядное представление об окружающей местности, что дают радиолокаторы кругового обзора, воспроизводящие на экране электроннолучевой трубки (ЭЛТ) радиолокационное изображение местности.

Работа радиолокатора состоит из многих процессов, совокупность которых позволяет получить радиолокационное изображение в пригодном для визуального обозрения виде. Все процессы строго согласованы во времени и образуют единый повторяющийся цикл.

Качество изображения и пригодность радиолокатора для навигации, находится в прямой зависимости от технических параметров и тактических характеристик данной конструкции радиолокатора. Ниже приведен минимум сведений, знание которых необходимо для понимания процесса образования радиолокационного изображения.

6.3.1 Направленность излучения.

В судовых радиолокаторах применяются антенны самых различных конструкций, формирующие радиолокационный луч, узкий в горизонтальной

плоскости и широкий в вертикальной. Но и они, помимо главного луча (главного лепестка), рассеивают часть электромагнитной энергии по сторонам, образуя так называемые боковые лепестки, которые являются источниками ложных сигналов. Ширина диаграммы направленности определяет размеры отметки объекта по окружности, т.е. вдоль линии, перпендикулярной линии облучения.

Так как угол поворота антенны за время между приемами сигналов мал, то отметка каждого последующего сигнала перекрывает предыдущую, образуя сплошную отметку. Объекты с лучшей отражательной способностью дадут на экране отметки больших размеров, чем объекты с плохой отражательной способностью отметки от которых могут совсем потеряться в шумах приемника.

Чем острее характеристика направленности антенны, тем меньше будут растягиваться отметки объектов и тем больше соответствие между действительными размерами объекта на экране.

6.3.2 Длительность импульса.

Радиоимпульс имеет два фронта: передний обращенный в сторону распространения, и задний. Время, в течение которого происходит излучение колебаний, называют длительностью импульса, относя это понятие к видеоимпульсу. Время, определяющее длительность импульса t_n , отсчитывается на уровне половинных амплитуд.

Длительность импульса определяет размер отметки объекта линии облучения. Отражение длится с момента «накрытия» передним фронтом импульса до момента прохождения импульсом объекта. Если размер объекта вдоль линии облучения пренебрежительно мал (например, лист железа), то длина отметки вдоль развертки будет соответствовать длительности видеоимпульса. Для более точного воспроизведения объектов необходимо стремиться к уменьшению длительности зондирующих импульсов.

6.3.3 Ширина диаграммы направленности

Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости определяет разрешающую способность по направлению и точность определения направлений. Диаграмма направленности РЛС в горизонтальной плоскости имеет форму лепестка, вытянутого вдоль оси симметрии и представляющего собой график зависимости напряжения на входе приемника от угла поворота антенны в полярных или прямоугольных координатах.

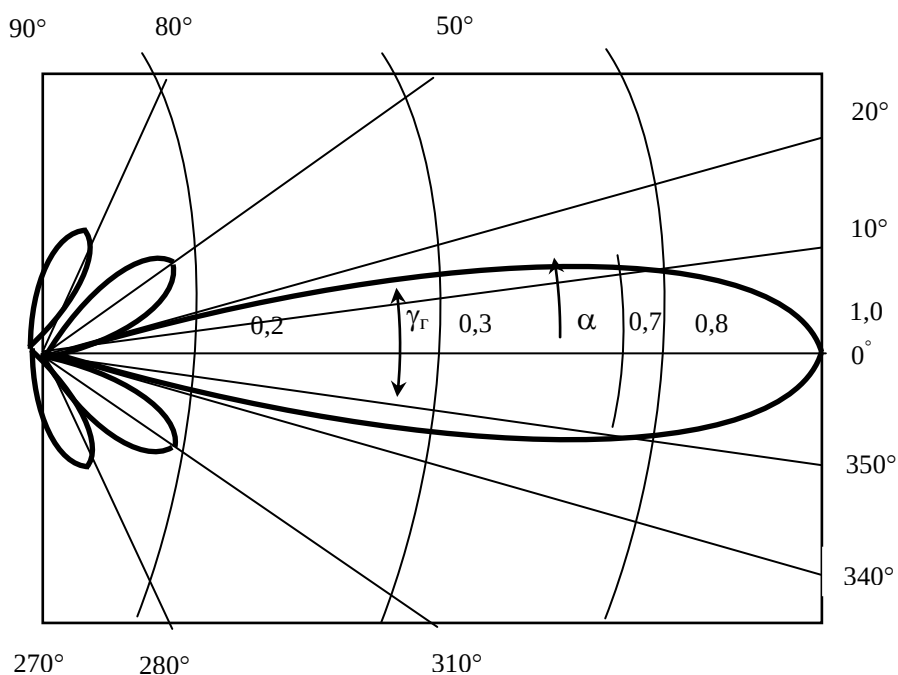


Рис.2 Диаграмма направленности антенны в полярных координатах

Числовой характеристикой диаграммы направленности считают угол раствора между радиусами-векторами напряжения на входе приемника, составляющими 0,707 от максимального значения. Если диаграмма направленности задана не по напряжению, а по мощности, то ее ширину измеряют углом на уровне $0,5 P_{\max}$. Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости γ_{Γ} выбирается в пределах 1 - 0,25°.

6.3.4 Мощность излучения и чувствительность приемника.

Чем мощнее излучение и выше чувствительность приемника, тем на больших расстояниях могут быть обнаружены объекты. Мощность в импульсе навигационных радиолокаторов зависит от их назначения (для судов оке-

анского или прибрежного плавания). Мощность передатчика и чувствительность приемника РЛС могут изменяться в худшую сторону лишь при неисправной работе станции. Уровень усиления принятых сигналов является переменной величиной, регулируемой оператором.

6.3.5 Частота следования импульсов и скорость вращения антенны.

Если за время между импульсами антенна повернется на угол, больший, чем ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости, то останутся необлученными целые секторы местности. Кроме того, чтобы получить достаточно устойчивую отметку на экране, необходимо каждый объект облучить не менее чем 5-10 импульсами. Таким образом, частота следования импульсов тесно связана со скоростью вращения антенны, шириной диаграммы направленности и минимальным количеством импульсов облучения объекта.

Частота следования должна быть такой, чтобы время между следующими друг за другом импульсами было больше, чем время, необходимое для прохождения импульсом удвоенного расстояния наибольшей дальности действия станции. Если это время будет меньше, то отраженные сигналы попадут не на свой рабочий ход развертки, а на следующий и радиолокационное изображение будет неверно. Как правило, навигационные радиолокаторы имеют две частоты следования импульсов в зависимости от диапазона дальности.

6.3.6 Параметры разверток и шкалы дальности.

Путь, проходимый пятном электронного луча на экране ЭЛТ за рабочий ход, называется геометрической длиной развертки l , которая может составлять 0,8 диаметра трубки. Когда начало развертки находится в центре экрана, то ее длина приблизительно равна радиусу смещенном начале развертки (в индикаторах истинного движения) ее длина должна быть равной диаметру ЭЛТ. Рабочей развертки называется участок от ее начала до метки обозначающей заданную границу обзора на экране.

Длительность развертки — время, за которое пятно пробегает заданную геометрическую длину развертки, зависит от максимального расстояния выбранного диапазона дальности. Масштаб развертки пропорционален скорости развертки, чем больше скорость развертки, тем крупнее масштаб радиолокационного изображения. Так как геометрическая длина развертки не меняется, то с увеличением масштаба уменьшается радиус (дальность) обзора. Масштабы изображения называются шкалами дальности, они указывают дальность обзора (при начале развертки в центре экрана).

6.3.7 Параметры электроннолучевой трубки.

Качество радиолокационного изображения зависит от технических характеристик ЭЛТ, в том числе от диаметра пятна, особенностей люминофора и системы фокусировки. На различных масштабах одной и той же площади пятна на экране будет соответствовать различная площадь в натуре. Например, пятно в 1 мм прочертит на экране линии, отображающую полосу местности шириной 10 м для $M : 10000$ и 750 м для $1-750000$. Диаметр пятна ограничивает степень детализации изображения на трубке.

Яркость свечения люминофора зависит от количества электронов падающих на экран (плотности электронного луча). При определенной плотности начинает светиться весь слой люминофора в зоне бомбардировки — наступает насыщение. Дальнейшее увеличение плотности вызывает появление ореола, значительно ухудшающего качество изображения.

Время послесвечения зависит от состава люминофора. В навигационных РЛС применяются электроннолучевые трубки, обеспечивающие сохранение свечения отметки до следующего оборота антенны. После прекращения действия электронного луча яркость возбужденного участка люминофора убывает по экспоненциальному закону. Чем слабее был подсвечивающий импульс, тем меньшее количество атомов люминофора возбуждено и тем меньше начальный уровень яркости отметки.

Следовательно, яркость слабого сигнала достигает неразличимого гла-

зом уровня раньше, чем яркость сильного сигнала. По этой причине слабые сигналы от объектов и шумы приемника совсем не сохраняются на экране или светятся короткое время, вспыхивая только в момент прохождения развертки.

6.3.8 Дальность действия.

При конструировании станции технические параметры, определяющие дальность обнаружения, считываются для стандартных условий обнаружения конкретных объектов и приводятся в заводском описании станции.

Максимальная дальность действия ($R_{\max}$). Она определяется наибольшим расстоянием, на котором возможно обнаружение объектов и измерение их координат. Обнаружение конкретных объектов (берега, судов, буев и т.д.) происходит на различных расстояниях, величина которых указывается для данной РЛС с учетом высоты установки ее антенны и вероятности обнаружения объекта (обычно равной 0,5).

Максимальная дальность действия зависит от целого ряда технических параметров РЛС и отражающих свойств объектов.

- Чем больше расстояние от РЛС до отражающего объекта, тем меньше мощность, поступающая в приемник. Поэтому максимальное расстояние, на котором может быть обнаружен объект, зависит от величины минимальной мощности, подводимой к приемнику (чем меньше $P_{np_{\min}}$, тем больше чувствительность).
- Дальность действия РЛС может быть увеличена только при значительном увеличении импульсной мощности передатчика или чувствительности приемника.
- Наиболее существенными факторами является эффективная площадь антенны S_A и длина волны. При постоянной длине волны увеличение эффективной площади антенны увеличивает усиление антенны (сужается ее ширина луча), и, следовательно, возрастает дальность действия

РЛС. При сохранении размеров антенны укорочение длины волны также увеличивает концентрацию энергии антенной, а в результате и «дальнобойность» РЛС (при условии, что волны данной длины поглощаются атмосферой незначительно).

- Чем больше $R_{\max}$, тем ниже должна быть частота повторения, т.е. реже должны излучаться импульсы П. Если отраженные импульсы от самых удаленных объектов будут возвращаться до посылки следующего зондирующего импульса, то изменение расстояния до этих объектов будет осуществляться нормально. При заданной частоте повторения импульсов максимальная дальность будет определять и частоту вращения антенны.
- В РЛС с большой дальностью антенна должна вращаться медленнее, так как в противном случае возможны будут пропуски в обнаружении дальних объектов.

Дальность обнаружения конкретных объектов ориентировочно может быть следующей:

- Берег (достаточной высоты) – до 100 миль;
- Суда (разного водоизмещения) – до 15-20 миль;
- Шлюпки, буи – до 1-5 миль.

Максимальная дальность (энергетическая) равна:

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_U \cdot G_A^2 \cdot S_A \cdot S_{\Sigma} \cdot \lambda^2}{P_{PP(MIN)} \cdot (4 \cdot \pi)^3}}$$

где, $D_{\max}$ - максимальная дальность обнаружения, мили;

P_U – импульсная мощность, Вт ;

$P_{pp(min)}$ – предельная чувствительность приемника, Вт;

G_A – коэффициент направленности антенны;

λ – длина волны, м;

S_A – эффективная площадь антенны, м^2 ;

$S_{\text{Э}}$ – эффективная площадь отражения объекта, м^2 ;

Максимальная дальность геометрическая равна:

Коэффициент направленности антенны определяется ее эффективной площадью S_A и длиной волны излучаемых колебаний λ :

$$G_A = \frac{(4 \cdot \pi \cdot S_A)}{\lambda^2}$$

Максимальная дальность геометрическая равна:

$$D_{\text{ГП(MIN)}} = 2,3 \cdot \sqrt{h_{1(M)}} + \sqrt{h_{2(M)}},$$

где, h_1 – высота наблюдаемого объекта

h_2 – высота расположения судовой антенны

6.3.9 Минимальная дальность обнаружения.

Она определяется наименьшим расстоянием, находясь ближе которого невозможно обнаружить объекты и определить их координаты. Измеряется в метрах, обычно оговаривается – при какой высоте антенны и какой отражающей поверхности эти данные получены.

Зависит от длительности излучаемых импульсов, длины волноводного тракта, высоты установки антенны и ее диаграммы направленности в вертикальной плоскости.

Чем короче излучаемые импульсы, тем раньше можно начинать прием отраженных импульсов, следовательно, меньше R_{min} .

Уменьшаться минимальное расстояние будет и при укорочении волноводного тракта, так как на прохождение импульсов от приемопередатчика в антенну (и обратно) потребуется меньше времени. Увеличение быстродействия антенного переключателя, т.е. сокращения времени переключения антенны от передатчика на приемник, также уменьшает R_{min} .

В современных РЛС значение минимальной дальности лежит в пределах

10-80 м.

Мертвая зона – пространство вокруг антенны, попадающее в радиус, равный $R_{\min}$.

$$D_{\min} = \frac{c \cdot \tau_u}{2},$$

где, τ_u – длительность зондирующего импульса,

Под этим подразумевается наименьшее расстояние от антенны, ближе которого нельзя обнаружить объекты. Понятие «мертвой зоны» радиолокатора не следует отождествлять с минимальной дальностью обнаружения. Разница состоит в том, что дальность обнаружения определяется лишь техническими качествами станции, в то время как мертвая зона включает в себя и условия установки антенны на данном судне.

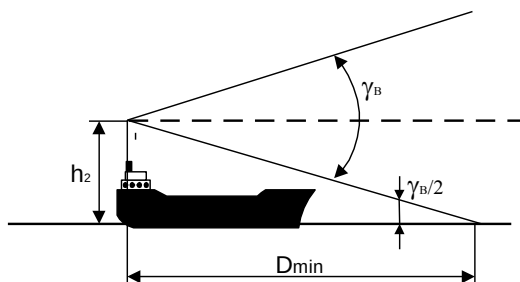


Рис. «Мертвая зона» радиолокационной станции

$$D_{M.3} = h_2 \cdot \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}$$

где, θ – ширина диаграммы направленности в вертикальной плоскости

6.3.10 Разрешающая способность по дальности.

Под разрешающей способностью станции по дальности (РСД) подразумевается то наименьшее расстояние между двумя объектами, расположенными вдоль линии облучения, при котором отметки объектов наблюдаются на экране отдельно.

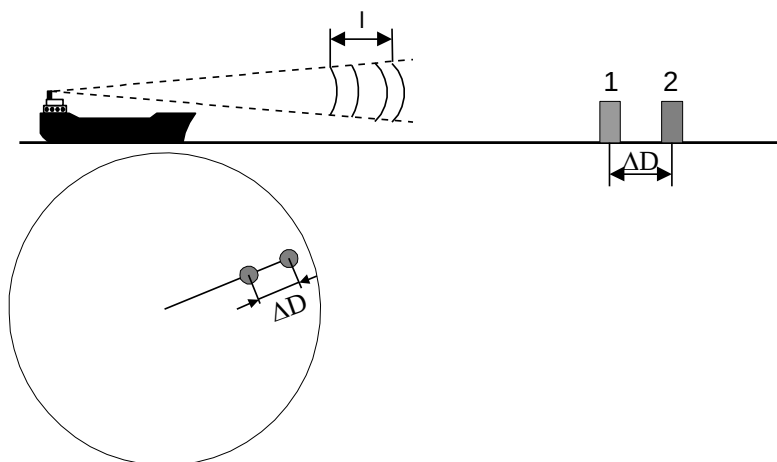


Рис. Разрешающая способность РЛС по дальности

$$\Delta D = \frac{c \cdot \tau_u}{2} + \frac{d_n \cdot D_{\max}}{l_p}$$

где, d_n – диаметр сфокусированного пятна на ЭЛТ

l_p – длина радиальной развертки на ЭЛТ.

В современных РЛС ΔD изменяется в пределах 15-20 м на ближних шкалах дальности, до 150 м и более – на дальних, причем обычно оговаривается, что эти данные получены при вероятности 0,5.

6.3.11 Разрешающая способность по направлению.

Под разрешающей способностью станции по направлению подразумевается то угловое расстояние между двумя одинаково удаленными объектами, при котором их отметки наблюдаются отдельно:

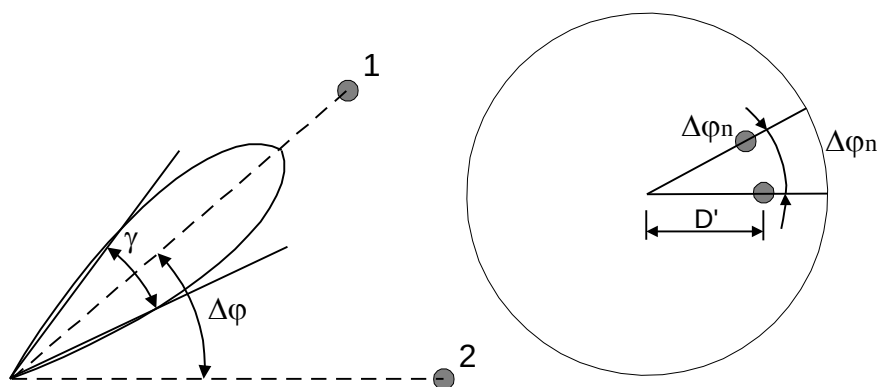


Рис. Разрешающая способность РЛС по направлению

$$\Delta\varphi_{\min} = \Delta\varphi + \Delta\varphi_n = \gamma_2 + 57,3 \frac{2r}{D'}$$

где, $\Delta\varphi$ – разрешающий угол (равен ширине ДН в горизонтальной плоскости);

$\Delta\varphi_n$ – диаметр светового пятна на индикаторе, град;

Разрешающий угол α равен ширине ДН в горизонтальной плоскости.

Разрешающую способность станции по направлению определяют по двум одинаковым объектам небольших размеров, находящимся на расстоянии около 3 миль. Кроме того, проводят дополнительное измерение разрешающей способности станции по азимуту на шкале наиболее крупного масштаба на расстоянии $2/3$ радиуса развертки.

В современных РЛС $\Delta\varphi$ равна приблизительно $0,7-2^0$, причем худшее значение относится в основном к РЛС 10-сантиметрового диапазона.

6.4. Принцип работы приемопередатчика

Приемопередающее устройство состоит из двух взаимосвязанных трактов – передающего и приемного, работающих на одну антенну и объединенных конструктивно в одном приборе (П).

Приемопередатчик обеспечивает:

- формирование импульсов синхронизации;
- генерирование мощных зондирующих импульсов СВЧ;
- передачу зондирующих импульсов по волноводному тракту в антенну;
- прием, усиление и преобразование эхо-сигналов.

ФС периодически запускает модулятор, схему ВАРУ и И. Частота повторения синхронизирующих импульсов определяется выбранной шкалой дальности.

В модуляторе происходит формирование высоковольтного импульса, управляющего работой генератора колебаний СВЧ (магнетрона). Длительность импульсов модулятора задается переключателем шкал дальности в индикаторе и определяет длительность зондирующих импульсов, вырабатываемых магнетроном.

Зондирующий импульс через антенный переключатель и волноводный тракт поступает в антенну и излучается в пространство. Антенный переключатель на время следования зондирующего импульса подключает антенну к магнетрону и закрывает вход приемника.

Часть энергии зондирующего импульса через направленный ответвитель (НО) подается в смеситель АПЧ. Одновременно туда же подается частота гетеродина (f_{Γ}). В смесителе происходит смешение обеих частот, в результате чего на выходе смесителя выделяются биения промежуточной частоты $f_{\text{пр}} = f_{\Gamma} - f_{\text{м}}$, которые подаются на схему АПЧ. Сигнал рассогласования, который воздействует на гетеродин и изменяет генерируемую им частоту таким образом, чтобы $f_{\text{пр}}$ была равна 60 МГц. Т.о., в момент излучения зондирующего импульса приемник настраивается на частоту ожидаемого эхо-сигнала, несмотря на нестабильность СВЧ-генератора.

Отраженная энергия радиоимпульса поступает через антенну в антенный переключатель, который к этому моменту отключает антенну от выхода магнетрона и подключает ко входу приемника. Эхо-сигнал поступает на смеситель приема, на второй вход которого подаются колебания гетеродина, уже

подстроенная схемой АПЧ под частоту отраженного импульса. В результате на выходе смесителя приема получают биения $f_{\text{пр}}=60$ МГц, которые поступают на вход регулируемого усилителя (УР).

Полоса пропускания УР изменяется в зависимости от шкалы дальности. На малых шкалах дальности, как правило, используются более короткие зондирующие импульсы, следовательно, эхо-сигналы, принятые приемником, также будут короче. С увеличением длительности эхо-сигнала полоса пропускания приемника должна соответственно уменьшаться, чтобы сохранить наилучшее соотношение сигнал/шум.

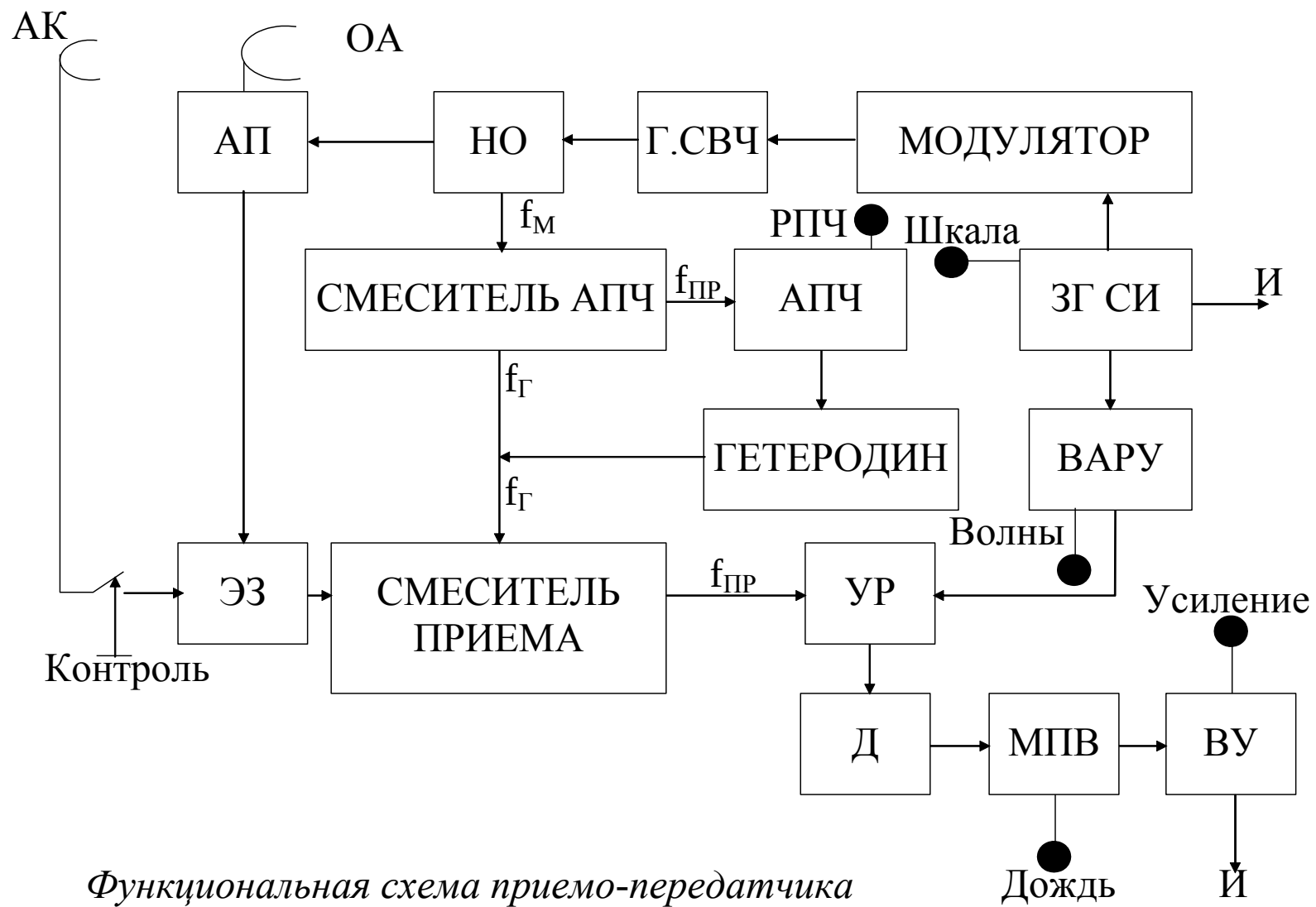
Коэффициент усиления УР изменяется по закону, задаваемому схемой ВАРУ. Схема ВАРУ, запускаемая синхронизатором, обеспечивает запирацию входного каскада УР на время излучения зондирующего импульса, а затем постепенно увеличивает усиление по мере прихода эхо-сигналов от все более удаленных объектов. Регулируя амплитуду импульсов ВАРУ, можно в значительной степени снизить помехи от морских волн.

Усиленный радиоимпульс промежуточной частоты детектируется, превращаясь в видеоимпульс, после чего он подается на дифференцирующую цепь малой постоянной времени (МПВ). Дифференцирующая цепь включается по желанию оператора и позволяет уменьшить влияние помех от дождя и т.п., а также улучшить разрешающую способность радиолокатора за счет укорачивания видеоимпульсов.

После усиления в видеоусилителе видеоимпульсы поступают на индикатор.

Электромагнитная заслонка (ЭЗ) служит для защиты схем приемника выключенной РЛС от зондирующих импульсов других станций, могущих попасть в антенну.

Для контроля наличия излучения зондирующих сигналов, антенноповоротное устройство, кроме основной антенны имеет антенну контроля (АК).

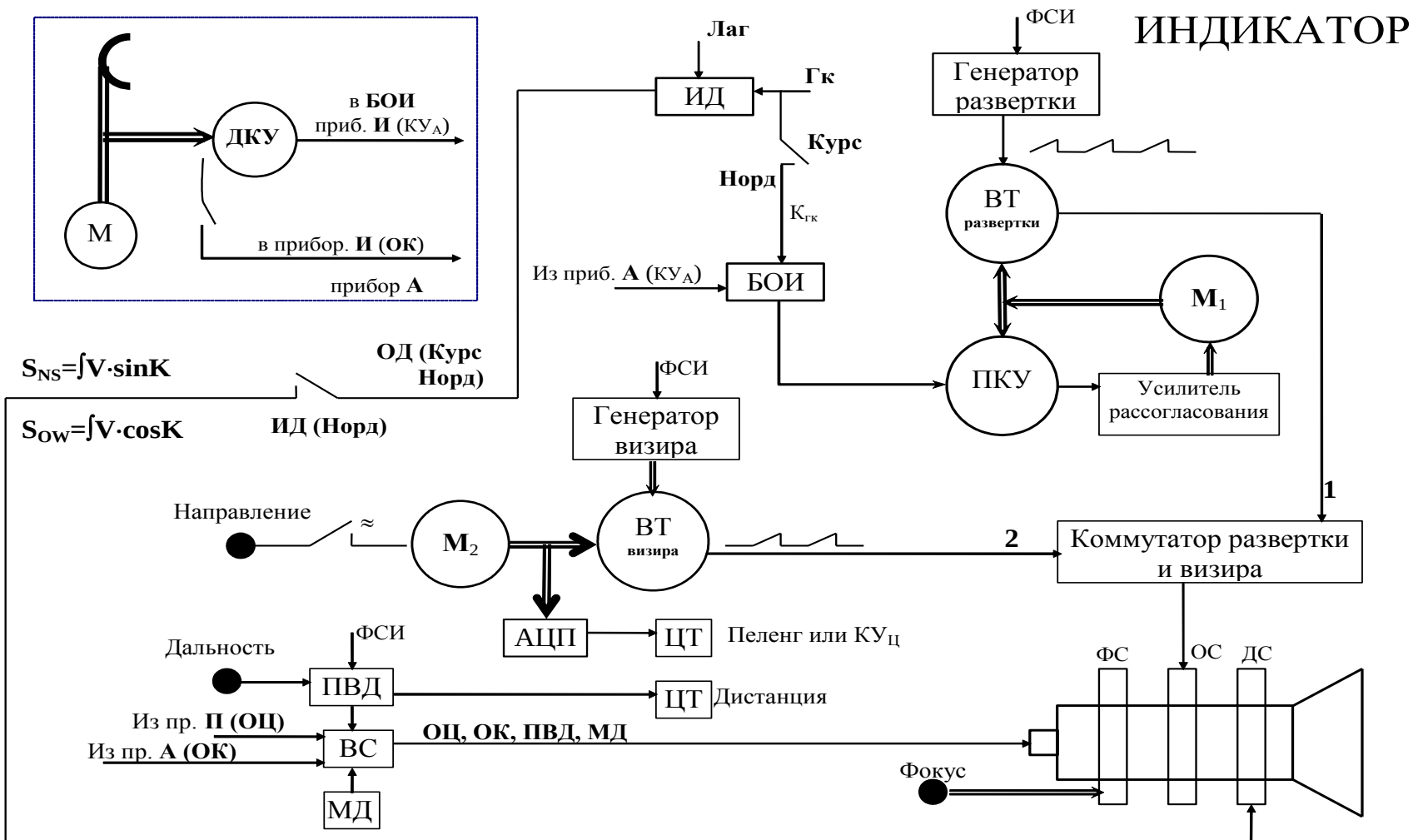


АК облучается зондирующими импульсами в моменты прохождения через нее радиолуча основной радиоантенны. Принятый контрольной антенной сигнал подается в приемный тракт, в результате чего на индикаторе создается специфическая «картинка», наличие которой свидетельствует о работоспособности РЛС.

6.5. Принцип работы индикатора

Индикаторное устройство РЛС фиксирует на экране местоположение обнаруженных объектов и позволяет измерить их полярные координаты. Для этого оно содержит органы управления индикатором на всей РЛС в целом. Регулирующим прибором индикатора является ЭЛТ. В судовых РЛС используются ЭЛТ с радиально-круговой разверткой и длительным послесвечением, позволяющим получить на экране картину кругового обзора. Индикация движения может быть как относительной, так и истинной. Ввод данных о курсе своего судна позволяет ориентировать изображение не только относительно ДП судна (по курсу), но и относительно меридиана (по норду). Взаимодействие приборов, входящих в состав индикатора, происходит следующим образом.

Синхроимпульсы запускают генератор развертки (ГР), который формирует пилообразные импульсы радиальной развертки. Эти импульсы поступают в координатор развертки на ротор вращающегося трансформатора (ВТ) развертки. Ротор ВТ развертки вращается синхронно и синфазно с антенной благодаря связи с датчиком курсового угла антенны (ДКУ) в приборе А. В результате со статорных обмоток ВТ развертки снимаются импульсы, промодулированные по закону синуса и косинуса курсового угла антенны. Эти импульсы поступают на коммутатор развертки и визира (КРВ). КРВ подключает последовательно ВТ развертки и ВТ визира к отклоняющей системе ЭЛТ таким образом, что после импульса развертки следует импульс визира. В некоторых РЛС это соотношение другое, например, после каждых 15 импульсов развертки следует один импульс визира.



Импульсы отметки курса (ОК) вырабатываются в приборе А специальной контактной группой, которая срабатывает при прохождении антенной курсового угла 0^0 .

Передача в индикатор текущих значений курсового угла антенны происходит следующим образом. Датчик курсового угла (ДКУ) в приборе А, приводимый в движение общим с антенной электродвигателем, вырабатывает напряжение, пропорциональное углу поворота антенны, которое через блок ориентации изображения (БОИ) подается в координатор развертки на приемник курсового угла (ПКУ). При повороте антенны возникает рассогласование между ДКУ и ПКУ, вследствие чего на выходе ПКУ появляется сигнал рассогласования. Усиленный усилителем рассогласования (УР), он приводит в движение эл.двигатель М1, который поворачивает ротор ПКУ, ликвидируя рассогласование. Ротор ВТ развертки механически связан с ротором ПКУ, поэтому при вращении антенны он вращается синхронно с ней.

Ротор вращающегося трансформатора визира (ВТВ) приводится вращением эл.двигателем М2 по команде оператора с пульта индикатора, что вызывает перемещение электронного визира направлений по экрану.

Блоки подвижного визира дальности (ПВД) и меток дальности (МД) вырабатывают соответственно импульсы визира дальности и меток дальности.

Все видеоимпульсы после смещения в видеосмесителе (ВС) поступают на катод ЭЛТ, вызывая соответствующие им яркостные отметки на экране.

При наличии в РЛС режима «Истинное движение» блок ИД подает в децентрирующую систему (ДС) ЭЛТ напряжения, соответствующие проекциям на оси Х и У пройденного судном пути, которые вызывают перемещение начала развертки (центра изображения) по экрану в соответствующем направлении.

6.6. Режимы работы радиолокационной станции

2.4.1. Частотный диапазон.

В случае двухканальной комплектации РЛС, имеется возможность работы в одном из двух диапазонов (3,2 см или 10 см) или в двух диапазонах одновременно (на два индикатора). Положительные свойства этих диапазонов дополняют друг друга в различных условиях. Главное преимущество 10-см диапазона в том, что он практически не подвержен влиянию осадков, но в тоже время обеспечивает худшую разрешающую способность, точность и большую мертвую зону. Поэтому использование того или другого варианта включения приборов двухдиапазонной станции должно исходить из конкретной навигационной обстановки. При плавании в условиях дождя, снега, тумана, для улучшения различимости целей на фоне помех можно включать 10-сантиметровый диапазон. Но следует учесть, что отметки целей на экране могут быть нечеткими.

2.4.2. Шкала дальности.

В современных РЛС используются различные шкалы дальности от 0.5 - 0.75 до 64 и более в зависимости от характеристик РЛС. Шкалы небольшой дальности от 1 до 8 – 9 миль рекомендуется использовать при плавании в узкостях, вдоль побережья, на акватории и других аналогичных случаях. Чем выше в скорость в такой ситуации, тем больше должна быть шкала. Помимо этого, малые шкалы могут использоваться при наблюдении за встречными судами в процессе расхождения.

На этих шкалах предусмотрена возможность отображения истинного движения и смещения центра развертки. Такая необходимость часто возникает при маневрировании на акватории порта, плавании вдоль берега, когда нет нужды наблюдать объекты, расположенные за береговой чертой. Кроме этого, смещение центра увеличивает дальность обзора в выбранном направлении в два раза при сохранении масштаба.

2.4.3. Режимы ориентации изображения.

Навигационная обстановка определяет выбор ориентации изображения. У

каждого режима существуют свои преимущества и недостатки. Достоинство режима «Стабилизация по направлению» заключается в том что судоводитель видит из ходовой рубки. С экрана радиолокатора снимаются курсовые углы на радиолокационные ориентиры. Это особенно полезно, когда необходимо непосредственное и быстрое восприятия быстро меняющейся обстановки в целом. Однако при изменениях курса судна (поворотах, рыскании) происходит разворот всего изображения на экране, в результате чего отметки «смазываются», что затрудняет измерения навигационных параметров.

Режимы ориентации «По норду» и «По курсу» лишены этих недостатков. Режим ориентации «По курсу» дает на экране картинку аналогичную при «Стабилизации по направлению», но при изменениях курса и рыскании происходит только перемещение отметки курсора на экране. Изображение радиолокационных ориентиров остается неподвижным, что обеспечивает качественное измерение навигационных координат. Данный режим рекомендуется при необходимости частого и точного ОМС. В режиме ориентации «По норду» изображение стабилизировано относительно курса гирокомпаса, но ориентация на экране различна.

В некоторых РЛС есть возможность сочетания достоинств режимов «По норду» и «По курсу» - режим «Курс стабилизированный». При работе в этом режиме изображение на экране индикатора первоначально ориентируется относительно ДП судна (как в режиме «Курс»), а в дальнейшем остается неподвижным, а при поворотах перемещается только отметка.

2.4.4. Режим «Trial»

Режим «Trial» позволяет проиграть на экране индикатора развитие ситуации расхождения. Для этого необходимо ввести в систему новый курс, скорость и время на которое будет рассчитано расхождение. Данные вводятся после того, как САРП определила элементы движения целей. Режим удобен тем, что судоводитель имеет возможность просмотреть различные варианты расхождения.

2.4.5. Режим «Охранной зоны».

«Охранная зона» - это установленные на экране, с помощью курсора или подвижных кругов дальности, границы по дальности и направлению. При работе

в режиме «Охранная зона» обеспечивается автоматическая звуковая сигнализация при пересечении другим судном установленных границ охранной зоны. Если в составе РЛС имеется САРП, при входе целей в охранную зону обеспечивается их автоматический захват и определение элементов движения.

7. ПОМЕХИ РАДИОЛОКАЦИОННОМУ НАБЛЮДЕНИЮ.

При радиолокационном наблюдении на практике неизбежно встречаются различные помехи, которые нередко значительно сокращают дальность обнаружения объектов и затрудняют чтение (расшифровку) изображения. Для эффективного использования радиолокатора необходимо знать характер помех, условия возникновения и возможности уменьшения их влияния на радиолокационное наблюдение.

Туман, частицы воды тумана рассеивают и поглощают часть электромагнитной энергии, излучаемой радиолокатором, что приводит к уменьшению дальности обнаружения объектов. Чем больший путь должен пройти сигнал через туман, тем значительнее будет его ослабление, а значит и сокращение дальности радиолокационного обнаружения.

Дальность визуальной видимости находится в определенном соотношении с количеством воды в тумане. Следовательно, вызываемое туманом сокращение дальности обнаружения различных плавсредств может быть поставлено в зависимость от визуальной видимости. При визуальной видимости более 100 м сокращение дальности радиолокационного обнаружения незначительно, но при видимости менее 100 м, т. е. при плотных густых туманах, дальность радиолокационного обнаружения значительно сокращается. Имеются сообщения о сокращении дальности обнаружения на 40 и даже 50%, которое имело место при очень густых туманах.

Песчаные бури также уменьшают дальность радиолокационного обнаружения. Причем степень сокращения дальности, как и при тумане, зависит от содержания в воздухе твердых частиц. Дальность обнаружения при песчаных бурях и дымке несколько меньше, чем при тумане для одной и той же дальности визуальной видимости.

3.1. Атмосферные осадки.

Количество воды, содержащейся в единице объема, зависит от интенсивности осадков, а поэтому и дальность радиолокационного обнаружения зависит от количества осадков. При малом количестве осадков отраженная ими энергия

недостаточна, чтобы на экране появились сигналы, способные «забить» сигнал от объекта. Но вместе с тем ослабление сигналов уменьшает дальность радиолокационного обнаружения. Сокращение дальности обнаружения происходит не только за счет ослабления сигналов. При увеличении количества осадков наступает момент, когда отраженная от капель дождя энергия становится достаточной, чтобы вызвать свечение экрана радиолокатора, способное «забить» отметку сигнала от объекта. Этот эффект сильнее сокращает дальность обнаружения, нежели ослабление сигналов, и в этих случаях максимальная дальность обнаружения определяется расстоянием, на котором интенсивность сигнала от объекта становится равной интенсивности сигналов от осадков.

Град и снег также сокращают, хотя и менее, чем дождь, дальность радиолокационного обнаружения, но главным фактором, влияющим на дальность обнаружения, является интенсивность осадков.

3.2. Влияние волнения.

При спокойном море отражение радиолокационного луча от поверхности воды близко к зеркальному и направлено в сторону от антенны. Если же на поверхности моря имеются волны, то часть отражённой от них электромагнитной энергии воспринимается радиолокатором, и на экране появляются сигналы от волн.

Мощность сигналов зависит от степени волнения и быстро уменьшается с увеличением расстояния. При небольшом волнении на экране РЛС наблюдается множество слабых сигналов, которые меняют свое место и яркость с каждым оборотом антенны. При значительном волнении сигналы от волн сгущены и засвечивают полностью большую часть площади в центре экрана. Современные судовые радиолокационные станции при высоте антенны до 20 м воспринимают сигналы от волн в радиусе до 4 миль.

Засветка центра экрана РЛС сигналами от волн в значительной степени затрудняет радиолокационное наблюдение. Если же сигналы от объекта по силе не превосходят сигналы от волн, то обнаружить их на фоне помех невозможно.

В некоторых случаях сигналы от судов могут быть выделены среди помех

от волнения. Для этого применяют схему временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ). Следует помнить, что если сила сигнала от другого судна не превышает силу сигналов от волн, то оно не может быть обнаружено.

Когда волнение отсутствует, то регулятор ВАРУ должен быть выведенным, так как нет необходимости уменьшать чувствительность приемника на малых расстояниях. При волнении, помехи от которого желательно уменьшить, необходимо правильно отрегулировать ВАРУ величину начального усиления. Если начальное усиление будет уменьшено незначительно, то отражение от волн по-прежнему будет давать яркие сигналы, способные забить отметки судов. Если же начальное усиление будет уменьшено очень сильно, то сигналы не только от волн, но и от других судов.

3.3. Влияние работы других радиолокаторов.

Иногда на экране радиолокатора появляются сигналы в виде точек, пунктирных линий или сплошных линий. Положение таких сигналов на экране и их взаимное расположение может быть разнообразным, но наиболее часто встречаются сигналы в виде спиральных пунктирных линий.

8.РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА.

В отличие, от радиотехнических систем типа берег-судно (радиопеленгование, импульсные и фазовые системы) и спутниковых систем, судовая радиолокационная станция – автономный прибор, обычно не требующий каких-либо дополнительных береговых устройств или околоземных спутников. Однако, это ни в коем случае не дает права считать РЛС прибором, заменяющим другие радиотехнические и спутниковые средства ОМС. Радиолокатор – навигационное устройство ближнего действия, дополняющее спутниковые системы, системы средней и дальней навигации.

Радиолокатор, воспроизводя на экране план местности, позволяет объективно и с высокой точностью оценить положение судна относительно берегов или отдельно лежащих надводных опасностей. Он позволяет определять место судна, как по пеленгам отметок наблюдаемых объектов, так и по расстояниям до них. Дистанционные способы исключают ошибки в наблюдениях, возникающие в результате недостатков при ОМС по пеленгам (ошибки в поправке компаса, понижение точности с увеличением расстояния до объектов наблюдения и т.п.). Пользоваться лишь радиолокационными пеленгами методами не следует, так как способ пеленга и расстояния всегда будет точнее, чем способ двух или даже трех пеленгов. Когда отметка пригодна для пеленгования, то до нее всегда можно измерить расстояние. В то же время отметки объектов, годные для измерения расстояния до них, часто оказываются непригодными для пеленгования. Поэтому из большего числа возможных способов радиолокационных определений места судна можно рекомендовать лишь следующие:

- по двум или трем расстояниям;
- по визуальному пеленгу и радиолокационному расстоянию;
- по крьюйс-расстоянию;

по нескольким радиолокационным пеленгам и расстояниям (для дальних наблюдений)

Первые четыре способа имеют свои модификации в зависимости от характера объектов наблюдения. Любые другие варианты использования визирного и

дальномерного устройства радиолокатора не имеют практической ценности и уступают в точности перечисленным.

9.СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ПРОКЛАДКИ (САРП)

В течение многих лет создавались и внедрялись различные методы, устройства и системы обработки радиолокационной информации. Традиционным методом обработки информации РЛС является прокладка на маневренном планшете эхо-сигналов цели с последующим определением элементов движения цели и маневра на безопасное расхождение. Но по мере совершенствования технической базы для автоматических систем, их эффективность возрастала и ИМКО (сейчас ИМО) Резолюцией Ассамблеи А.422 (XI) признала, что надлежащие применение САРП окажет судоводителям помощь в правильном использовании радиолокационной информации, что в свою очередь позволит уменьшить опасность столкновений и загрязнения окружающей среды.

Ассамблея рекомендовала правительствам стран-членов ИМКО обеспечить установку на судах САРП, отвечающих требованиям ИМКО, и организовать надлежащее обучение судоводителей правильному их использованию, чтобы они понимали принципы применения этих средств их достоинства, недостатки и возможные погрешности. Уже в настоящее время международная морская организация (ИМО) подготовила новые навигационные правила, направленные на повышения безопасности судоходства, учитывающие опыт мореплавания 20 века и результаты научно-технического прогресса последнего времени.

24 сентября 1999 г. на 45 сессии Подкомитета ИМО по безопасности мореплавания завершилась работа по подготовке новой в значительной степени пересмотренной Главы 5 Конвенции СОЛАС-74. Текст новой Главы 5 в виде поправок к Конвенции был направлен на рассмотрение на 72 сессию Комитета ИМО по безопасности на море, которая состоялась в мае 2000 г. После этого текст Главы 5 был окончательно одобрен Комитетом на его 73 сессии в декабре 2000 г.

В новом Правиле 19 расширены требования в части оснащения судов:

- вместимостью 300 и более рег.т. радиолокационной станцией с электронным устройством прокладки до 10 встречных целей для определения опасности столкновения с ними

- на судах вместимостью более 500 рег.т. радиолокаторы должны иметь устройство автоматической прокладки направления и расстояния до 10 наблюдаемых целей для определения опасности столкновения.
- на суда вместимостью свыше 3000 рег.т. необходимо дополнительно устанавливать вторую РЛС (работающую в диапазоне 10 или 3 см) с устройством автоматической прокладки целей, которое на судах вместимостью более 10000 рег.т. должно быть заменено на средство автоматической радиолокационной прокладки (САРП) по крайней мере до 20 целей, способное обеспечивать проигрывание маневра для предупреждения столкновения.

Были составлены рекомендации по эксплуатационным требованиям к средствам автоматической радиолокационной прокладки (см. приложение 1).

Требуемые ИМО средства автоматической радиолокационной прокладки предназначены для обеспечения судоводителям возможности непрерывной, быстрой и точной оценки ситуации при одновременном уменьшении их рабочей нагрузки путем автоматизированного получения необходимой информации, чтобы задача расхождения со многими судами-целями могла решаться просто и эффективно. Средства САРП являются только датчиками информации, необходимой судоводителю для правильной оценки ситуации встречи с другими судами и принятия решения для успешного расхождения с ними.

Использование систем автоматической радиолокационной прокладки несомненно увеличило эффективность оценки радиолокационной информации судоводителем и повысило безопасность мореплавания. Еще более эффективным стало использование РЛС/САРП совместно с электронной картографической системой.

10. СВЯЗЬ С СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТОГРАФИИ

Наличие автоматического обмена информацией с электронной картографической системой позволяет решать задачи обеспечения безопасного плавания.

Электронно-картографическая дисплейная информационная система (ЭКДИС) – использует обмен информации с соответствующими вспомогательными средствами и может приниматься как система, позволяющая отображать на откорректированной электронной навигационной карте (ЭНК) информацию о местоположении судна от навигационных датчиков для планирования и контроля за маршрутом, а также для отображения дополнительной информации, касающейся мореплавания.

Одними из наиболее распространенных электронно-картографических систем, являются электронно-картографические системы dKartNavigator , dKart Explorer, (фирмы МОРИНТЕКС), Navy Sailor (фирмы ТРАНЗАС) которые предназначены для решения следующих задач судовождения:

- отображение на карте данных о собственной позиции, курсе и скорости судна на основе информации навигационных устройств;
- прокладка маршрутов и контроль их прохождения;
- отображение на карте целей САРП и АИС;
- предупреждение судоводителя о приближении к опасностям и районам с особыми условиями плавания;
- автоматизация навигационных расчетов;
- автоматическая и ручная корректура карт и другие функции.

Система поддерживает совместную работу с радиолокаторами различных типов и разных фирм производителей. Взятые на автосопровождение цели отображаются на электронной карте. Система осуществляет непрерывный контроль безопасности движения по отношению ко всем отображаемым САРП целям, используя цветовую индикацию целей на карте. С помощью ЭКС dKart Navigator или Navy Sailor при совместном использовании с РЛС, судоводитель может получить информацию обо всех основных параметрах цели (курс, скорость, пеленг, дистанция, дистанция кратчайшего сближения, время расхождения и т.д.).

Рис.4 Радиолокационный навигационный модуль (RNM 2.1)

В состав системы входит радиолокационный навигационный модуль, который предназначен для решения широкого спектра навигационных задач. Совместно с электронно-картографическими системами радиолокационный модуль предоставляет средства для отображения полного радиолокационного образа акватории поверх электронной карты. Возможность синхронизации обоих изображений в реальном времени и наблюдения радиолокационного образа, как совместно с картографическими данными, так и независимо, позволяет судоводителю легко ориентироваться в узкостях и незнакомых районах мореплавания.

Основные функции радиолокационного навигационного модуля:

- обеспечение полной совместимости с электронно-картографическими системами и различными типами приемо-передатчиков радаров ведущих фирм производителей - Furuno, JRC, Racal Decca, Raytheon, Norcontrol, Terma и других;
- реализация устойчивого к помехам алгоритма обработки видеосигналов, автоматически стабилизирующего уровень ложных тревог;
- оптимальное выделение малоразмерных морских целей на фоне мешающих отражений от береговой черты и портовых сооружений;
- уменьшение влияния на радиолокационный образ помех естественного и искусственного происхождения;
- селекция радиолокационных целей и измерение их координат.

Одним из существенных преимуществ совместного использования радиолокационного модуля и электронно-картографических систем является возможность взаимного контроля навигационных и радиолокационных средств в наглядной форме.

В последнее время все большее распространение получили новые средства обмена информацией с использованием УКВ диапазона. Эти устройства получили название автоматические информационные (идентификационные) системы (АИС).

11. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ (АИС ИЛИ AIS)

С июля 2002 года поэтапно начали устанавливать аппаратуру автоматической системы опознавания судов (далее - АИС) на все суда валовой вместимостью более 300 рег. т. Это транспондеры, которые соответствуют международным требованиям ИМО, МЭК и других уполномоченных организаций.

Проект основной поправки к правилу 19 главы V Конвенции SOLAS, подготовка которой в настоящее время завершается в ИМО, в частности, гласит, что:

“Все суда валовой вместимостью 300 тонн и выше, занятые в международных рейсах, все суда валовой вместимостью 500 тонн и выше, не занятые в международных рейсах, и пассажирские суда независимо от их тоннажа должны быть оборудованы аппаратурой AIS согласно следующему графику:

- суда, построенные [1 июля 2002 г.] и после – не позже этой даты;
- суда, занятые в международных рейсах и построенные до [1 июля 2002 г.];
- в случае пассажирских судов и танкеров – не позже [1 июля 2003 г.]
- в случае судов валовой вместимостью 50.000 тонн и выше (кроме танкеров) – не позже [1 июля 2004 г.]
- в случае судов валовой вместимостью 10.000 тонн и выше, но меньше 50.000 тонн (кроме танкеров) – не позже [1 июля 2005 г.]
- в случае судов валовой вместимостью 3.000 тонн и выше, но меньше 10.000 тонн (кроме танкеров) – не позже [1 июля 2006 г.]
- в случае судов валовой вместимостью 300 тонн и выше, но меньше 3.000 тонн (кроме танкеров) – не позже [1 июля 2007 г.]
- суда, не занятые в международных рейсах и построенные до [1 июля 2002 г.] – не позже [1 июля 2008 г.].

Администрация может освободить суда от применения к ним требований этого параграфа, если такие суда на постоянной основе изъяты из эксплуатации в течение двух лет после указанной даты внедрения...”.

Проект правил идёт дальше с требованием, чтобы АИС, которыми обору-

дуются суда: “Должны представлять собой автоматические идентификационные системы (АИС), предназначенные для автоматического предоставления соответствующим образом оборудованным береговым станциям, других морским и воздушным судам информации, включая идентификатор, тип, координаты, курс, скорость хода, навигационный статус судна, и другую относящуюся к безопасности мореплавания информацию, для автоматического приёма такой информации от аналогично оборудованных судов и для контроля и сопровождения судов и обмена данными с береговыми органами. Эти требования не применяются в тех случаях, когда международные соглашения, правила или стандарты предусматривают защиту навигационной информации...”.

В чем же основные преимущества АИС. В состав судовой информации, предоставляемой системой AIS, должна входить:

Статическая информация:

Каждые 6 минут и по запросу:

- Номер IMO (если имеется);
- Позывной и название судна;
- Длина и ширина судна;
- Тип судна;
- Положение приёмной антенны системы определения местоположения на судне (в корме или в носу, по левому или правому борту от диаметральной линии).

Динамическая информация:

- Координаты судна с указанием точности и достоверности данных;
- Время по всемирному скоординированному времени;
- Курс относительно дна моря;
- Скорость относительно дна моря;
- Направление;
- Режим эксплуатации (судно, лишённое возможности управляться, на якоре, и т.д. – ручной ввод информации);
- Скорость поворота (в случае маневра);

- Дополнительная информация – угол крена (при наличии датчика);
- Дополнительная информация – килевая и бортовая качка (при наличии датчика).

Информация, связанная с выполняемым рейсом:

Каждые 6 минут, при изменении данных или по запросу:

- Осадка судна;
- Опасный груз (тип);
- Порт назначения и расчётное время прибытия (по усмотрению капитана);
- Дополнительная информация – план маршрута (опорные точки).

Краткие сообщения, относящиеся к безопасности мореплавания: По требованию.

Очень важной функцией может стать преобразование радиолокационных целей в цели АИС в процессоре радиолокатора береговой станции и передача целей с берегового центра АИС на суда находящиеся в зоне обслуживания. Это позволяет всем соединениям, оборудованным АИС, в ближайшем окружении видеть все радиолокационные цели, сопровождаемые береговым радиолокатором, а также цели, получаемые от собственного радиолокатора (радиолокаторов).

Данная функция позволяет также маломерным судам прибрежного плавания, которые могли бы быть оборудованы транспондерами АИС и электронными картами (ECS), иметь радиолокационную картинку, полученную с береговой станции.

Вещательный транспондер АИС – это всего лишь VHF радио приемопередатчик с возможностью соединять судно с судном и судно с берегом и с высокой скоростью обмениваться блоками текстовой информации определённого или свободного формата. Однако благодаря дополнительной устойчивости и возможностям технологии и информационному содержанию передаваемых сообщений он представляет собой новое эффективное средство для повышения безопасности судоходства и эффективной организации движения судов. Полные сведения о судне, включая название, тип, характеристики движения, расчётное время прибытия, порт назначения и информация о маневрировании (дистанция максимального

сближения, время до точки максимального сближения, прогноз траектории движения) и вся информация, в настоящее время выдаваемая только САРП, теперь может стать доступной всем мореплавателям.

Раннее и надёжное обнаружение маломерных судов в условиях помех от морской поверхности и в условиях ограниченной видимости теперь тоже стало реальностью при условии, что эти маломерные суда применяют технические средства АИС. Когда все большие суда (и можно надеяться многие маломерные суда) будут оборудованы системами АИС, эти технические средства внесут существенный вклад в безопасность судоходства и защиту окружающей морской среды.

12. ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ.

Организация радиолокационного наблюдения, в том числе в условиях хорошей видимости, соответствует требованию Правила 5 МППСС – 72 об использовании для наблюдения всех имеющихся средств, с тем, чтобы полностью оценить ситуацию и опасность столкновения. Всестороннее использование РЛС – важного средства заблаговременного обнаружения других судов-целей и определения степени опасности – является одной из мер предосторожности, пренебрежение которыми может быть поставлено в вину на основании Правила 2 МППСС – 72. Радиолокационное наблюдение организуется совместно с другими видами наблюдения – зрительными и слуховыми, не заменяя, а дополняя их.

При ограниченной видимости организация радиолокационного наблюдения обязательна. Термин «ограниченная видимость» означает любые условия, при которых видимость ограничена из-за тумана, мглы, снегопада, сильного ливня, песчаной бури или по каким-либо другим причинам – Правила 3 МППСС 72.

Ночью, даже в условиях хорошей видимости, целесообразно использовать судовые радиолокационные средства в прибрежных водах и при следовании районами, Где возможна встреча с малыми рыболовными судами, яхтами, буровыми платформами или другими сооружениями, которые не всегда освещены надлежащим образом. При плавании в узкостях и в районах интенсивного движения судов использование РЛС обязательно в любых условиях плавания.

Каждое судно должно всегда следовать с безопасной скоростью с тем, чтобы оно могло предпринять надлежащее и эффективное действие для предупреждения столкновения и могло быть остановлено в пределах расстояния, требуемого при существующих обстоятельствах и условиях. Правило 6 МППСС – 72, перечисляя факторы, которые надлежит учитывать при выборе безопасной скорости, выделяет группу факторов, связанных с использованием РЛС:

- характеристики, эффективность и ограничения радиолокационного оборудования;
- любые ограничения, накладываемые используемой шкалой дальности;
- влияние на радиолокационное обнаружение состояния моря и метеороло-

гических факторов, а также других источников помех;

- возможность того, что радиолокатор не может обнаружить на достаточном расстоянии малые суда, лед и другие плавающие объекты;
- количество, местоположение и перемещение судов, обнаруженных радиолокатором;
- более точную оценку видимости, которая может быть получена при радиолокационном измерении расстояния до судов или других объектов, находящихся поблизости.

Радиолокационное наблюдение не освобождает судоводителя от подачи звуковых сигналов, предписанных МППСС -72.

Обнаружив в результате наблюдения, в том числе радиолокационного, другие суда-цели, судоводитель должен в соответствии с Правил 7 МППСС -72 оценить наличие опасности столкновения, используя для этой цели все имеющиеся средства. При определении наличия опасности столкновения необходимо, прежде всего, учитывать следующее:

- опасность столкновения должна считаться существующей, если пеленг приближающегося судна заметно не изменяется;
- опасность столкновения может иногда существовать даже при заметном изменении пеленга, в частности при сближении с очень большим судном или буксиром или при сближении судов на малое расстояние.

Неправильное использование или не использование РЛС для предупреждения столкновения является фактором, усугубляющим вину в случае столкновения судов. При организации радиолокационного наблюдения учитывается:

- район плавания, включая наличие навигационных опасностей, ограничивающих маневрирование;
- допустимые значения Дкр. и Ткр. Сближения, а также других критериев опасности столкновения;
- линейные и временные элементы возможных маневров судна;
- технические и эксплуатационные характеристики и ограничения судовых радиолокационных средств с учетом влияния на них изменения конкретных

условий плавания.

Использование РЛС наиболее эффективно, если радиолокационное наблюдение ведется непрерывно, т.е. цели обнаруживаются сразу же после их появления на экране, в противном случае цели могут быть обнаружены на значительно меньшем расстоянии или вовсе не обнаружены с помощью РЛС. Перерыв между наблюдениями за экраном РЛС зависит от района плавания, скорости хода, дистанции обнаружения объектов, взаимного положения, относительной скорости сближения.

Правильная организация радиолокационного наблюдения с всесторонним использованием РЛС, а также радиолокационной прокладкой на маневренном планшете или средствами автоматизированной радиолокационной прокладки (САРП) позволяет:

- своевременно обнаруживать цели, их положение;
- выбрать маневр для расхождения;
- контроль эффективности маневра в период его расхождения;
- вводить дополнительную корректуру для обеспечения безопасности плавания при необходимости;
- безопасно вернуться на заданный или другой путь следования.

Отличительной чертой деятельности судоводителя является специфичность ориентировки. В современных условиях судоводитель, управляющий судном, должен уметь обобщать полученные от приборов и путем визуального наблюдения сведения, увязывать в одно целое происходящее событие и создавать на его основе так называемые схемы предвидения. Перед выполнением какого-либо действия он должен мысленно представить, что именно он сделает, какую команду подаст и каков будет результат.

13. РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МАЯК-ОТВЕТЧИК.

Для обеспечения надежного обнаружения объекта для радиолокации в районах интенсивного движения устанавливаются радиолокационные маяки-ответчики. Они предназначены для анализа сигналов радаров в 3-х см и 10-и см диапазонах и формирования ответных сигналов на частоте сигналов корабельного радара с применением эффективной схемы исключения ответов от сигналов по боковым и задним лепесткам диаграммы направленности РЛС. Соответствует рекомендациям ИМО (Резолюция ИМО А 615(15) от 19.11.87).

Установленные радиолокационные маяки –ответчики обеспечивают указание фарватеров и подходов к портам, ориентацию вблизи изрезанной или плоской береговой черты, обозначение береговых и морских объектов, нефтяных платформ и т.д.

Радиолокационный маяк ответчик (РМО) представляет собой устройство, при поступлении на вход которого импульсов судовой РЛС излучаются ответные импульсы или их кодовое сочетание. Ответные сигналы воспроизводятся на экране РЛС, позволяя определить местоположение и принадлежность маяка.

В настоящее время получили широкое распространение РМО с медленной перестройкой рабочей частоты в диапазоне 9320 - 9500 МГц (3 см) используемой для работы судовых РЛС всего мирового флота. Сигналы РМО наблюдаются только в те промежутки времени, когда частота РМО совпадает с частотой РЛС. Период изменения частоты РМО составляет 1,5 - 2 мин. Поэтому сигналы РМО наблюдаются в течение 2 - 3 оборотов антенны каждые 1,2 - 2 мин

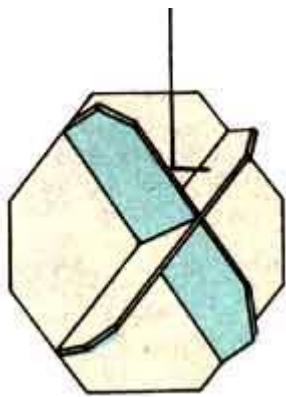
Сигналы РМО представляется в виде сплошной радиальной линии длиной около 4 миль.

Дальность их обнаружения в зависимости от технических параметров 15 - 30 миль.

При использовании РМО дистанция измеряется по началу отметки, затем учитывается задержка сигнала по характеристике маяка.

14. ПАССИВНЫЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ ОТРАЖАТЕЛЬ.

Для увеличения дальности обнаружения буйев, ставных неводов и других мелких объектов на них устанавливаются пассивные радиолокационные отражатели. Для изготовления уголкового отражателя можно использовать алюминий, медную сетку, фольгу, перфорированные листы металла.



При соединении уголков надо добиться строгой взаимной перпендикулярности всех плоскостей, так как в противном случае они будут отклонять радиоволны и отраженный луч может не попасть на радар судна (отражатель возвращает радарную волну к источнику (приемнику) излучения).

Чем выше расположен отражатель, тем на большем расстоянии он будет обнаружен (дальность действия пропорциональна квадратному корню из высоты установки отражателя над поверхностью моря). Поэтому лучше всего закреплять его на топе мачты или поднимать на фале. Во всяком случае, устанавливать отражатель на высоте менее 3,5 м не имеет смысла.

Важно также правильно установить отражатель на мачте или стойке — таким образом, чтобы ни одна из его плоскостей не была параллельна поверхности воды.

15. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ (СУДС).

Первые в мире СУДС появились в конце 40-х годов. За полвека своего развития СУДС прошли путь от обычных судовых РЛС, установленных на берегу, до сложнейших технических систем, использующих последние достижения радиоэлектроники и вычислительной техники.

В мире насчитывается свыше 500 СУДС различного масштаба и назначения. Количество СУДС за последние 10-15 лет почти удвоилось, что связано не только с увеличением грузооборота портов и интенсивностью судоходства, но и с реальной угрозой экологических бедствий вследствие морских аварий.

СУДС создаются и функционируют в соответствии с правовыми нормами, подготавливаемыми в рамках Международной морской организации (ИМО), которая рассматривает СУДС как важный и неотъемлемый элемент современного судоходства.

Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море (SOLAS) и Резолюция ИМО А. 857 (20) определяют, что СУДС создаются в целях охраны человеческой жизни на море, безопасности и эффективности судоходства и защиты окружающей среды. Правительства прибрежных государств обязуются создавать СУДС там, где, по их мнению, достаточно высоки интенсивность судоходства или степень риска аварий.

Основные функции СУДС:

- организация и регулирование судоходства на акваториях портов и на подходах к ним, контроль за соблюдением правил плавания;
- обеспечение безопасности мореплавания в сложной навигационной, метеорологической и гидрологической обстановке;
- защита окружающей среды за счет снижения риска аварий и разливов нефтепродуктов;
- содействие лоцманским службам, поисково-спасательным операциям и операциям по борьбе с разливами нефтепродуктов;
- контроль за судоходством в прибрежных водах в интересах государства, информационное обеспечение пограничных и таможенных режимов.

Технологическая основа СУДС:

- береговые радиолокационные станции (РЛС);
- системы автоматической обработки радиолокационной информации;
- телевизионные системы наблюдения;
- средства ОВЧ (УКВ) радиосвязи с судами;
- радиопеленгаторы.
- радиорелейные линии связи;
- вычислительные сети и сети передачи данных;
- электронная картография;
- автоматические идентификационные системы (АИС).

По назначению и особенностям района действия СУДС подразделяются на следующие категории:

- портовые, действующие на акваториях портов и на подходах к ним;
- речные, действующие на внутренних водных путях, на подходах к портам, расположенным в реках и эстуариях.
- прибрежные, осуществляющие контроль за судоходством в территориальных водах прибрежных государств или в международных проливах.

По размерам района действия и особенностям организации СУДС подразделяются на:

- локальные, обслуживающие ограниченные акватории, небольшие участки побережья или внутренних водных путей;
- региональные, обслуживающие акватории протяженностью в десятки и сотни миль.

Региональные СУДС образуются, как правило, посредством информационной интеграции нескольких локальных СУДС, центры которых обмениваются информацией между собой и являются субцентрами региональной СУДС.

Типовая структура СУДС включает Центр управления движением судов (ЦУДС) и связанные с ним удаленные информационные посты, где располагаются источники информации (РЛС, телекамеры, радиопеленгаторы) и средства связи. Передача информации от информационных постов в ЦУДС обычно произво-

дится с использованием радиорелейных или наземных линий связи. ЦУДС является местом, где обрабатывается и анализируется поступающая информация, где принимаются управляющие решения и откуда осуществляется взаимодействие с судами. Обработка информации в СУДС, как правило, полностью автоматизирована и выполняется компьютерами общего или специального назначения. В результате обработки информации формируется картина судоходной обстановки, отображаемая на ситуационных дисплеях. Управляющими звеньями СУДС являются операторы, которые анализируют судоходную обстановку, оценивают и прогнозируют ее развитие. Операторы СУДС посредством ОВЧ (УКВ) радиосвязи передают для судов информацию, предупреждения, рекомендации и указания, обеспечивающие безопасное и эффективное судоходство в районе действия СУДС.

Суда в районе действия СУДС обязаны выполнять специальные правила плавания, отражающие специфику района, его навигационные характеристики и правовой статус, особенности взаимодействия судоводителей и лоцманов на мостике судна с операторами СУДС. Эффективное выполнение СУДС своих функций обеспечивается высокой надежностью технологического оборудования, квалификацией и профессионализмом персонала, а также жестким контролем работы СУДС со стороны государства.

В 1960 г. в порту Санкт-Петербург была введена в действие первая в России СУДС, которая отметила свое сорокалетие. Первая в России СУДС с автоматизированной обработкой радиолокационной информации с помощью ЭВМ была введена в эксплуатацию в 1980 г. в заливе Находка. К настоящему времени в России действуют 9 СУДС, контроль за деятельностью которых осуществляет Служба морского флота Министерства транспорта РФ. Технический надзор над СУДС в России возложен на ГУП «Морсвязьспутник».

В заключении можно сказать о том что, уже на протяжении более пяти десятилетий с момента появления радиолокационной на судах флота, РЛС остается эффективным средством предоставляющим достоверную информацию о складывающейся на данный момент навигационной обстановке. Сегодня РЛС это уже не

отдельная станция, существует множество навигационных систем использующих радиолокационную информацию предоставляемую РЛС.

Следует отметить, что **"Хорошего судоводителя САРП делает еще лучше, а плохого - еще хуже"**.

ИМО отмечает, что САРП с низкими технико-эксплуатационными характеристиками или **обслуживаемые недостаточно обученным персоналом** могут нанести ущерб безопасности мореплавания. Грамотное и полное использование возможностей САРП предполагает **не абсолютное его предпочтение другим техническим средствам судовождения, а совместное их применение и обязательный взаимный контроль**.

Совместное использование РЛС и средств электронной картографии позволяет отображать поверх электронной карты полный радиолокационный образ акватории. Возможность синхронизации обоих изображений в реальном времени и наблюдения радиолокационного образа, как совместно с картографическими данными, так и независимо, позволяет судоводителю легко ориентироваться в узкостях и незнакомых районах мореплавания.

С 2002 года началось поэтапное оснащения судов транспондерами автоматической идентификационной системы. Совместное использование АИС и РЛС позволит практически мгновенно получать всю необходимую информацию о судне-цели, включая элементы движения. Существует мнение, что внедрение АИС сделает радиолокатор ненужным. Маловероятно, что это произойдет. По меньшей мере, на начальном этапе суда, не удовлетворяющие требованиям конвенции SOLAS не будут оборудованы АИС. Можно также ожидать, что многие суда старой постройки, удовлетворяющие требованиям конвенции SOLAS, будут с задержкой оборудоваться этой аппаратурой (следует иметь в виду исключение главы V конвенции SOLAS для судов, выводимых из эксплуатации в течение двух лет после внедрения АИС). Поэтому радиолокатор остаётся единственным средством обнаружения и сопровождения, способным работать со всеми целями. Кроме того, он является средством контроля правильного положения плавучих средств навигационного обеспечения и проверки достоверности определения ме-

стоположения электронными средствами. Определение места судна рекомендуется производить методом расстояний. Использование для определения пеленгов не рекомендуется, точность дистанционных методов намного выше. При плавании в прибрежной зоне определения места по РЛС часто оказываются более достоверными, чем при определении места судна другими средствами.

16. ПЕРЕДАЧА RTCM ПОПРАВКИ НА ПОДНЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЕ В FM ДИАПАЗОНЕ.

Данный метод широко применим из-за полного завершения GPS, присутствия во всем мире радио FM и плотности площадей покрытия FM с передачей данных DGPS. Использование существующей инфраструктуры передатчиков наряду с развитой радиоприемной технологией обеспечивает конечному пользователю хорошее качество за невысокую стоимость. Радиус покрытия передачи FM станций — идеальная пара для передачи дифференциальных коррекций.

Главная проблема передачи данных по радио имеет не физическую, а законодательную природу — из-за существующих требований к радиодиапазону и необходимости получения лицензий. Радииодиапазон — ценный ресурс, который управляется специальными национальными комитетами по радиочастотам. Бурный рост рынка средств связи и в особенности беспроводных его элементов поставили перед громадной проблемой распределения частот. Отсюда следует, в частности, что приветствуется все, что может избежать необходимости получения дополнительных частот для специальных приложений.

Большинство УКВ диапазона занято местными общественными станциями: УКВ/FM радио и телевидением. Многие FM радио и телевидение уже предоставляют дополнительные цифровые услуги в виде RDS на радио и телетекста на телевидении.

Система Radio Data System(RDS) была разработана в качестве Европейского стандарта для передачи цифровых данных, использующих модуляцию поднесущей в FM диапазоне радиостанции. Система была первоначально задумана для обеспечения услуг радиовещания, которые будут поддерживать новое поколение интеллектуальных радиоприемников. В эти возможности входят передача кодов о типах программ, алфавитно-цифровых полей для идентификации программы, управление движением, музыкальные/речевые флаги и альтернативные таблицы частоты.

В 1993 году Ассоциация Электронных Отраслей промышленности (EIA) и Национальная Ассоциация Радиовещания ввели в действие Стандарт RDS для

США, называемый RBDS, который эксплуатируется на поднесущей 57kHz FM и осуществляет все возможности RDS. Различные группы предназначены для обработки радиотекста, движения, времени и услуг типа DGPS. Следовательно, несколько возможностей RBDS могут быть выполнены одновременно. Это позволяет передавать радиотекст, в то время как передаются поправки DGPS и сообщения о движении, и в то же самое время система доступна для использования предупреждения об аварии.

Система RDS широко развита в Европе. В настоящее время 70% европейских радиостанций FM обеспечивают услуги RDS и почти половина новых автомобилей поставляются с оборудованным RDS радио. С принятием RBDS (Radio Broadcast Data System), мы теперь видим быстрое внедрение этой технологии в США. Приемники должны функционировать в обеих системах без проблем, хотя имеются некоторые малые разновидности в способе кодировки данных для определенных групп сообщений.

Станции без RDS/RBDS на их поднесущей 57 КГц будут скоро редкостью. RDS быстро расширяется в остальной части мира. Мексика, Израиль, Китай, Южная Африка, Тунис, Гватемала и Гонконг или в настоящее время имеют или планируют устанавливать средства RDS.

Разработаны методы, которые обеспечивают все выгоды реального времени DGPS при требовании только малой доли доступной ширины полосы RDS. Это позволяет использовать дифференциальные услуги, чтобы сосуществовать на радиостанциях, которые предлагают другие услуги на основе RDS, вроде пейджинговой связи.

Специальные приемники разработаны для использования с RDS-пейджерами небольшого размера, дешевыми и высокочувствительными. Предлагается лицензия на производство приемника, который может быть интегрирован непосредственно в приемник GPS или навигационную систему и способен получать сигналы Службы Дифференциальной коррекции, выдающей результаты в формате RTCM SC-104. Вывод сообщений RTCM настраивается, чтобы обеспечить сообщения Типа 1 или Типа 9 для отдельных спутников, а также сообщения

Типа 2 для разностей дальности. Этот приемник совместим и с RDS, и с RBDS-системами, а также с сигналами ARI, которые представлены на поднесущей 57 КГц в Германии.

DCI

Компания Differential Corrections Inc (DCI) была основана в 1992, чтобы объединить преимущества новых технологий, обеспечить информационные радиовещательные службы и улучшить точность приемников GPS в реальном масштабе времени. DCI предлагает обслуживание пользователям на поднесущей частоте радио FM, используя формат RBDS на 57kHz с менее, чем пятипроцентными затратами на внедрение. Поправки могут быть получены только теми пользователями, которые подпишутся на обслуживание. Кроме обслуживания DGPS, DCI быстро распознал возможности RBDS по обеспечению услуг сообщения движения и разработал дополнительный сервис для передачи по радио информации о движении в реальном масштабе времени.

Для возобновления подписки достаточно телефонного звонка. Пользователи с точными GPS приемниками обычно получают субметровую точность с помощью технологии DCI. Системы DCI характеризуются низкой ценой, простотой оборудования, и хорошими возможностями позиционирования.

Основные рынки — точное позиционирование, ГИС, исследование ресурсов, точное сельское хозяйство, наземная навигация и системы слежения. Также возможно использование на морском рынке. С небольшой статистической обработкой может использоваться в съемочных приложениях.

В DCI используется подход передачи данных по каждому спутнику последовательно, после расположения измеряемых ошибок по приоритетам. DCI разработал собственные алгоритмы, которые используют тот факт, что не все измеряемые ошибки дальности изменяются коренным образом в одно время.

Центры Информации о Движении обеспечивают информацию движения DCI, которая затем в цифровой форме кодируется для передачи сети станций FM. Эта информация может использоваться абонентом, чтобы избежать происшествий, строек, погоды, и т.д. Для транспортных навигационных систем обслужи-

вание движения совмещение с DGPS становится очень эффективным инструментом в определении альтернативных маршрутов.

С июля 1995 DCI имеет приблизительно 175 станций в США и приблизительно в 115 из них установлено радиовещание. Эти станции покрывают свыше пятидесяти процентов территории США и более восьмидесяти процентов населения США. Анализ показывает, что необходимо более 300 станций, чтобы обеспечить практически полное покрытие в США.

Система успешно работает в Канаде свыше двух лет, передавая данные с большого числа независимых FM радиостанций. DCI осуществляет свою работу с партнерами по всему миру и теперь система запущена в Скандинавии, части Западной Европы, Дальнем Востоке и Австралии, позволяя пользователям системы принимать DGPS поправки с помощью ежегодной подписки.

В Великобритании с 1995 года партнером DCI является компания C&MT. C&MT была получена лицензия на использование поднесущей RDS в диапазоне Classic FM, на котором работают только независимые национальные FM радиостанции. В настоящее время трансляция в диапазоне Classic FM ведется по сети из 20 основных передающих станций и 15 ретрансляторов, покрывающих около 80% территории Великобритании. DCI развивается в США, Канаде, Сингапуре, Финляндии, Норвегии, Австралии, Швеции, Голландии, Бельгии, Швейцарии, Люксембурге, Великобритании, Гонконге. Идут переговоры и тестирование в Австрии, Дании, Франции, Германии, Италии, Н. Зеландии, Испании.

Мощность передатчиков от 50 до свыше 100 киловатт обеспечивают сильный сигнал на частотах, которые наименее подвержены влиянию условий среды, нежели 300 кГц передача морских радиомаяков.

Следуя требованиям рынка, DCI обеспечивает три уровня обслуживания. Эти услуги доступны на периоды один год, три года и пять лет. Обслуживание Premium — самый высокий уровень обслуживания, предлагаемого DCI, и при хороших условиях PDOP с приемниками GPS высокого качества предоставляет точность в реальном времени лучше одного метра. С дешевыми приемниками она находится в диапазоне от 2 до 3 метров. Стоимость при субметровой точности —

1,25\$/день. Обслуживание Intermediate — уровень обслуживания обеспечивает точность в пределах пяти метров. Обслуживание Basic — обслуживание обеспечивает точность в пределах десяти метров при стоимости 0,15 \$/день.

Разработанный для пользователей в переносном исполнении, RDS 1000 — защищенный, легкий комплект, который крепится на поясе или монтируется в любой ориентации. RDS DCI 1000 — недорогой и высокочувствительный FM пейджер, который обеспечивает доступ к дифференциальным поправкам GPS. Просто присоедините к RS-232 порту на GPS приемнике любой RDS DCI 1000, который был активизирован для получения одной из дифференциальных услуг для абонентов и он будет обеспечивать приемнику GPS непрерывные дифференциальные коррекции в стандарте RTCM-104. Стоимость приемника — 375\$.

17. ПЕРСПЕКТИВЫ – РАЗВИТИЕ RTK МЕТОДОВ В FM ДИАПАЗОНЕ.

CUE Network Corp. создана в 1984 г. фирмой NOKIA Mobile Telephones. — предоставляет услуги по дифференциальной GPS реального времени в США (под маркой ACCQPOINT), Юго–Восточной Азии и Тихоокеанском регионе Азии (под маркой Pinpoint).

Это служба распространения спутниковых данных на большие территории из 200 FM станций и возможностью расширения до 500. Точность выше 1 метра для рынка ГИС приложений, но существует также служба RTK FM с сантиметровыми точностями. Географически — большая часть США, Сингапур, Тайланд, Индонезия, Малайзия, Филиппины, Гонконг, Япония, Тайвань, Корея и часть Китая.

Данные непрерывно отслеживаются в Управляющих Центрах в Лос Анджелесе и Торонто, передаются на спутник связи и затем транслируются 150 000 подписчикам. Виртуальная сеть из более 450 FM станций, соединенных с 2 спутниковыми сетями над Сев.Америкой (для 90% населения) и Азией. Станции передают сигналы на частоте 67 КГц, которые пользователь принимает на специализированный миниатюрный пейджер. Он преобразует сигнал в стандартный формат RTCM, который используется в GPS приемниках для коррекции координат. Стоимость годовой подписки при метровой точности координат — 600\$.

Через 10 лет FM приемники будут интегрированы в приемники большинства GPS производителей. Особенный интерес будет в случае приборов для съемки. Для метрового уровня точности усилится соперничество в Сев. Америке и Европе между свободными услугами Государственных служб и частных спутниковых компаний. Однако соперничества не будет в RTK–сервисе, где поднесущая FM выполняет уникальную роль.

18. СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ СУДОВОДИТЕЛЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДНА.

В наставлении по организации штурманской службы (НШСР–86), подробно отражены основные действия судоводителей в различных условиях плавания. Но НШСР–86 не исключает и не ограничивает любых мер и действий, которые могут быть эффективными, применительно к преобладающим обстоятельствам и условиям, с тем, чтобы полностью оценить ситуацию в данных условиях плавания.

Безусловно, что выпускники морских учебных заведений не сразу становятся высококлассными специалистами, готовыми действовать на мостике при несении вахты. Как показывает практика, у них достаточно уверенные знания и умения решать простые навигационные задачи, например:

- ведение счисления в простых условиях плавания;
- снятие отсчетов навигационных параметров и нанесение обсерваций на карту в прибрежном плавании;
- снятие координат с приемоиндикаторов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) и нанесение их на карту и т.д.

Однако при решении судоводителями, таких задач, как исправление отсчетов некоторых ныне действующих РНС поправками, анализ обсервации, счисления с учетом влияния на судно внешних факторов и т.д., иногда приводит к ошибкам, которые могут сказаться на безопасности судна, груза, экипажа.

Все это заставляет иметь методику контроля действий вахтенных помощников со стороны капитана.

В данном вопросе делается попытка дать некоторые рекомендации по контролю за навигационной безопасностью судна с учетом различной подготовленности судоводителей. Имеется в виде не только контроль неправильных действий или промахов, но и оказание помощи судоводителям в совершен-

ствовании своего профессионального мастерства со стороны капитана.

Важнейшим элементом контроля работы судоводителей является регулярное личное определение места судна капитаном. Это позволяет быть в курсе навигационной обстановки, эффективно контролировать работу судоводителей, создавая атмосферу систематической требовательности, обнаруживать грубые погрешности при ведении навигационной прокладки и этим исключать, уменьшать вероятность аварийного происшествия.

В настоящее время на судах повсеместно, широко используются приемо-индикаторы спутниковой радионавигационной системы (РНС) «Navstar», что привело к тому, что судоводители определяют место судна по этой системе, как в прибрежном плавании, так и в удаленных районах Мирового океана. Это прежде всего связано с простотой использования, высокой точностью ОМС и дискретностью обсерваций. Однако, особенно в прибрежном плавании, методом контроля является периодический переход на использование радиолокационной станции и обсервации по видимым береговым ориентирам.

Поэтому для контроля навигационной прокладки в прибрежном плавании капитан, может выбрать любой другой способ обсервации, приемлемый к данным условиям плавания, особенно если вахтенный помощник использовал несколько раз один и тот же способ (вид) обсервации – это могут быть, например, обсервации:

- по РЛС;
- по видимым береговым ориентирам;
- по СРНС Navstar и т.д.

Использование капитаном способов обсерваций, отличных от применяемых вахтенным помощником, исключает возможность повторения грубых погрешностей (систематических, случайных промахов). Промахи могут возникать как вследствие ошибок судоводителей, неисправности технических и радиотехнических средств, а также в результате неправильной обработки показаний РНС, ТСС или промахов в опознании навигационных ориентиров.

Грубые погрешности неправильной обработки в импульсно–фазовых

РНС имеют довольно большую вероятность $P=0,1$ до $0,2$ /4/, а в некоторых случаях даже больше, где главным источником ошибок является влияние пространственных радиоволн. Отсюда можно сделать вывод, что в среднем каждая десятая или пятая обсервации с помощью этих средств содержит грубую погрешность. Также следует учитывать, что в силу особенностей психики человека велика вероятность промаха при ручном решении вычислительных задач. Если, например, решение такой задачи предполагает выполнение 10–12 элементарных действий, то вероятность промаха $P=0,1$ до $0,083$. Поэтому в настоящее время использование информации от наземных РНС является не основным, а дублирующим.

Таким образом, грубые, ненормальные по величине погрешности – довольно частое явление в практике навигационных расчетов, что является отражением действия объективных факторов. Конечно, не каждая такая погрешность приводит к аварийному происшествию, но задача своевременного обнаружения и исключения грубых погрешностей требует от капитана судна (экипажа) использования для своей обсервации средств и способов, отличающихся от применяемых в данное время вахтенным помощником.

После нанесения своего места на карту капитан может проанализировать невязку между своей обсервацией и местом вахтенного помощника на этот момент. Простейшим способом анализа является сравнение величины невязки с удвоенной суммой радиальных средних квадратических погрешностей (РСКП) сравниваемых мест. Если $C > 2 (M_1 + M_2)$ или не пересекаются окружности с радиусами $2M_1$ и $2M_2$, то с вероятностью $P=0,95$ одно из мест содержит грубую погрешность. В случае обнаружения грубой погрешности принимаются меры для выяснения обстановки, особенно при плавании вблизи навигационных опасностей.

Для быстрого расчета величин РСКП может быть использована упрощенная методика расчета РСКП

$$D_{cp} = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

- по двум визуальным пеленгам: $M=0,03 D_{\text{ср}}$,
где $D_{\text{ср}}$ – среднее расстояние до ориентиров;
- по двум радиолокационным расстояниям: $M=0,014 D_{\text{ш}}$,
где $D_{\text{ш}}$ – значение шкалы дальности;
- по пеленгу и расстоянию: $M=0,025 D_{\text{ш}}$, где $D_{\text{ш}}$ – значение шкалы дальности.

Для расчета РКСП счислимого место применяется формула $M_o = \sqrt{M_o^2 + M_{\text{сч}}^2}$, где M_o – РКСП последней обсервации; $M_{\text{сч}}=0,7 K_c t$ при счислении после обсервации до 24; $M_{\text{сч}} K_c \sqrt{t}$ при $t>24$; K_c – коэффициент точности счисления. Коэффициент точности счисления может быть определен путем статистической обработки фактических наблюдаемых неувязок счисления в заданном районе при различной продолжительности плавания по счислению. $K_c \approx$ принимаем равным 0,7 до 1,0, если обсервации выполнять по СРНС «Navstar», $\approx$ равный 1,5 во всех остальных случаях.

19. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПИ GPS ПРИ МАНЕВРИРОВАНИИ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ПЛАВАНИЯ.

Приемоиндикаторы GPS предоставляют возможность судоводителю более эффективно по сравнению с традиционными методами осуществлять управление судном в условиях интенсивного движения судов, а также для качественного выполнения сложных маневров на акваториях портов (швартовка, движение по фарватеру, постановка на якорь, съёмка с якоря и др.). Судоводителю необходимо предварительно сформировать план маневрирования, а затем контролировать его выполнение в ходе его реализации. Использование приемоиндикатора GPS может значительно облегчить выполнение этой задачи.

При составлении плана маневрирования судоводитель предварительно наносит на карту предполагаемую траекторию движения судна, рассчитывает точки начала маневра и контрольные точки, выбирает ориентиры и рассчитывает пеленги и дистанции на ориентиры с контрольных точек и с точек начала маневров. Определение точек начала маневров и скорости судна в контрольных точках базируются на динамических закономерностях, определяющих пройденный путь, как функцию от начальной и конечной скорости. Как показали проведенные исследования по изучению динамических закономерностей крупнотоннажных судов при выполнении маневров на портовых акваториях, наиболее точные и близкие к реальным процессам результаты могут быть получены при следующих предпосылках.

При маневрах, совершаемых на скоростях от полного хода до малого, следует принимать квадратичную зависимость сопротивления от скорости. В этом случае при снижении оборотов главного двигателя зависимость $S=f(v)$ приобретает вид

$$S = \frac{m(1 + \lambda_{11})}{2K} \ln \left| \frac{F - KV_0^2}{F - KV^2} \right|,$$

где m – масса судна; λ_{11} – присоединенная масса; K – коэффициент со-

противления при квадратической зависимости; F – упор движителем; V_0 – начальная скорость.

При маневрах, начинающихся на малых скоростях, упомянутая квадратическая зависимость не наблюдается тем больше, чем меньше начальная скорость маневра. Поэтому следует для повышения точности расчетов принимать линейную зависимость сопротивления воды от скорости.

Тогда при пассивном торможении (остановка двигателя) зависимость $S=f(v)$ приобретает вид

$$S = \frac{m(1 + \lambda_{11})}{R_1} (V_0 - V),$$

где K_1 – коэффициент сопротивления при линейной зависимости .

При активном торможении на малых скоростях в этом случае функция

$$S = \frac{m(1 + \lambda_{11})}{F_{3x}} \times \ln \left| \frac{K_1 + F_{3x} V_0^{-1}}{K_1 + F_{3x} V^{-1}} \right|,$$

где F_{3x} – упор движителя на заднем ходу.

Для каждой конкретной технологической операции (швартовка, отшвартовка, движение по фарватеру, съёмка с якоря и др.) судоводитель по таблицам маневрирования, учитывающим изложенное, рассчитывает путь судна для каждого режима работы двигателя, обеспечивающий необходимый регламент скорости судна по траектории движения судна. Технология использования ПИ GPS при составлении плана маневрирования следующая. В режиме Waypoint в библиотеку маршрута точек заносят координаты конечной точки, по расчетному пути и курсу судна последовательно рассчитывают координаты точек начала маневров и контрольных точек, при этом путевым точкам присваивают соответствующее имя и тип. В режиме Route из этих маршрутных точек формируют маршрут. Затем в библиотеку маршрутных точек вводят координаты выбранных ориентиров и определяют контрольные пеленги и ди-

станции из полученных точек на введенные ориентиры. Полученные результаты планирования фиксируют в таблице.

Для конкретного случая формируется несколько маршрутов для различных, наиболее часто встречающихся стандартных ситуаций маневрирования.

Перед выполнением выбранного плана маневрирования необходимо соответствующим образом конфигурировать приемоиндикатор. В режиме SET UP/ALARM 1 включать сигнализацию при отклонении от линии пути и допустимую величину отклонения: XTE ALARM–ON, Limit – 0,1 nm.

В режиме SET UP/TRACK установить параметры записи данных плавания в память ПИ: TRACK REC–ON, REC RATE MODE–TIME, REC RATE – гос. В режиме SET UP/TRACK/SELECT DATE установить параметры движения судна, которые будут записываться для каждой точки пути. Из предлагаемого анализа рекомендуется выбрать COG – истинный курс, SOG – истинная скорость, XTE – отклонение от линии пути, DTW – расстояние до путевой точки.

В режиме индикации данных следует выбрать из предлагаемого списка данные для вывода на индикацию: COG, SOU, DTW, CTW – курс в путевую точку.

Для реализации плана маневрирования в режиме Waypoint активизируют соответствующий маршрут и переходят к наблюдению за выполнением выбранного плана маневрирования.

Для общей оценки движения судна при выполнении маневров рекомендуется включать режим индикации PLOT с включенным окном данных. При этом на экране в меркаторской проекции индицируется текущее положение судна и пройденная часть пути, путевые точки и отрезки пути, а также числовая информация о координатах судна, дистанции и пеленги в очередную точку, курс и скорость судна.

Расчетный план маневрирования не может учитывать все многообразие условий плавания (ветер, волнение, переменные течения и др.), поэтому су-

доводитель, контролируя выполнение плана маневрирования, сопоставляя плановое значение скорости и курса судна, отклонение от линии пути в контрольных точках с истинными значениями, имеет возможность оперативно принимать решения о корректировке плана маневрирования.

20. ТРЕБОВАНИЯ К ОСНАЩЕНИЮ СУДОВ.

23.1. На суда вместимостью свыше 3000 рег.т. необходимо дополнительно устанавливать вторую РЛС (работающую в диапазоне 10 или 3 см) с устройством автоматической прокладки целей, которое на судах вместимостью более 10000 рег.т. должно быть заменено на средство автоматической радиолокационной прокладки (САРП) по крайней мере до 20 целей, способное обеспечивать проигрывание маневра для предупреждения столкновения.

Указанные ГНСС получили одобрение со стороны ИМО, которая, однако, при этом отметила, что обе системы не в полной мере удовлетворяют требованиям по точности обсерваций, необходимой для обеспечения плавания в узкостях. Ввиду этого рекомендовано дополнительно использовать дифференциальную подсистему ГНСС, позволяющую повысить точность определения места до 5-10 м. В мире уже имеется более 200 таких диффстанций. Первые станции появляются и России в районе Санкт-Петербурга и в западном секторе Арктики.

Принята совместно Минтрансом и ВМФ программа создания морской дифференциальной подсистемы ГНСС в России, согласно которой на побережье должно быть установлено более 30 диффстанций. В перспективе для повышения точности навигационных определений можно будет также использовать широкозонные диффподсистемы WAAS, EGNOS и MTSAT, которые в настоящее время создаются США, Европой и Японией и в которых передача диффпоправок будет производиться через стационарные спутники Инмарсат-3.

23.2. Судовое навигационное оборудование и системы

С учетом положений пункта 23.1:

23.2.1 Все суда, независимо от размера, должны иметь:

.1 магнитный компас, у которого уничтожена девиация и определены ее остаточные значения, или другое средство, независимое от любого источника электроэнергии, чтобы определять курс и представлять его показания на главный пост управления рулем;

.2 пелорус или пеленгаторное устройство компаса, или другое средство, независимое от любого источника электроэнергии, чтобы брать пеленги по дуге го-

ризонта в 360° ;

.3 средства коррекции для получения истинных пеленгов и курса в любое время;

.4 морские навигационные карты и морские навигационные пособия, чтобы планировать и вести предварительную прокладку в предполагаемом рейсе, а также чтобы вести исполнительную прокладку на протяжении всего рейса; электронная картографическая навигационная информационная система (ЭКНИС) может считаться отвечающей требованиям данного подпункта в отношении наличия карт;

.5 средства дублирования для выполнения функциональных требований подпункта .4, если эта функция частично или полностью выполняется электронными средствами; *

.6 приемник глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) или наземной радионавигационной системы, или другое средство, пригодное для использования в любое время в течение предполагаемого рейса, для определения текущих координат автоматическим способом;

.7 радиолокационный отражатель * или другое средство обеспечения возможности их обнаружения судами, использующими радиолокатор как в диапазоне 9 ГГц, так и в диапазоне 3 ГГц, если их валовая вместимость менее 150;

.8 если мостик является полностью закрытым и Администрацией не определено иное, звукоприемную систему или другое средство, обеспечивающее возможность вахтенному помощнику прослушивать звуковые сигналы и определять их направление;

.9 телефон или иное средство связи для передачи информации о курсе на аварийный пост управления рулем, если он имеется.

23.2.2. Все суда валовой вместимостью 150 и более и пассажирские суда независимо от размера, дополнительно к требованиям пункта 23.2.1, должны иметь:

.1 запасной магнитный компас, взаимозаменяемый с магнитным компасом, упомянутым в пункте 23.2.1.1, или другое средство, обеспечивающее выполнение

предусмотренной пунктом 23.2.1.1 функции путем замены или дублирования оборудования;

.2 сигнальную лампу или другое средство, обеспечивающее обмен световыми сигналами днем и ночью с использованием источника электроэнергии, не зависящего только от судового источника электроэнергии.

23.2.3 Все суда валовой вместимостью 300 и более и пассажирские суда независимо от размера, дополнительно к требованиям пункта 23.2.2, должны иметь:

.1 эхолот или иное электронное средство измерения и представления глубины под килем;

.2 радиолокатор в полосе частот 9 ГГц или другое средство определения и представления дистанции и пеленга радиолокационных ответчиков для поиска и спасания, а также других плавсредств, препятствий, буев, береговой черты и навигационных знаков для оказания помощи в судовождении и предупреждении столкновений;

.3 средство электронной прокладки (СЭП) или иное средство прокладки электронным способом дистанции и пеленга целей для определения опасности столкновения;

.4 лаг или иное средство для измерения и индикации скорости и пройденного расстояния относительно воды;

.5 устройство передачи магнитного курса, у которого уничтожена девиация и определены ее остаточные значения, или другое устройство передачи информации о курсе, предназначенной для ввода в оборудование, упомянутое в пунктах 23.2.3.2, 23.2.3.3 и 23.2.4.

23.2.4 Все суда валовой вместимостью 300 и более, совершающие международные рейсы, и грузовые суда валовой вместимостью 500 и более, не совершающие международные рейсы, а также пассажирские суда независимо от размера, должны быть оборудованы автоматической идентификационной (информационной) системой (АИС) следующим образом:

.1 суда, построенные 1 июля 2002 г. и после этой даты;

.2 суда, совершающие международные рейсы, построенные до 1 июля 2002 г.:

.2.1 пассажирские суда - не позднее 1 июля 2003 г.:

.2.2 танкеры - не позднее первого [освидетельствования оборудования безопасности]* после 1 июля 2003 г.;

.2.3 суда, иные чем пассажирские суда и танкеры, валовой вместимостью 50000 и более, - не позднее 1 июля 2004 г.;

.2.4 суда, иные чем пассажирские суда и танкеры, валовой вместимостью 10000 и более, но менее 50000, – не позднее 1 июля 2005 г.;

.2.5 суда, иные чем пассажирские суда и танкеры, валовой вместимостью 3000 и более, но менее 10000, - не позднее 1 июля 2006 г.;

.2.6 суда, иные чем пассажирские суда и танкеры, валовой вместимостью 300 и более, но менее 3000, - не позднее 1 июля 2007 г.; и

.3 суда, не совершающие международные рейсы, построенные до 1 июля 2002 г.,

- не позднее 1 июля 2008 г.

.4 Администрация может освободить суда от выполнения требований данного пункта, если такие суда будут выведены из эксплуатации в течение двух лет с дат внедрения, оговоренных в пункте .1. Кроме того, Администрация может освободить суда под ее флагом, если они совершают местные рейсы и эксплуатируются в районах, где, по мнению Администрации, плотность судопотока не требует установки АИС;

.5 АИС должна:

.1 автоматически предоставлять соответствующим образом оборудованным береговым станциям, другим морским и воздушным судам информацию, включая идентификацию судна, тип, координаты, курс, скорость, эксплуатационное состояние судна и другую связанную с безопасностью информацию;

.2 автоматически принимать такую информацию от подобным образом оборудованных судов;

.3 вести сопровождение наблюдаемых судов; и

.4 обмениваться данными с береговыми средствами;

.6 требования пункта 23.2.5.3 не применяются в случаях, когда международными соглашениями, правилами или стандартами предусматривается скрытность навигационной информации;

.7 АИС эксплуатируется с учетом руководства, принятого Организацией.**

23.2.5 Все суда валовой вместимостью 500 и более, дополнительно к требованиям пункта 2.3, за исключением пунктов 23.2.3.3 и 23.2.3.5 и требований пункта 23.2.4, должны иметь:

.1 гирокомпас или другое средство для определения и отображения курса немагнитными средствами и для передачи информации о курсе для ввода в оборудование, оговоренное в пунктах 23.3.3.2, 23.2.4 и 23.2.5.5.

.2 репитер гирокомпаса или другое средство визуального представления информации о курсе на аварийном посту управления рулем, если таковой имеется;

.3 репитер гирокомпаса или другое средство взятия пеленгов по дуге горизонта в 360° , используя гирокомпас или другое средство, упомянутые в подпункте .1. Однако, суда валовой вместимостью менее 1600 оснащаются такими средствами, насколько это возможно;

.4 индикаторы руля, гребного винта, упора, шага винта и индикаторы режима работы или другие средства, предназначенные определять и отображать угол кладки руля, обороты винта, усилие и направление упора гребного винта и, если применимо, усилие и направление упора подруливающего устройства, шага и режима работы - все показания приборов должны быть видны с места, откуда обычно управляется судно; и

.5 средство автосопровождения (САС) или иное средство автоматической прокладки дистанции и пеленга целей для определения опасности столкновения.

23.2.6 На всех судах валовой вместимостью 500 и более выход из строя одного вида оборудования не должен приводить к снижению способности судна выполнять требования пунктов 23.2.1.1, 23.2.1.2 и 23.2.1.4.

23.2.7 Все суда валовой вместимостью 3000 и более, дополнительно к требованиям пункта 23.2.5, должны иметь:

.1 радиолокатор в полосе частот 3 ГГц, или, если Администрация считает необходимым, - второй радиолокатор в полосе частот 9 ГГц или другое средство определения и отображения дистанции и пеленга других плавсредств, препятствий, буев, береговой черты и навигационных знаков для оказания помощи в судовождении и предупреждении столкновений средствами, которые функционально не зависят от средств, упомянутых в пункте 23.2.3.2;

.2 второе средство автосопровождения (САС) или иное средство автоматической прокладки дистанции и пеленга целей для определения опасности столкновения, которое функционально независимо от упомянутого в пункте 2.5.5.

23.2.8 Все суда валовой вместимостью 10000 и более должны, дополнительно к требованиям пункта 23.2.7, за исключением 23.2.7.2, иметь:

.1 средство автоматической радиолокационной прокладки (САРП) или иное средство, чтобы автоматически осуществлять прокладку дистанции и пеленга по меньшей мере 20 целей, соединенное с устройством для измерения и индикации скорости и пройденного расстояния относительно воды, для определения опасности столкновения и имитации маневра по расхождению; и

.2 систему управления курсом или систему управления по заданному пути, или другое средство, чтобы автоматически управлять и удерживать курс и/или прямой путь.

23.2.9 Все суда валовой вместимостью 50000 и более должны, дополнительно к требованиям пункта 2.8, иметь:

.1 индикатор угловой скорости поворота или иное средство определения и отображения угловой скорости поворота; и

.2 устройство для измерения и индикации скорости и пройденного расстояния или другое средство указания скорости и пройденного расстояния относительно грунта в прямом и поперечном направлениях.

3 Если данным правилом разрешены “другие средства”, они должны быть одобрены Администрацией в соответствии с правилом 18.

4 Навигационное оборудование и системы, упомянутые в данном правиле, устанавливаются, испытываются и обслуживаются так, чтобы свести к минимуму

неисправности.

5 Навигационное оборудование и системы с альтернативными режимами работы должны иметь индикацию используемого режима работы.

6 Интегрированные системы ходового мостика устраиваются так, чтобы неисправность одной из подсистем незамедлительно привлекала бы звуковой и визуальной аварийно-предупредительной сигнализацией внимание помощника капитана, несущего ходовую навигационную вахту, и не приводила к неисправности любой другой подсистемы. В случае наличия неисправности в одной части интегрированной навигационной системы должна быть возможность для работы каждого отдельного оборудования системы или части системы отдельно.

РЕКОМЕНДАЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К СРЕДСТВАМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ПРО- КЛАДКИ (САРП)

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 В целях повышения стандарта предупреждения столкновении судов в море средства автоматической радиолокационной прокладки (САРП) должны:

.1 уменьшать рабочую нагрузку наблюдателей, позволяя им получать автоматически информацию о сопровождаемых целях, с тем чтобы они могли решать навигационные задачи с несколькими отдельными целями так же эффективно, как и при прокладке вручную в отношении одной цели;

.2 обеспечивать непрерывную, точную и быструю оценку ситуации.

1.2 Возможности радиолокатора, обеспечиваемые дисплеем САРП, должны отвечать эксплуатационным требованиям к радиолокационному оборудованию (резолюция А.477(ХII)) согласно используемым режимам.

1.3 В дополнение к общим требованиям, содержащимся в резолюции А.694(17), САРП должны отвечать следующим минимальным эксплуатационным требованиям.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определения терминов, используемых в настоящих эксплуатационных требованиях, приводятся в добавлении 1.

3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.1 Обнаружение

Если обнаружение целей, помимо судоводителя, работающего с радиолокатором, производится отдельным устройством, то оно должно иметь эксплуатационные характеристики не хуже тех, которые могут быть получены при использовании дисплея радиолокатора.

3.2 Захват

3.2.1 Захват цели может быть ручным или автоматическим при относительных скоростях до 100 узлов. Однако в любом случае должна быть предусмотрена

возможность ручного захвата и сброса цели: в САРП с автоматическим захватом должна быть предусмотрена возможность запрета захвата в определенных секторах. На любой шкале дальности, на которой захват в определенных секторах запрещен, сектор захвата должен быть определен и указан на дисплее.

3.2.2 Автоматический или ручной захваты должны иметь характеристики не хуже тех, которые могут быть получены пользователем на дисплее радиолокатора.

3.3 Сопровождение

3.3.1 САРП должно быть способно автоматически сопровождать, обрабатывать, одновременно отображать и непрерывно обновлять информацию по меньшей мере в отношении 20 целей, независимо от того, осуществляется захват автоматически или вручную.

3.3.2 Если предусмотрен автоматический захват, пользователю САРП должно быть предоставлено описание критериев выбора целей для сопровождения. Если САРП сопровождает не все цели, наблюдаемые на дисплее, то сопровождаемые цели должны быть четко обозначены на дисплее соответствующим символом*. Надежность сопровождения должна быть не хуже той, которая может быть получена при регистрации последовательных положений цели на дисплее радиолокатора вручную.

3.3.3 САРП должно продолжать сопровождение захваченной цели, четко различимой на дисплее, в течение 5 из 10 последовательных оборотов антенны, при условии что при этом не допускается переброса сопровождения.

3.3.4 Конструкция САРП должна быть такой, чтобы вероятность погрешностей сопровождения, включая переброс сопровождения, была сведена к минимуму. Пользователю САРП должно быть предоставлено качественное описание влияния источников погрешностей на автоматическое сопровождение и соответствующих погрешностей, включая влияние малых отношений сигнал/шум и сигнал/помехи, вызванных засветкой от моря, дождем, снегом, низкой облачностью и несинхронными излучениями.

3.3.5 САРП, по требованию, должно быть способно отображать на дисплее

соответствующими символами" по меньшей мере четыре равноразнесенных во времени предыдущих положения любой сопровождаемой цели за период, соответствующий используемой шкале дальности. Должна быть указана временная шкала прокладки предыдущих положений цели. Наставление по эксплуатации должно содержать объяснение того, что представляют собой предыдущие положения цели.

3.4 Дисплей

3.4.1 Дисплей может быть автономным или входить в состав судового радиолокатора. Однако дисплей САРП должен включать все данные, которые должны обеспечиваться дисплеем радиолокатора в соответствии с эксплуатационными требованиями к навигационному радиолокационному оборудованию.

3.4.2 Конструкция должна быть такой, чтобы любая неисправность компонентов САРП, вырабатывающих данные в дополнение к информации, обеспечиваемой радиолокатором в соответствии с эксплуатационными требованиями к навигационному оборудованию, не нарушала целостности радиолокационного изображения.

3.4.3 Должно быть возможным осуществлять автоматическую радиолокационную прокладку по меньшей мере на шкалах дальности 3, 6 и 12 морских миль; должно быть отчетливо указано, какая шкала дальности используется.

3.4.4 Автоматическая радиолокационная прокладка может также обеспечиваться на других шкалах дальности, допускаемых разрешением A.477(XII), и в таком случае она должна отвечать настоящим требованиям.

3.4.5 САРП должно быть способно работать в режиме относительного движения при ориентации изображения "Север" и "Курс" со стабилизацией по азимуту. Кроме того, в САРП может также предусматриваться режим истинного движения. В этом случае оператор должен иметь возможность выбрать для отображения режим истинного или относительного движения. Должно быть отчетливо указано, какой режим отображения и ориентации используется.

3.4.6 Вырабатываемая САРП информация о курсе и скорости захваченных целей должна быть представлена в векторной или графической форме, четко ука-

зывающей соответствующими символами* предвычисленное движение цели. В этом отношении:

.1 САРП, отображающее предвычисленную информацию только в векторной форме, должно допускать возможность выбора как истинного, так и относительного векторов. Должна быть индикация о выбранном режиме векторов, и, если выбран режим истинного вектора, на дисплее должно также быть указано, какая используется стабилизация - относительно воды или грунта;

.2 САРП, способное отображать информацию о курсе и скорости цели в графической форме, должно также отображать по запросу истинный и/или относительный вектор цели;

.3 длина отображаемых векторов должна регулироваться путем выбора времени предвычисления;

.4 должна быть отчетливо указана шкала времени используемого вектора;

.5 если для стабилизации изображения относительно грунта используются неподвижные цели, они должны быть обозначены соответствующим символом. В этом режиме относительные векторы, включая векторы целей, используемых для стабилизации относительно грунта, должны отображаться по запросу.

3.4.7 Информация САРП не должна затенять радиолокационное изображение цели. Отображение данных САРП должно находиться под контролем наблюдателя. Должна быть предусмотрена возможность сброса ненужной информации САРП в течение 3 с.

3.4.8 Должны быть предусмотрены средства, обеспечивающие независимую регулировку яркости отображения данных САРП и радиолокационных данных вплоть до полного исчезновения изображения данных САРП.

3.4.9 Метод представления данных САРП должен быть таким, чтобы в условиях освещения, обычно имеющих место на мостике судна днем и ночью, они могли быть видны в целом более чем одному наблюдателю. Может быть предусмотрена защита изображения от солнечных лучей с помощью экрана, но так, чтобы он не ухудшал возможности для наблюдателя вести надлежащее наблюдение. Должны быть предусмотрены средства для регулировки яркости.

3.4.10 Должна быть предусмотрена возможность быстрого получения дальности и пеленга любого объекта, который появляется на дисплее САРП.

3.4.11 Когда цель появляется на дисплее радиолокатора и, в случае автоматического захвата, входит в выбранную наблюдателем зону захвата или, в случае ручного захвата, захвачена наблюдателем, САРП не более чем через 1 мин должно отобразить тенденцию ее перемещения и через 3 мин - предвычисленный вектор перемещения цели в соответствии с пунктами 3.4.6, 3.6, 3.8.2 и 3.8.3.

3.4.12 После переключения шкал дальности, на которых работает САРП, или после изменения режима отображения вся информация по прокладке должна визуальнo отображаться в течение периода времени, не превышающего 1 оборота антенны.

3.5 Эксплуатационные предупреждения

3.5.1 САРП должно быть способно предупреждать наблюдателя с помощью светового и звукового сигналов о любой различимой цели, которая сближается на определенное расстояние или пересекает зону, выбранную наблюдателем. Цель, в связи с которой дано предупреждение, должна быть четко указана на дисплее соответствующими символами.

3.5.2 САРП должно быть способно предупреждать наблюдателя с помощью светового и звукового сигналов о любой сопровождаемой цели, которая согласно предвычислениям должна сблизиться на минимальное расстояние в течение минимального периода времени, избираемые наблюдателем. Цель, в связи с которой дано предупреждение, должна быть четко указана на дисплее соответствующими символами*.

3.5.3 САРП должно четко указывать о сбросе цели с сопровождения, кроме случая, когда цель выходит за шкалу дальности, при этом последнее сопровождаемое положение цели должно быть четко указано на дисплее.

3.5.4 Наблюдатель должен иметь возможность включать или выключать звуковой предупредительный сигнал.

3.6 Требования к информации

3.6.1 Наблюдатель должен иметь возможность выбирать любую сопровождаемую цель для получения информации. Выбранные цели должны быть отмечены соответствующим символом* на дисплее радиолокатора. Если требуется информация более чем по одной цели одновременно, каждый символ должен быть помечен отдельно, например у каждого символа ставится номер.

3.6.2 Следующая информация для каждой отобранной цели должна быть четко и недвусмысленно идентифицирована, а также немедленно и одновременно отображена в буквенно-цифровой форме за пределами рабочего диаметра дисплея:

- .1 текущая дальность цели;
- .2 текущий пеленг цели;
- .3 предвычисленная дистанция кратчайшего сближения ($D_{кр}$);
- .4 предвычисленное время кратчайшего сближения ($T_{кр}$);
- .5 вычисленный истинный курс цели; и
- .6 вычисленная истинная скорость цели.

3.6.3 Отображение информации, указанной в пунктах 3.6.2.5 и 3.6.2.6, должно включать также указание на то, на основе какой стабилизации представлена информация - относительно воды или грунта.

3.6.4 Если отображается информация о нескольких целях, одновременно для каждой выбранной цели должно отображаться не менее двух элементов информации из перечисленных в 3.6.2. Если элементы информации отображаются парами для каждой цели, они должны группироваться следующим образом:

- элементы 3.6.2.1 и 3.6.2.2;
- элементы 3.6.2.3 и 3.6.2.4;
- элементы 3.6.2.5 и 3.6.2.6.

3.7 Имитация маневра

3.7.1 САРП должно быть способно имитировать маневр своего судна на расхождение со всеми сопровождаемыми целями с упреждением по времени относительно момента имитации или без него. При этом сопровождение целей и отображение буквенно-цифровой информации по ним не должны прерываться.

Имитация должна быть указана на дисплее соответствующим символом.

3.7.2 В наставлении по эксплуатации должно содержаться объяснение принципов, лежащих в основе техники имитации маневра, включая, если это предусмотрено, имитацию маневренных характеристик своего судна.

3.7.3 Должна быть предусмотрена возможность в любое время прервать имитацию маневра.

3.8 Точность

3.8.1 САРП должно обеспечивать точность не ниже той, которая указана в пунктах 3.8.2 и 3.8.3 для четырех ситуаций, описанных в дополнении 2. С учетом погрешностей датчиков информации, указанных в дополнении 3, приведенные значения соответствуют наилучшим возможным результатам, получаемым при ведении ручной прокладки в условиях бортовой качки $\pm 10^\circ$.

3.8.2 САРП должно через 1 мин устойчивого сопровождения отображать тенденцию относительного перемещения цели со следующей точностью (с вероятностью 95%).

Данные Ситуация	Относительный курс (градусы)	Относительная Скорость (узлы)	$D_{кр}$ (морские мили)
1	11	2,8	1,6
2	7	0,6	-
3	14	2,2	1,8
4	15	1,5	2,0

Примечание 1.

В ситуации устойчивого сопровождения свое судно и цель следуют прямым курсом с постоянной скоростью.

Примечание 2.

Вероятность значений такая же, как уровень достоверности.

3.8.3 САРП должно через 3 мин устойчивого сопровождения отображать перемещение цели со следующей точностью (с вероятностью 95%).

Данные Ситуация	Относительный Курс (градусы)	Относитель- ная скорость (узлы)	Д _{кр} (морские мили)	Т _{кр} (мину- ты)	Истинный курс (градусы)	Истинная скорость (узлы)
1	3,0	0,8	0,5	1,0	7,4	1,2
2	2,3	0,3	-	-	2,8	0,8
3	4,4	0,9	0,7	1,0	3,3	1,0
4	4,6	0,8	0,7	1,0	2,6	1,2

3.8.4 После того как сопровождаемая цель или свое судно завершат маневр, система должна через промежуток времени не более 1 мин отобразить тенденцию перемещения цели и через 3 мин отобразить экстраполированное перемещение цели в соответствии с пунктами 3.4.6, 3.6, 3.8.2 и 3.8.3. В данном контексте "маневр своего судна" должен заключаться в отклонении от курса на $\pm 45^\circ$ в 1 мин.

3.8.5 САРП должно быть спроектировано таким образом, чтобы для ситуаций, описанных в дополнении 2, при наиболее благоприятных условиях перемещения своего судна, погрешность, вносимая САРП, была незначительной по сравнению с погрешностями, связанными с датчиками входной информации.

3.9 Сопряжение с другим оборудованием

3.9.1 САРП не должно ухудшать работу любых датчиков входной информации, а сопряжение САРП с любым другим оборудованием не должно ухудшать работу этого оборудования. Настоящее требование должно выполняться независимо от того, функционирует САРП или нет. Кроме того, САРП должно быть спроектировано таким образом, чтобы отвечать настоящим требованиям, насколько это практически возможно, при возникновении в нем какой-либо неисправности.

3.9.2 САРП должно обеспечивать индикацию при отсутствии входных данных от любого внешнего датчика. САРП должно также повторять любое сообщение об аварии или качестве входных данных от своих внешних источников, которые могут отрицательно повлиять на работу САРП.

3.10 Рабочие проверки и предупреждения

В САРП должны быть предусмотрены подходящие средства предупрежде-

ния о неправильной работе, позволяющие наблюдателю контролировать надлежащую работу системы. Кроме того, должны иметься программы проведения проверок, с тем чтобы периодически оценивать общую работу САРП, сравнивая выдаваемые им результаты с известным решением. При выполнении программы проверок на дисплее должны отображаться соответствующие символы проверки .

3.11 Стабилизация относительно воды и грунта

3.11.1 САРП должно быть способно осуществлять стабилизацию относительно воды и грунта.

3.11.2 Указатели скорости и пройденного расстояния, обеспечивающие для САРП входные данные, должны быть способны обеспечивать определение скорости судна относительно воды при движении передним и задним ходом.

3.11.3 Ввод информации, обеспечивающей стабилизацию относительно грунта, может обеспечиваться от лага, от электронной системы определения местоположения, если точность измерения скорости соответствует требованиям резолюции A.824(19), или от сопровождаемых стационарных целей.

3.11.4 Тип ввода и вид используемой стабилизации должны отображаться на дисплее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Айзинов М.М., Байрашевский А.М. Радиотехника и радионавигационные приборы. М.: Транспорт, 1975. 432 с.
2. Байрашевский А.М., Ничипоренко Н.Т. Судовые радиолокационные системы: Учеб. для морских вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Транспорт, 1982. 317 с.
3. Коновалов В.В., Кузнецова Л.И., Мельников Н.П., Причкин О.Б. Судовые радиолокационные системы. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1981. 336 с.