

**Министерство образования и науки Украины
ОДЕССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ**

**РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

Сборник методических указаний для выполнения лабораторных работ для курсантов 3 курса специальности «Судовождение»

Часть 2

Одесса 2011

ББК 39.471.5

УДК 621.396.932.1:629.783(076)

Радионавигационные приборы и системы: сборник методических указаний для выполнения лабораторных работ для курсантов 3 курса специальности «Судовождение» / Авраменко Е.С. – Одесса: ОНМА, 2011. – 64 с.

Рецензент: д. т. н., профессор кафедры ЭКС Вагущенко Л.Л.

ВВЕДЕНИЕ

Данный сборник лабораторных работ по дисциплине РНП и С для курсантов 3 курса специальности «Судовождение», состоит из двух частей.

Часть 1 – «Назначение, устройство и принцип работы основных функциональных блоков НРЛС» подготовлен доцентом кафедры ЭКС Демиденко П. П..

Часть 2 – «Радионавигационные средства и системы» подготовлен ассистентом кафедры ЭКС Авраменко Е. А..

Обе части сборника предназначены для курсантов стационарного отделения специальности «Судовождение».

Его цель – закрепление на конкретных практических примерах, знаний, полученных курсантами при изучении на лекциях и самостоятельно дисциплины РНП и С.

Лабораторная и практическая части занятий будут проводиться в учебных лабораториях кафедры ЭКС.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

САРП "ATLAS-KRUPP 8600".

НАЗНАЧЕНИЕ, ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОСНОВНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ

В соответствии с резолюциями Международной морской организации СИМО) N 18 1978 г. "О подготовке, дипломированию моряков и несению вахты" и по программе, рекомендованной резолюцией А.483 (XII) и по САРП А.482 (XII) судоводители должны знать и квалифицированно пользоваться современными радиолокационными комплексами.

В сложной обстановке интенсивного судоходства судоводитель зачастую не успевает следить за динамикой происходящих вокруг судна событий. Средство автоматической радиолокационной прокладки (САРП) помогает по данным судовой навигационной радиолокационной станции (С Р Л С) рассчитать параметры движения окружающих судов и вовремя предупредить судоводителя о возможной опасности, проиграть маневр и убедиться в его безопасности.

По требованиям ИМО САРП одновременно должно следить не менее, чем за 20 целями и по выбору судоводителя выдавать интересующую его информацию о параметрах движения целей. С технической точки зрения нет проблем увеличения числа одновременно сопровождаемых целей, однако слишком большая информация трудно воспринимается человеком.

Следует помнить, что САРП отображает возможные маневры окружающих судов с запаздыванием и не снимает с судоводителя обязанности радиолокационного и визуального наблюдения за всеми объектами окружающей обстановки.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки по использованию РЛС "Atlas-Krupp 8600", освоить режимы работы, органы управления и выводимую на экран информацию.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Отображение информации на дисплее с указанием расположения информационных участков.
2. Описать режимы захвата целей на автосопровождение.
3. Описать проигрывание маневра в истинном движении.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Особенности РЛС "Atlas-Krupp 8600".
2. Какая информация отображается на участках D1 - D4?
3. Какая информация отображается на участках UDA, DA-, AA?
4. Как включить РЛС?
5. Состав и тактико-технические характеристики (ТТХ) РЛС.-

6. Функции MENU,
7. Как захватить цель на автосопровождение в ручном режиме?
8. Как захватить цель на автосопровождение в автоматическом режиме?
9. Как построить^ линию запрета захвата?
10. Какие существуют визуальные и звуковые сигналы тревоги?
11. Как проиграть маневр в истинном и относительном движении?
12. Как проверить энергетическую характеристику РЛС?

Порядок выполнения работы

1. Самостоятельно изучить данное методическое пособие перед началом занятий по РЛС "Atlas-Krupp 8600".
2. На лабораторном занятии ознакомиться с расположением приборов РЛС и органов управления на индикаторе.
3. После разрешения преподавателя включить РЛС и ознакомиться с информацией на экране.
4. Для более эффективного обучения включить режим тренажер (в MENU выбрать функцию TRAINING SIMULATION) и произвести управление радиолокационными функциями.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Автоматизированная радиолокационная станция, в дальнейшем РЛС, "Atlas-Krupp 8600" предназначена для наблюдения за окружающей судно обстановкой и решения задач по обеспечению безопасности судоходства.

Для лучшего восприятия окружающей радиолокационной обстановки в РЛС используется телевизионный монохромный дисплей. Радиолокационное изображение, получающееся в полярной системе координат, преобразуется в двоичную форму и записывается в банк данных первичной радиолокационной информации. Эта информация по закону телевизионной развертки учитывается из банка данных в прямоугольной системе координат, одновременно в телевизионное поле вводится вторичная и служебная радиолокационная информация, которая располагается вокруг азимутального кольца.

Телевизионное изображение воспроизводится с частотой 50 Гц, что позволяет устранить недостатки обычного радиолокационного изображения с засвечиванием целей один раз за оборот антенны. В остальное время изображение поддерживается за счет послесвечения люминофора.

Следует помнить, что обновление радиолокационной информации остается прежним - один раз за оборот антенны, а воспроизводится оно с частотой телевизионных кадров. Поэтому отображение перемещения скоростных целей может быть дискретным.

Работа САРП полностью зависит от качества поступающей первичной информации, поэтому важно правильно выполнять регулировки приемника, в особенности уменьшать влияние помех.

Органы управления объединены по функциональному назначению в контрольные панели (СР) (см. прил. 2).



Рис. 1. Блок приемо-передатчика



Рис. 2. Блок индикатора

Особенности РЛС:

- возможность смещения центра развертки;
- для придания изображению привычной формы радиолокационного, на экран выводится искусственное послесвечение, время которого можно изменять;
- индикация движения "CD", при которой собственное судно ОС тается в центре экране неподвижным, все остальные цели перемещаются истинными скоростями и курсами;
- наличие режима тренажер, позволяющего производить обучение всем радиолокационным функциям;
- контрольный микропроцессор позволяет игнорировать ошибочные команды оператора;
- наличие режима быстрого контроля работоспособности приемника, передатчика и индикатора;
- система встроенного самоконтроля позволяет быстро и надежно проверить работу всей РЛС;
- дисплей имеет высокую яркость свечения, что позволяет работать в дневных условиях без тубуса.

В состав РЛС входят следующие приборы :

- индикатор или дисплейный узел;
- приемопередатчик 3 или 10 см диапазона;
- антенно-фидерное устройство;
- рупорно-щелевая антенна, длиной 2,66 или 4,66 м.

ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Импульсная мощность передатчика	3 см.	25 кВт ;
	10 см.	30 кВт;
Длительность зондирующего импульса	0,07,	0,3, 0,6, 1,3 мкс
Частота следования зондир. имп-са	2000	1000 1000 500 Гц
Разрешающая способность по дальности	13 м (для 0,07 мкс);	
Минимальная дальность обнаружения	15 м;	
Номинальное значение промежуточной частоты приемника	60 МГц;	
Амплитудная характеристика УПЧ - логарифмическая;		
Ширина диаграммы направленности		
в горизонтальной плоскости	0,9°	
в вертикальной плоскости	21°;	
Поляризация - горизонтальная;		
Скорость вращения антенны	22 об/мин.	

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЕ

Вся выводимая на дисплей информация разбита на информационные участки (рис. 3).

Информационный участок DA. Здесь отображаются данные по собственному судну: курс по гирокомпасу (ГК) или введенный вручную; скорость и режимы ее ввода; время вектора; время траектории; включение охранных колец; планирование маршрута.

Информационный участок AA. Здесь выводятся сообщения об опасных судах, избыточном числе целей, потере сопровождения целей, неправильном вводе информации, пересечении целью охранной зоны, неисправностях в работе станции.

Информационный участок UDA. Отображаются запросы на вводимые оператором параметры. Через участок UDA осуществляется диалоговый режим работы с РЛС.

Информационный участок D1. Отображаются выбранная шкала дальности и цена деления меток дальности (МД), режим движения и ориентация изображения, длительность импульса.

Информационный участок D2. Отображаются текущие положения регулировок приемника,

Информационный участок D3. Данные по маркеру: пеленг, дальность.

Информационный участок D4. Данные по подвижному визиру дальности URM и электронному визиру направления - EBM.

ОПИСАНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Расположение органов управления в соответствующих контрольных панелях приведено в приложениях 1 и 2.

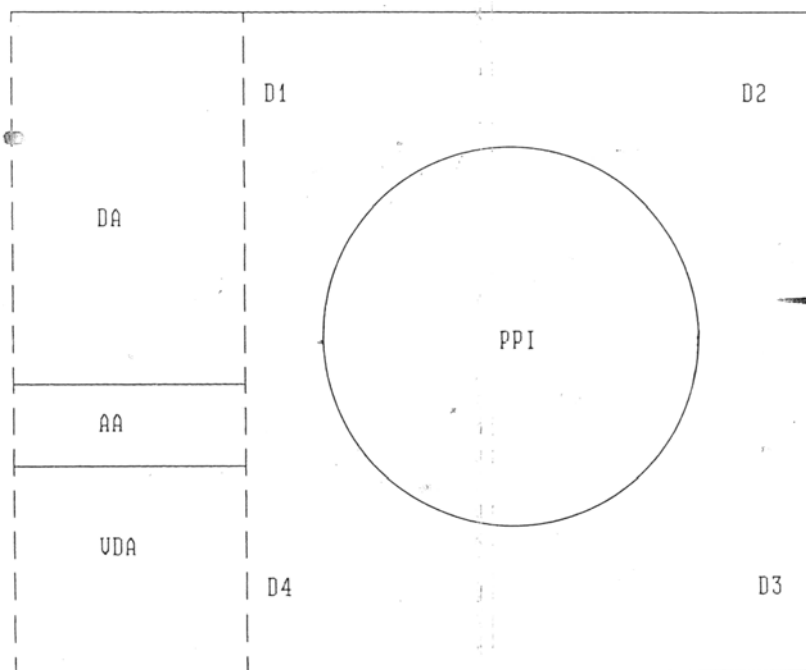


Рис. 3. Расположение информационных участков на дисплее

Включение РЛС

Только после разрешения преподавателя! Включение РЛС производится в следующем порядке:

- подать напряжение бортовой сети, включением пакетного выключателя, находящегося под приемопередатчиком;
- на индикаторе нажать зеленую кнопку; начинают работать вентиляторы охлаждения индикатора и, примерно, через 1 мин. появляется изображение на экране: на информационном участке D2 - STAND BY, на информационном участке UDA - SET GYRO. Необходимо согласовать РЛС с ГК вводом с числовой клавиатуры значения курса по ГК.

Переход к работе РЛС осуществляется нажатием на клавиши  или  При этом на экране появляется изображение области развертки и информационных участков, а на участке AA сообщение: WAIT FOR TRANSMITTER (подготовка передатчика), через 3-4 мин. передатчик переходит в режим "работа", при этом в строке AA выводится сообщение: SERVICE SWITCHES ON. После перехода в рабочий режим автоматически устанавливается режим ввода скорости от лага. При необходимости изменить режим следует нажать клавишу MAN SPEED или REF TARGT.

УПРАВЛЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Определение курса, поступающего от ГК

Значение курса поступающего от ГК или вводимого вручную можно проконтролировать по отметке курса'(ОН), изображающейся в виде прямой линии из собственного судна: Пересечение ОК с азимутальным кругом обозначается символом П которая позволяет определить значение курса даже при смещении центра развертки.

Определение координат объектов

Для включения EBM необходимо нажать ON/OFF и FIX REL или FIX ABS. Появится EBM в виде штриховой линии в месте нахождения маркера. Маркер можно перемещать при помощи шара, при этом вместе с ним будет перемещаться EBM.

Если необходимо разделить EBM от маркера, то необходимо:

-выключить маркер клавишей ; при этом положение EBM фиксируется в данной точке;

- поворачивать шар в любом направлении.

Если теперь снова включить маркер, то он появится на экране отдельно от EBM.

Управление EBM осуществляется соответствующей ручкой.

Для установки EBM на собственное судно следует нажать CENT.

Подвижный визир дальности URM может перемещаться на расстояние более 1.7 раза выбранной шкалы дальности, что необходимо для работы со смещенным центром развертки.'

Для измерения дальности на EBM имеется специальный маркер  в режиме работы FIX REL или FIX ABS.

Установка времени послесвечения

Время послесвечения устанавливается при помощи клавиши TRAIL TIME в условных единицах от 0 до 9 нажатием клавиш +/- или соответствующих цифровых клавиш.

Различная длина следа послесвечения указывает на различную скорость целей.

Стандартное значение времени послесвечения рекомендуется выбирать равным 3 или 4.

Виды движения и ориентации изображения

В P/IC Atlas-Krupp 8600 имеются следующие виды движения:

- относительное с ориентацией по северу, курсу или курсу стабилизированному, включается нажатием одной из клавиш:

north up	RM	Course stab	head up
-------------	----	----------------	------------

- истинное с ориентацией по северу, при этом центр развертки перемещается по экрану, в направлении курса и со скоростью собственного судна.

При нажатии на клавишу:

TM	on	перемещение центра развертки осуществляется до 0.5 радиуса экрана;
----	----	--

TM	delay	перемещение центра развертки осуществляется до 0.75 радиуса экрана
----	-------	--

Кроме названных в РЛС имеется разновидность истинного движения, в которой устранено перемещение центра развертки. Этот вид движения включается клавишей CD ON. Он имеет следующие характеристики:

- собственное судно всегда остается в выбранной точке экрана, но имеет след послесвечения;
- выбранная дистанция обзора впереди остается неизменной;
- движущиеся цели имеют истинные курсы и скорости и сопровождаются следами послесвечения;
- если судно изменяет курс, то изменяется соответствующая траектория движения, это относится и к собственному судну;
- если центр развертки несмещен, то направления на объекты можно снимать с азимутальной шкалы;
- изображение на экране РЛС соответствует виду с мостика судна.

Команды меню

Дополнительные функции можно вызвать, нажав клавишу MENU. При этом на информационный участок UDA выводится список функций, каждой из которых присвоен соответствующий номер, ввод которого с цифровой клавиатуры выполняет выбранную функцию.

ФУНКЦИИ В РЕЖИМЕ АРП

Сигналы тревоги

Для привлечения внимания судоводителя о возможных опасных ситуациях или неисправностях в узлах РЛС вырабатываются звуковые и визуальные сигналы тревоги. Звуковой сигнал тревоги имеет прерывистое звучание, и срабатывает если не отключен громкоговоритель (на участке D2 горит символ).

Визуальные сигналы тревоги в большинстве случаев дублируют звуковые, для указания причины тревоги. Они отображаются в виде строки текста на информационном участке AA.

Отключение звукового сигнала осуществляется клавишей CANCL ALARM. Визуальный сигнал индицируется до исчезновения причины, вызвавшей тревогу.

В таблице 1 приведены ситуации, вызывающие звуковой и визуальный сигналы тревоги.

Таблица 1

Информация в зоне AA	Значение	Причина сигнала тревоги
DANGEROUS TARGET	опасная цель	находящаяся на автосопровождении цель, у которой $D_{кр} < D_{зад}$, $T_{кр} < T_{зад}$, символ цели мигает с частотой 1 Гц
LOST TARGET	цель потеряна	нет подтверждения эхосигнала цели, находящейся на автосопровождении.
GUARD ZONE	охранная зона	цель пересекла границы охранной зоны
TARGET OVERFLOW	перебор целей	переполнение памяти РЛС, рассчитанной на 20 целей

Кроме указанных в табл. 1, существуют причины, вызывающие только визуальный сигнал тревоги:

- OUEFLOW WARNING -опасность перебора целей, включается при вводе в память 18 цели;

- WRONG ORDER - появляется при любом неправильном действии оператора. Например, ввод числовой величины, выходящей за существующий для нее диапазон значений; попытка ввода более 20 целей в память РЛС; попытка использовать функцию не предусмотренную для данного момента работы РЛС и т.п..

- SYSTEM FAULT NNN - системная ошибка NNN, возникает в процессе Функционирования РЛС или в режиме тестирования. Причина ошибки указывается ее трехзначным номером (и определяется из перечня кодов ошибок технического описания РЛС), она может быть вызвана как отказами внутренних блоков РЛС, так и неисправностями внешних датчиков (ГК или лага).

Автоматическое сопровождение целей

Ручной захват на автоматическое сопровождение

Захват целей на автоматическое сопровождение может производиться в ручном и автоматическом режимах.

Для захвата цели в ручном режиме необходимо:

- включить маркер клавишей , если он выключен;
- при помощи шара навести маркер на выбранную цель;
- нажать клавишу ACQUI TARGT, вокруг цели появляется символ захвата []. По прошествии 1 мин. символ [] заменяется точкой с вектором.

Наибольшая точность в параметрах цели достигается после 3-х минут сопровождения цели, при условии, что цель не меняет параметров своего движения.

Если цель не подтверждается в течение 3 последующих оборотов антенны, то срабатывает сигнал тревоги LOST TARGET.

Если цель имеет скорость менее 1,5 узлов, то она обозначается символом неподвижной цели: .

При вводе 18 цели появляется визуальный сигнал тревоги OVERFLOW WARNING, а при вводе 20-й - звуковой и визуальный сигналы тревоги TARGET OVERFLOW.

Вызов формуляра цели

Для вызова формуляра цели, находящейся на автоматическом сопровождении необходимо:

- при помощи маркера выбрать цель;
 - нажать клавишу DISPL DATA;
 - на символе цели появляется маркер;
 - формуляр выводится на информационный участок UDA.
- Формуляр содержит следующую информацию:

ТСРА - время приближения к точке кратчайшего сближения, мин. Т кр
СРА - дистанция кратчайшего сближения, мили, D кр ;
SPEED - скорость цели, узл. (относительная или истинная);
COURSE - курс цели, град, (относительный или истинный);
RANGE - дистанция до цели, мили,;
BEARING - пеленг на цель, град.

В строках формуляра могут появляться символы:

----- - данные не могут быть рассчитаны;

/ / / / / / / - данные превышают установленные пределы, например, скорость больше 99,99 узл.

Сброс цели с автоматического сопровождения

В РЯС можно произвести сброс выбранной цели с автоматического сопровождения или сброс всех целей.

Для сброса выбранной цели:

- навести маркер на цель;
- нажать клавишу SELECT;
- на символе цели появляется мигающий маркер ,на информационный участок UDA выводится ее формуляр;
- нажать клавишу CANCL, автоматическое сопровождение цели прекращается.

Для сброса всех целей с автосопровождения:

- нажать клавишу MENU;
- из списка команд выбрать CANCEL TARGETS;
- на цифровой клавиатуре нажать клавишу ENTR, автосопровождение всех целей прекращается.

Автоматический захват целей на автосопровождение

Автоматический захват целей производится при помощи охранных колец, имеющих вид концентрических окружностей, обозначенных штриховой линией. На автосопровождение берутся цели, которые пересекают внутреннюю, либо внешнюю границу охранного кольца, или находятся внутри него после его включения.

Для включения фиксированного охранного кольца необходимо:

- нажать клавишу GUARD RING I; на экране появляются две окружности на дистанции 4 и 5 миль;
- после завершения 5 полных оборотов антенны, в зоне внутри кольца захватываются цели, что обозначается символом | |;
- после захвата первой цели включается звуковая и визуальная сигнализация (GUARD ZONE).

Для сброса звукового сигнала тревоги необходимо нажать CANCL ALARM. При этом визуальная сигнализация остается. Для принятия цели на автосопровождение необходимо повторно нажать клавишу CANCL ALARM, символ | | у цели исчезает и производится расчет параметров ее движения.

Каждая новая цель, входящая в охранную зону принимается на автосопровождение, как было описано выше.

Выключение охранной зоны I производится повторным нажатием на клавишу GUARD RING I, при этом автосопровождение ранее введенных целей продолжается.

Для установки переменного охранного кольца необходимо:

- включить URM клавишей URM ON;
- при помощи URM установить желаемую дальность захвата целей от 0,1 до 20 миль;
- нажать на клавишу GUARD RING II, на экране появится охранное кольцо, аналогичное первому.

Захват целей на автосопровождение производится аналогично описанному для первого кольца.

Замечание. Первое кольцо пользуется приоритетом в установке, поэтому второе кольцо не может быть установлено без включения первого, аналогично, при выключении первого кольца выключается и второе.

Установка линий запрета захвата. Если в зоне обзора РЛС имеются участки береговой линии, то часто это может приводить к ложным захватам целей на берегу. При этом происходит быстрое переполнение памяти вычислительного устройства. Для нормальной работы необходимо оградить участки берега. В РЛС "Atlas-Krupp 8600" для этого имеется возможность построения 2-х типов линий запрета захвата LIMIT LINE FIX и LIMIT LINE REL. Первая линия фиксируется относительно дна и при перемещении судна остается неподвижной относительно берега. Вторая линия фиксируется относительно собственного судна и перемещается вместе с ним. Поэтому первой линией удобно ограничивать берег, а второй - строить сектор запрета захвата, который перемещается вместе с судном.

Всего может быть построена одна ломаная линия FIX и одна REL.

Для построения линий запрета захвата необходимо:

- переместить маркер при помощи шара в начальную точку линии;
- нажать клавишу LIMIT LINE REL или LIMIT LINE FIX; -нажать на клавишу SET из CP 6;
- при помощи шара переместить маркер в следующую точку ломаной, за маркером тянется линия;
- нажать клавишу SET, зафиксировав следующую точку поворота и т.д.
- окончание построения ломаной производится нажатием клавиш SET и CONT/END.

Снятие линий запрета захвата производится повторным нажатием на соответствующую клавишу.

Замечание. Построение линий должно предшествовать включению охранных колец!

Полуавтоматическое сопровождение цели

В случаях, когда цель неустойчиво наблюдается на экране РЛС возможно срабатывание сигналов тревоги LOST TARGET и сброс цели с

автосопровождения. Параметры движения такой цели могут рассчитываться в полуавтоматическом режиме следующим образом:

- переместить маркер в прежнее положение цели;
- нажать клавишу SELECT, цель обозначится мигающим символом  и на информационный участок UDA выведется формуляр;
- переместить маркер в текущее положение цели и нажать клавишу MAN PLOT, символ сопровождения установится на цель, исчезнет формуляр и мигающий символ.

Параметры движения цели вырабатываются между выбранными положениями цели, поэтому при изменении целью курса или скорости, параметры, выработанное в этом режиме будут некорректны.

Вычисление скорости судна по данным расчетных целей

Скорость собственного судна может быть рассчитана Относительно расчетных неподвижных целей. Их может быть до 5. Для выбора расчетных целей (они должны находиться на автосопровождении):

- установить маркер не выбранную неподвижную цель;
- нажать клавишу ACQUI REF TARGT, цель обозначится символом  ;
- на панели CP 7 нажать клавишу REF TARGET, скорость собственного судна рассчитывается относительно выбранных расчетных целей.

Для завершения работы с расчетной целью необходимо:

- установить маркер не расчетную цель;
- нажать клавишу CANCL.

Замечания. Если одна из расчетных целей является движущейся, то для всех остальных расчетных целей выведутся векторы (в том же направлении для фиксированных целей, и в противоположном - для движущихся).

После отмены последней расчетной цели РЛС автоматически переключается на ввод скорости от лага, либо ручной.

Режим имитации маневра

Имитация маневра в относительном движении

Для имитации маневра в относительном движении:

- нажать клавишу REL на CP 9;
- в нижней части экрана появится символ T;
- векторы изменятся на относительные;
- EBM переключится в режим FIX REL;
- EBM показывает курс собственного судна;
- маркер устанавливается на собственное судно;
- при расчете маневра курсы и скорости целей считаются неизменными;
- установить время упреждения маневра;
- перемещая маркер по курсу собственного судна, установить время упреждения в строке DELAY на участке UDA; при этом векторы всех целей изменятся на время упреждения;
- выбрать необходимый курс маневра;

- курс маневра выбирается при помощи ручки EBM;
- значение курса отображается на участке D4 и UDA;
- относительные векторы всех целей поворачиваются в соответствии с изменением курса собственного судна.

Оценка безопасности маневра производится по углу отворота целей. Наибольшую, опасность представляют цели, векторы которых отворачивают на незначительный угол.

Завершение имитации производится повторным нажатием на клавишу REL или по истечении 1 мин., если не пользуются ручкой EBM.

Имитация маневра в истинном движении

Для имитации маневра в истинном движении:

- нажать клавишу TRUE на CP 9;
- в нижней части экрана появится символ T;
- векторы изменятся на истинные;
- EBM переключатся в режим FIX REL;
- при помощи EBM устанавливается курс собственного судна;
- маркер устанавливается а собственное судно;
- программно устанавливаются: скорость поворота 12 град/мин. и ускорение 6 узл/мин.; при необходимости изменить эти величины, выбрать в меню соответствующие пункты ROTATION и ACCELERATION;
- упреждение маневра задается при помощи маркера, аналогично относительному движению;
- выбор курса маневра производится при помощи EBM, при этом истинная траектория собственного судна отображается точечной линией; курс маневра отображается на участке UDA;
- выбор скорости маневра производится при помощи URM;
- при изменении скорости изменяются расстояние между точками и радиус кривизны траектории собственного судна;
- скорость маневра отображается на участке UDA.
- выполнение имитации осуществляется поступенчато, нажатием на клавишу STEP.

- каждое нажатие перемещает вперед отметки всех сопровождаемых целей и собственное судно на 90 сек.

Оценка эффективности маневра производится по взаимному расхождению отметок автосопровождения целей.

Завершение имитации производится повторным нажатием на клавишу TRUE или через 1 мин., если органы управления в режиме имитации не используются.

ПЛАНИРОВАНИЕ МАРШРУТА

В РЛС "Atlas-Krupp 8600" имеется возможность планирования маршрута, который изображается в виде отрезков курса между поворотными точками (TURN POINTS). Для этого предварительно с карты снимаются пеленги и

дистанции на точки поворота от точек отсчета" (REFERENCE POINTS). Эти точки должны четко идентифицироваться на экране РЛС для привязки карты маршрута к радиолокационному изображению. На экране может отображаться только один проложенный маршрут, включающий до 40 точек поворота.

Кроме маршрута собственного судна можно вводить навигационные линии, изображающие границы зон разделения судоходной части фарватера и т.п.

Выполненная карта может сохраняться в памяти для дальнейшего использования. После вызова из памяти она может быть совмещена с первичной радиолокационной информацией.

Перед началом составления карты необходимо установить точку отсчета, если это не сделано, то за 'Точку отсчета принимается собственное судно.

Установка точек Отсчета

Для установки точки отсчета:

- нажать клавишу REF POINT;
- переместить маркер в позицию установки, точки отсчета;
- нажать клавишу SET, появится символ точки отсчета, пеленг и дистанция на маркер отображается на участке UDA относительно установленной точки отсчета.

Если необходимо выбрать другую точку отсчета:

- переместить маркер к желаемой точке отсчета;
- нажать клавишу REF POINT SELECT; информация по дальности и азимуту начнет отсчитываться от вновь выбранной точки.

Прокладка маршрута

Для прокладки маршрута:

- с навигационной карты выбрать пеленги и дистанции точек поворота относительно точки отсчета;
- нажать клавишу TURN POINT;
- переместить маркер в начальную точку маршрута;
- нажать клавишу SET, появится символ точки поворота;
- переместить маркер в следующую точку маршрута и нажать клавишу SET, появится точка поворота и линия курса между ними;
- при установке последней точки поворота, нажмите клавиши SET и CONT/END.

Прокладка навигационных линий

Для прокладки навигационных линий:

- определить положение навигационных линий относительно точки отсчета на навигационной карте;
- нажать клавишу NAU LINE;
- с помощью визира переместить маркер в начальную точку навигационной линии;
- нажать клавишу SET;

- с помощью маркера переместить навигационную линию в следующую точку, за маркером при этом тянется штриховая линия;
- завершение построения навигационной линии осуществляется нажатием клавиш SET и CONT/END.

Корректировка построенной карты

Отмена элемента карты

Для отмены любого элемента карты (точки отсчета, точки поворота навигационной линии):

- подвести маркер к выбранному элементу карты;
- нажать клавишу REF POINT, TURN POINT или NAU LINE;
- нажать клавишу CANCL, элемент карты исчезнет.

Введение новой точки

Для введения новой точки:

- подвести маркер к линии, в которую необходимо ввести новую точку;
- нажать клавишу PICK UP, маркер подбирается в линию и при помощи шара можно передвинуть новую точку;
- для фиксации точки нажать SET.

Продолжение навигационной линии

Для продолжения 'навигационной линии':

- установить маркер в конец навигационной линии;
- нажать клавишу CONT/END, навигационная линия снова совмещается с маркером, продолжение осуществляется аналогично п. 9.3.

Сохранение в памяти построенной карты

Запись в память карты маршрута

Для записи в память карты маршрута:

- выбрать в MENU функцию PROG ON/OFF;
- нажать клавишу PROG на CP 6;
- при помощи цифровых клавиш набрать номер карты (до трех цифр);
- нажать ENTR, карта запоминается под (выбранным номером. В случае, если в памяти уже имеется карта с таким номером, то на участок AA выдается сообщение WRONG ORDER. Измените номер карты и повторите процедуру записи.

Записанная карта сохраняется в памяти РЛС даже при отключенном питании.

Считывание карты маршрута из памяти

Для считывания карты из памяти:

- нажать клавишу READ;
- при помощи цифровых клавиш наберите номер карты;
- нажмите клавишу ENTR, выбранная карта выводится на экран.

Совмещение карты маршрута с первичным радиолокационным изображением

После считывания карты из памяти она чаще всего не совпадает с первичным радиолокационным изображением, из-за чего возникает необходимость их совмещения. Для этого необходимо:

- переместить маркер в точку начала отсчета на карте;
- нажать и удерживать клавишу MAP ADJUST;
- при помощи шара перемещать карту на экране до совмещения точки отсчета с ее эхо-сигналом.

Стирание из памяти карты маршрута

Для стирания из памяти карты маршрута:

- выбрать в MENU функцию CLEAR MAP;
- набрать на клавиатуре номер карты и нажать ENTR, карта при этом стирается из памяти.

ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЛС

РЛС "Atlas-Krupp 8600" является сложным электронным устройством, правильное функционирование которого поддерживается специальной системой контроля.

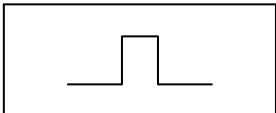
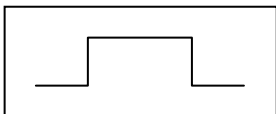
Контроль работоспособности производится в двух режимах: рабочем и нерабочем.

В рабочем режиме контроль осуществляется непрерывно в процессе функционирования РЛС. В случае нарушения нормальной работоспособности выдается сообщение об ошибке на информационный участок АА.

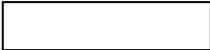
Для точного определения причины неисправности производится контроль работоспособности в нерабочем режиме, который включается функцией MENU. При обнаружении в ходе проверки неисправности на участок АА выдается ее код, который расшифровывается по перечню кодов ошибок технического описания РЛС.

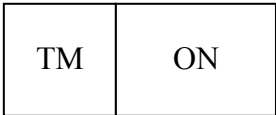
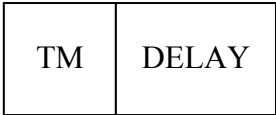
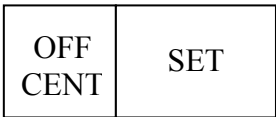
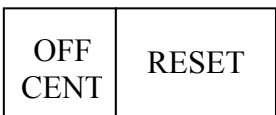
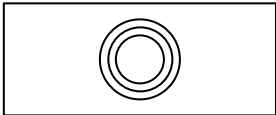
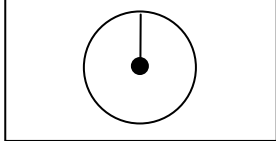
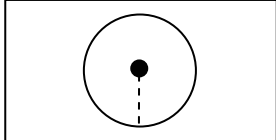
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демиденко П.П. Судовые радиолокационные и радионавигационные системы. – Одесса: «Феникс», 2009.
2. Инструкция по эксплуатации САРП «Atlas-Krupp 8600».

Назначение органов управления VIC "Atlas-Krupp 8600"			
Оборудование вкл/выкл (ON/OFF)			
орган управления	значение	изображение	инф. участок
Red key	Вкл. РЛС	STAND BY SET GYRO	D2 VDA
Green key	Выкл. РЛС		
Контрольная панель CP1			
орган управления	значение	изображение	инф. участок
STAND BY	переключение РЛС в режим ГОДГOTOBKA STAND BY	STAND BY	D2
	короткий имп. переключение: 1) из STAND BY в "работа", вкл. дисплей 2) с LONG PULSE на SHORT P.	SHORT PULSE	DI
	длинный имп. перекл. так же как и корот. им.	LONG PULSE	DI
SET GYRO	ввод курса по ГК, примечание: если значение ГК корректир. больше, чем на 1°, вся вычисленная инф. на дисплее стирается	GYRO . . . ,deg ISET GYRO LIMITS MIN 0,0 deg MAX 359,9deg ACTUAL deg KEYBOARD.	DA VDA
MENU	выбор специал. функций: контр, за работой РЛС; самоконтроль; сброс всех цел. с автосопровождения; вкл. АПЧ (AFC) и т. д.	MENU PERFORM MONIT. SELF CHECK CANCEL TARG. IAFC ON/OFF	VDA
CANCEL ALARM	отключение сигнала тревоги и отмена отображаемых данных на АА		АА

Контрольная панель CP2			
Яркость			
орган управления	значение	изображение	инф. участок
DAY	установка повышенной яркости дисплея для работы днем		
NIGHT	установка пониженной яркости дисплея для работы ночью		
– SYMBOL +	Яркость: векторов, символов, траекторий	PPI	
– RADAR +	дисплея РЛС	PPI i	
– MARKER +	маркера, EBM, VRM, отметки курса, круговых охранных зон	PPI	
– DATA +	информационных участков, азимутального круга	PPI	
– PANEL +	клавиш управления		
Контрольная панель CP3			
Видеоконтроль			
орган управления	значение	изображение	инф. участок
● TUNING	ручная подстройка частоты гетеродина светящаяся шкала для регулировки напряжения	TUNE	D2
● GAIN	усиление		PPI
● FTC	подавление помех от дождя, снега, и т. п.	FTC	D2
AUTO FTC	автоматическое подавление помех от дождя, снега и т. п.	AUTO FTC	D2

орган управления	значение	изображение	инф. участок
 STC	подавление помех от волн	STC 	D2
 AUTO FTC	автоматическое подавление помех от волн	AUTO STC	D2
 INTF REJCT	подавление интерференционных помех от других РЛС	INTF REJCT	D2
 CLEAN SWEEP	подавление интерференционных помех от других РЛС и улучшение изображения целей в сочетании с INTF REJCT дополнительная фильтрация и подавление переотражений	CLEAN SWEEP CLEAN SWEEP INTF REJC	D2 D2
Контрольная панель CP 4			
PPI			
орган управления	значение	изображение	инф. участок
 	относительное движение с ориентацией по СЕВЕРУ	NORTH UP	D1
 	относительное движение с ориентацией по КУРСУ со стабилизацией от ГК	CRSE STAB	D1
 	относительное движение с ориентацией по КУРСУ	HEAD UP	D1
 CD ON	изображение на дисплее РЛС стабилизируется относ. дна, а собственно судно фиксировано в центре экрана	CENT DISPL	D1

орган управления	значение	изображение	инф. участок
	истинное движение вкл. собственное судно смещается по экрану на 0,5 радиуса	TM	D1
	истинное движение вкл. собственное судно смещается по экрану на 0,7 радиуса	TM	D1
	ручной возврат в точку начала ис- тинного движения	TM	D1
	ручное смещение центра развертки в позицию, выбранную маркером (до 10, 5 радиуса)	OFF CENT	D1
	возврат центра развертки в центре экрана	CENT	D1
	установка шкалы дальности	RANGE nm RINGS nm	D1
	вкл/выкл МД	RINGS nm или RINGS OFF	D1
	отключение отметки курса при нажатии клавиши		
	вкл/выкл метки контркурса		i
Контрольная панель CP 5			
EBM			
орган управления	значение	изображение	инф. участок
	EBM ON/OFF вкл/выкл управления работой EBM посредством регулятора. Истинный азимут	EBM OFF или EBM CENT deg	D4

орган управления	значение	изображение	инф. участок
REL	Азимут устанавливается на экране относительно направления движения судна при нажатии клавиши	EBM deg	D4
CENT	EBM устанавливается на собств. судне	EBM CENT	D4
FIX REL	EBM перемещается вместе с судном с постоянной дистанцией. Если одновременно используется VRM, на EBM появляется соответствующий маркер дальности	EBM FIX REL deg true	D4
FIX ABS	EBM устанавливается относительно дна, символ EBM управляется регулятором. Если VRM используется, то на EBM появится соответствующий маркер дальности	EBM FIX ABS deg true	D4

Контрольная панель CP 6

ПЛАНИРОВАНИЕ МАРШРУТА (только 8600 ARPA)

орган управления	значение	изображение	инф. участок
PROG MAP	запись в память сконструированной карты	PROG MAP NO 	VDA
MAP READ	считывание и отображение заложенной в память карты маршрута	READ MAP NO 	VDA
MAP CLEAR	стирание карты маршрута с экрана		
TURN POINT MODE	установка точек поворота	TURN POINTS RANGE BEARING	VDA

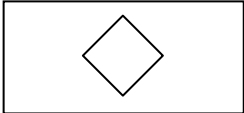
орган управления		значение	изображение	инф. участок
MODE	REF POINT	установка точек отсчета на карте маршрута	REF POINTS	VDA
			RANGE	
MODE	NAV LINES	установка навигационных линий на карте маршрута	BEARING	VDA
			NAV LINES	
CANCEL	MODIF	отмена точки на карте маршрута. Выбор точки производится маркером		PPI
MODIF	PICK UP	введение другой точки в непрерыв. строку символов (точка поворота, навигац. линия)		PPI
MODIF	SET	установка точки отсчета установка точки поворота, навигац. линии		PPI
MAP ADJUST	REFER	совмещение карты маршрута на экране дисплея при нажатой клавише с первичным изображением		PPI
REFER	REF POINT SELECT	Выбор точки отсчета		
REFER	CONT/END	* завершение установки точки поворота, нав. линии * продолжение траектории курс за конечную точку * продолжение нав 1 линии III i		i
Контрольная панель CP 7				
ВВОД ИНФОРМАЦИИ				
орган управления		значение	изображение	инф. участок
TRACK ON OFF		вкл/выкл режима изображения траекторий	TRACK ☐ min или TRACK OFF	DA

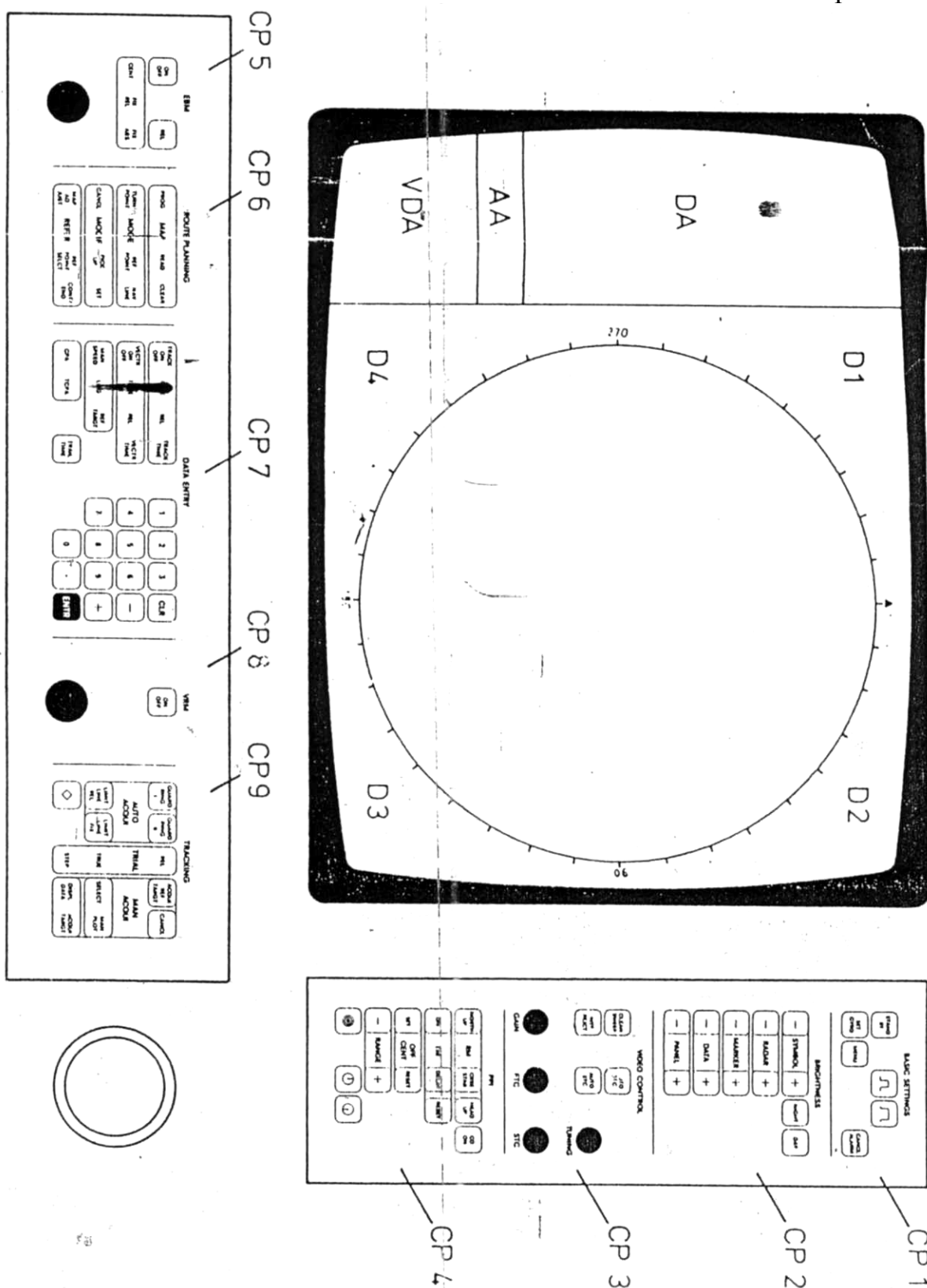
орган управления	значение	изображение	инф. участок
TRUE	истинное отображение траектории	PRESENTATION TRUE	DA
REL	относительное отображение траектории	PRESENTATION REL	DA
TRACK TIME	переключение времени установки точек траектории	TRACK 1,5 ml ИЛИ TRACK 3,0 ml	DA
VECTR ON OFF	вкл/выкл векторов сопровождаемых целей	VECTOR ☐ ml или VECTOR OFF	DA
TRUE	истинное отображение векторов и траекторий	PRESENTATION TRUE	DA
REL	относительное отображение векторов траектории	PRESENTATION REL	DA
VECTR TIME	установка времени вектора с использованием цифровой клавиатуры или клавиш + / -	VECTOR TIME MIN ml MAX ml ACTUAL ml KEYBRD	VDA
MAN SPEED	ручной ввод скорости собственн. судна с использованием цифровой клавиатуры или клавиш + / -	INPUTS MAN. MAN. SPEED MIN Kt MAX Kt ACTUAL Kt KEYBRD MAN. DRIFT MIN Kt MAX Kt ACTUAL Kt KEYBRD MAN. SET MIN Kt MAX Kt ACTUAL Kt KEYBRD	DA VDA VDA VDA
LOG	ввод данных скорости собственного судна от лага или доплера	INPUTS LOG или INPUTS DOLOG	DA

орган управления	значение	изображение	инф. участок
REF TARGT	скорость по расчетной цели	REF TARGT	DA
CPA	установка допустимой дистанции кратчайшего сближения от 1 мили до 99.9	CPA	DA
TCPA	установка времени приближения к точке кратчайшего сближения от 1 до 99 мин.	CPA	DA
TRAIL TIME	изменение времени послесвечения с использованием клавиш + / –	TRAIL	DA
1 2 3 ... 7 8 9	. числовая клавиатура . для ввода следующих . данных: . SET GYRO установка . курса по ГК; . MAN. SPEED ручной . ввод скорости; . DRIFT+SET уста- . новка дрейфа . скорости и . направления); . выбор режима MENU; . VECTOR TIME время . вектора; . TRAIL TIME время . послесвечения	VECTOR TRAIL	DA
CLR	стирание: - набранных цифровых данных; - данных в информационном участке VDA;		
ENTR	ВВОД цифровой информации. При вводе данных свыше допустимых пределов (напр. углы больше 360° и т. п.) строка автоматически стирается	WRONG ORDER	AA
– +	изменение данных в положительную или отрицательную стороны		

Контрольная панель CP 8			
орган управления	значение	изображение	инф. участок
VRM ON OFF	VRM вкл./выкл. управление работой VRM при помощи ручки; при включенном EBM	VRM nm или VRM OFF 1 дополнительный маркер на смещенном от центра EBM	D4 PPI
Контрольная панель CP 9			
СЛЕЖЕНИЕ			
орган управления	значение	изображение	инф. участок
AUTO ACQUI GUARD RING I	вкл./выкл. круговой охранной зоны I (на аисксированной дистанции 4-5 миль)	AUTO ACQUISITION GR I	DA PPI
AUTO ACQUI GUARD RING II	вкл./выкл. круговой охранной зоны II (изменяется от 0,1 до 20 миль устанавливается при помощи VRM; ширина 1 мили)	AUTO ACQUISITION GR I GR II	DA PPI
AUTO ACQUI LIMIT LINE REL	установка зоны запрета захвата кругового охранного кольца относительно собственного судна с использованием метода планирования маршрута	AUTO ACQUISITION LIM REL	DA PPI
AUTO ACQUI LIMIT LINE FIX	установка зоны запрета захвата кругового охранного кольца относительно дна с использованием метода планирования маршрута	AUTO ACQUISITION LIM FIX 1 i 1 1 i	DA PPI
TRAIL REL	вкл./выкл. режима проигрывания маневра в относительном движении: - установка маркером стартовой точки (времени упреждения) по курсу своего судна - установка курса маневра при помощи EBM	T PRESENTATION REL TRAIL SPEED Kt TRAIL COURSE deg true	PPI DA D4 PPI

орган управления		значение	изображение	инф. участок
TRAIL	TRUE	вкл./выкл. режима проигрывания маневра в истинном движении - установка маркером стартовой точки (времени упреждения) по курсу своего судна; - установка курса маневра при помощи EBM; - установка скорости маневра при помощи VRM; - установка радиуса поворота судна и его ускорения при помощи команд меню	T PRESENTATION TRUE TRAIL SPEED Kt TRAIL COURSE deg true	PPI DA D4 PPI
TRAIL	STEP	после каждого нажатия клавиши собственное судно и цели перемещается в истинном движении на 90 сек.		PPI
MAN ACQUI	ACQUI REF TARGT	выбор расчетных целей при помощи визира, цели обозначаются символами	TARGET: 	PPI
MAN ACQUI	SELECT	выбор цели, которую можно сбросить с сопровождения или же поддерживать в ручном режиме, на дисплей выводится аормуляр цели	TARGET DATA nm deg TARGET:  мигает	VDA PPIf
MAN	CANCL	сброс цели, выбранной клавишей		
MAN ACQUI	MAN PLOT	полуавтоматическое сопровождение цели		
MAN ACQUI	ACQUI TARGT	захват цели на автоматическое сопровождение	TARGET: []	PPI

орган управления		значение	изображение	инф. участок
MAN ACQUI	DISPL DATA	вывод на дисплей формуляра цели	TARGET DATA nm deg TARGET: ✕	VDA PPI
		1. маркер вкл./выкл. 2. отделение маркера от EBM	TARGET DATA nm deg или MARKER OFF	D3



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ГЛОБАЛЬНАЯ СПУТНИКОВАЯ РАДИОНАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА «NAVSTAR». НАЗНАЧЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ ТЕРМИНОВ, СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

GPS - Global Position System
МО ВВС – министерство обороны военно-воздушных сил
PNT — positioning, navigation, and timing
НКА – навигационный космический аппарат
СВО - сферическая вероятная ошибка
СРНС – спутниковая радионавигационная система
Р – Protect
C/A- Clear (Coarse)Acquisition
АП – аппаратура потребителей
SPS - Standard Positioning Service
PPS - Precise Positioning Service
ПИ – приемоиндикатор
КА – космический аппарат
ПСП - псевдослучайная последовательность
DSCS - Defense Satellite Communication System
ФМ - фазовая модуляция
ИСЗ – искусственный спутник Земли
ПД – псевдодальность
SA - Selective Availability

НАЗНАЧЕНИЕ

В 1957 г. группа советских ученых под руководством академика В. А. Котельникова экспериментально подтвердила возможность определения параметров движения искусственных спутников Земли по результатам измерений доплеровского сдвига частоты сигнала, излучаемого с ИСЗ, в точке приема с известными координатами. Была установлена также возможность решения и обратной задачи нахождения координат точки приема по измеренному доплеровскому сдвигу частоты сигнала, излучаемого с ИСЗ, параметры движения которого известны.

Использование ИСЗ в качестве радионавигационной опорной станции, координаты которой хотя и изменяются, но заранее известны для любого момента времени, позволило создать ряд проектов спутниковых радионавигационных систем (СРНС).

Для управления работой ИСЗ должна быть на земле размещена сеть специальных станций. Назначение спутниковой системы существенно влияет на вид орбиты ИСЗ, а это в свою очередь определяет характеристики его

радиотехнической аппаратуры.

Наземные станции управления располагают таким образом, чтобы можно было осуществлять регулярный контроль (слежение) за траекторией спутников и передачу необходимой информации на них. Для этого в СРНС обычно используется несколько станций слежения, расположенных в различных районах Земного шара, координационно-вычислительный центр и станции ввода данных на спутники об изменении их траектории. Обновление данных на ИСЗ должно выполняться с такой периодичностью, чтобы точность определения не выходила за гарантированные пределы.

Аппаратура на спутнике должна обеспечивать прием сигналов наземных станций и излучение собственных сигналов с мощностью, достаточной для работы во всей зоне радиовидимости ИСЗ. Излучаемые НИСЗ радиосигналы должны содержать информацию о его траекторных данных в течение всего времени работы системы. На НИСЗ имеются запоминающие устройства, способные хранить траекторные данные спутников, рассчитанные наземными станциями, до их следующего обновления. Антенное устройство ИСЗ должно обладать направленностью, позволяющей производить излучение сигналов со спутника к поверхности Земли.

Диапазон радиоволн, используемых в спутниковых РНС, выбирают исходя из условий наименьшего затухания в атмосфере и возможности применения антенн небольших размеров, как на спутниках, так и на судах. Наилучшими в этом отношении оказываются метровые, дециметровые и сантиметровые волны, на которых можно передавать сигналы с широкой полосой частот, т. е. с большим содержанием информации.

Использование навигационных искусственных спутников Земли для определения места судна в море возможно с помощью радиосигналов, поступающих на судно со спутника, который в данном случае является навигационным ориентиром с известными координатами [1,5].

Место судна определяется по радиосигналам спутника при известных его координатах в течение всего времени движения НИСЗ или на момент определения места.

Этот способ является основным и используется в различных действующих спутниковых РНС. Определение места осуществляется обычно в пассивном режиме, при котором на судне ведется только прием сигналов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение принципа построения и работы спутниковой радионавигационной системы (СРНС) «Navstar», что позволит грамотно эксплуатировать приемоиндикатор этой системы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Порядок выполнения работы

После ответа на поставленные вопросы, включить приемоиндикатор GPS,

ввести необходимые исходные данные и определить координаты лаборатории.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначен, какая характеристика и состав системы GPS?
2. Какой состав космического сегмента GPS?
3. Для чего предназначен наземный сегмент GPS?
4. Какой способ лежит в основе определения места объекта в спутниковой радионавигационной системе „Navstar”?
5. На каких частотах излучают навигационное сообщение НКА?
6. Какие коды применяются в GPS „Navstar”?
7. Какая информация содержится в навигационном сообщении?
8. Какую функцию выполняет приемное устройство?
9. Назначение блоков в схеме приемника.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете отразить назначение СРНС „Navstar”, привести ее характеристики и состав. Записать полученные с помощью приемоиндикатора GPS результаты измерений.

ГЛОБАЛЬНАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА GPS. НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СОСТАВ СИСТЕМЫ



Рис.4. Внешний вид и основные кнопки управления приемника сигналов спутниковой навигационной системы „Navstar”.

Глобальная спутниковая система GPS (Global Position System) предназначена для высокоточного определения трех координат места, составляющих вектора скорости и времени различных подвижных объектов. Система разработана по заказу и находится под управлением МО ВВС США.

Министерство Обороны США первоначально разрабатывало систему глобального позиционирования в 70-х годах только как спутниковую навигационную систему для решения военных задач. В начале 80-х федеральная комиссия по радио- и навигационному планированию провела объединение разработок Министерства Обороны и Министерства Транспорта в области дальнейшего преобразования системы в глобальный инструмент для местоопределения, навигации и синхронизации времени (PNT — positioning, navigation, and timing) [1].

Сегменты GPS

Глобальная навигационная система состоит из трех главных сегментов: *космический сегмент, сегмент контроля и управления, и пользовательский сегмент* (рис.5).

Космическим сегментом и сегментами контроля и управления управляют Вооруженные силы США, а также космическое командование Военно-Воздушных сил.

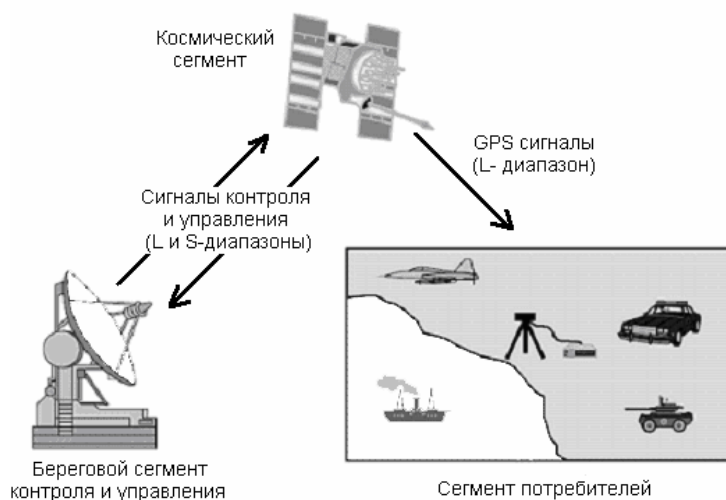


Рис. 5. Сегменты глобальной навигационной системы GPS

В основном, сегмент контроля и управления поддерживает целостность всех спутников и данные, которые они передают.

Космический сегмент состоит из созвездия спутников, которые в настоящее время находятся на орбите, включая эксплуатационные, резервные и неоперативные модули.

Пользовательский сегмент - это все пользователи, которые купили любое из множества коммерчески доступных приемников.

Основными разработчиками и создателями (contractors) системы являются[2]:

- по космическому сегменту - Rockwell International Space System Division (НКА Блок-I/II/HA/IIF), Martin Marietta Astro Space Division (Блок-IIR);
- по сегменту управления - IBM, Federal Systems Company;
- по сегменту потребителей - Rockwell International, Collins Avionics & Communication Division.

Космический сегмент

Космический сегмент состоит из полного созвездия GPS спутников "Navstar", находящихся на орбите вокруг земного шара.

Текущие спутники изготавливаются концерном Rockwell [3].

Период вращения спутников (орбитальный период) составляет приблизительно 12 часов, означая этим самым, что каждый спутник совершает два полных оборота каждые 24 часа.

Орбитальная группировка «Navstar»

Космический сегмент образован орбитальной группировкой, номинально состоящей из 24 основных навигационных космических аппаратов (НКА) и от 3-х до 6-ти резервных НКА. НКА находятся на шести круговых орбитах высотой примерно 20200 км, с наклоном к экватору 55° и равномерно разнесенных по долготе через 60° .

План размещения НКА «Navstar» на 6-ти орбитах показан на рис. 6. Схематично размещение НКА на орбитах на 12. 2006 г. проиллюстрировано на рис. 7 [4].

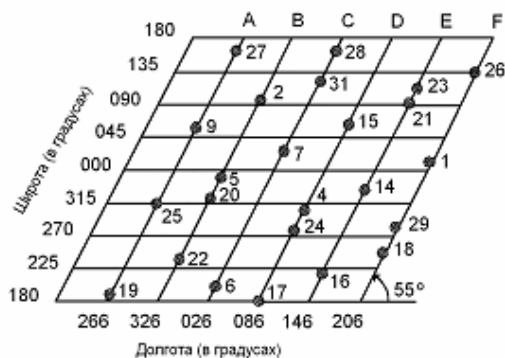


Рис.6. План размещения НКА



Рис.7. Пример размещение НКА «Navstar» на орбитах

Навигационный космический аппарат

Система GPS последовательно базировалась и базируется (табл. 2) на постоянно совершенствуемых НКА Блок-I, Блок-II, Блок-IIA, Блок-IIR.

Блок-IIR после 2002-03 годов заменился НКА Блок-IIF.

В табл.4 приведены некоторые характеристики указанных НКА [1,5].

В состав бортового оборудования НКА входят следующие подсистемы: синтезатор частот, блоки формирования и передатчики навигационных сигналов, средства синхронизации и временного обеспечения или бортовые

"часы" (на НКА Блок-II используются два рубидиевых со стабильностью $5 \cdot 10^{-13}$ и два цезиевых стандарта частоты со стабильностью $2 \cdot 10^{-13}$), бортовое вычислительное устройство в составе основной и двух резервных ЭВМ, подсистемы ориентации в процессе наведения и на орбите, телеметрии, приема команд и ретрансляции сигналов наземного комплекса управления, терморегулирования и электропитания.

Табл.2. Некоторые характеристики НКА

Тип НКА	Масса на орбите, кг	Мощность энергоисточников, Вт	Расчетный срок активного существования, лет	Год запуска первого НКА
Блок-1	525	440	-	1978
Блок-II	844	710	5,0	1989
Блок-III	1094	1250	7,5	1997
Блок-III	-	-	14-15	2001-2002

Антенная система в линии передачи данных использует конические и спирально-конические антенны. Для передачи навигационных сигналов используются фазированные антенные решетки из спиральных излучающих элементов.

На НКА имеются также двигатели для коррекции орбиты и двигатели системы ориентации. Ориентация в пространстве осуществляется с помощью системы специальных датчиков. Подсистема телеметрии включает радиолинии передачи данных о состоянии бортовой аппаратуры в сегмент управления. По этим же линиям с земли поступают поправки к эфемеридам и показаниям бортовых "часов". Для точного определения орбит НКА используется запросный метод и на НКА аппаратура ретрансляции запросных сигналов с земли. По соответствующим измерениям задержки этих сигналов осуществляется точное определение параметров орбит и параметров движения НКА.

СТРУКТУРА НАВИГАЦИОННЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

Передатчики НКА GPS излучают два непрерывных сигнала на частотах L1- 1575,42 МГц и с 1998 года - L2 - 1227,6 МГц [1,2,3].

Несущая частота L1 состоит из двух компонентов, которые находятся по фазе в квадратуре друг к другу (сдвинуты на $\pi/2$) для удобства их разделения.

Первая модулируется двумя двоичными последовательностями (дальномерный псевдослучайный Р-код (Р - Protect) и информационная последовательность линии передачи данных), складывающимися по модулю 2 (см. рис. 8).

Вторая также модулируется двумя двоичными последовательностями (дальномерный псевдослучайный C/A-код (Clear (Coarse)/Acquisition и

информационная последовательность), складывающимися по модулю 2.

Обе информационные последовательности содержат информацию об эфемеридах НКА, системном времени, поведении "часов" НКА, статусе сообщения и др.

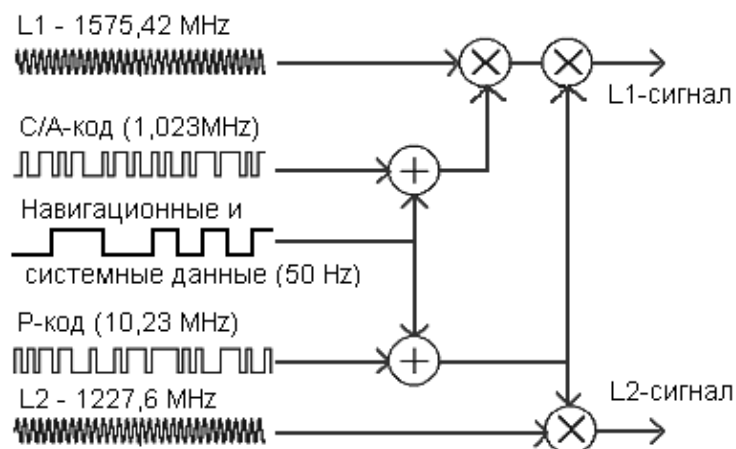


Рис. 8. Кодирование несущих сигналов

Сигнал L2 имеет только Р-код и используется военными потребителями США. Это позволяет им исключить погрешности от влияния ионосферы (т.к. используются сигналы на двух частотах). Соотношение погрешностей определения выходных параметров по С/А-коду и Р-коду 10:1. Т.е., использование Р-кода позволяет выполнить измерения с погрешностями, значительно меньшими, чем с С/А-кодом.

Использование соответствующих кодов образует такие возможные режимы работы АП [1,2,5]:

SPS (Standart Positioning Service) для С/А-кода - обеспечивает гражданских потребителей.

PPS (Precise Positioning Service) для Р-кода - обеспечивает военных потребителей США.

Основным навигационным дальномерным псевдослучайным кодом является *точный* Р-код (Р – Protect).

В распоряжении мирового сообщества находится *открытый* псевдослучайный код С/А (Clear (Coarse)/Acquisition), иногда переводимый как "легкий (грубый) захват", который сначала использовался для первого вхождения в режим слежения с последующим переходом к использованию Р-кода.

Сигналы с обеими кодами (Р и С/А) несут навигационную информацию, передаваемую со скоростью 50 бит/с. Сообщения передаются по кадрам, каждый из которых содержит 1500 бит информации, т.е. длительность его равна 30 с. Кадр подразделяется на 5 субкадров, однако субкадры №4 и №5 повторяются по 25 раз, поэтому для передачи полного сообщения требуется 25 кадров, что занимает 12,5 мин. следует, однако, иметь ввиду, что для измерения текущей псевдодальности и получения поправок времени бортового времязадающего устройства получения всего объема информации не требуется.

К тому же, субкадры №1, 2 и 3 повторяют во всех кадрах специфическую для каждого ИСЗ информацию: №1 несет сообщение об уходе бортового стандарта частоты, по которому определяется работоспособность спутника, №2 и 3 представляют высокоточные данные о реальных параметрах его орбиты. Они необходимы для захвата кода и поэтому повторяются каждые 30 с. Это время является стандартным для первоначального определения пользователем своего местоположения.

Основная навигационная информация включает время системы NAVSTAR в момент излучения сигнала и коэффициент коррекции запаздывания сигнала при искривлении его пути на ионосферном участке (расчетное, а не реальное значение). Сигналы с обоих кодов представляют собой псевдошумовую последовательность импульсов, с помощью которых осуществляется фазовая манипуляция несущей частоты. При этом в случае передачи сигналов с кодами P и C/A на одной несущей частоте фазы передаваемых сообщений сдвигаются на 90°.

В результате псевдошумовой манипуляции ширина полосы сигнала, несущего информацию, увеличивается со 100 Гц (удвоенная частота навигационных посылок 50 Гц) до 20,46 МГц (код P) или до 2,046 МГц (код C/A).

Все НКА используют одни и те же частоты, но каждый шифрует эти частоты своим уникальным шифр-кодом, свойственный только данному номеру КА. Это позволяет ПИ судна "узнать" номер КА при измерении расстояния до него – то есть при измерении навигационного параметра.

НАВИГАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

В навигационном сообщении информационной последовательности GPS содержится информация об эфемеридах НКА, позволяющих рассчитать их координаты и составляющие скорости, альманах созвездия НКА, частотно-временные поправки, метки времени, параметры ионосферной модели, сведения о работоспособности бортовой аппаратуры НКА и др.

Эта информация используется в аппаратуре потребителя при решении навигационно-временной задачи по определению координат, скорости и временной поправки к местной шкале времени.

СЕГМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ

Сегмент управления состоит из сети наземных станций слежения, расположенных по всему миру. Сеть включает главную (ведущую) станцию (ГС), контрольные станции (КС) или станции слежения (СС) и три земные станции ввода данных на НКА. Главная станция контроля и управления находится на авиабазе Фалкон ВВС США в районе г. Колорадо-Спрингс, штат Колорадо.

В настоящее время КС размещены на атолле Диего-Гарсиа (архипелаг Чагос в Индийском океане), на о. Вознесения (в Атлантическом океане), на

Гавайях и атолле Кваджалейн (в Тихом океане); одна КС совмещена с ГС [1,2,3,5].



Рис.9. Сегмент контроля и управления глобальной навигационной системы GPS

КС расположены сравнительно равномерно по Земному шару вблизи экватора, что создает благоприятные условия для наблюдений НКА. В случае некоторого критического сбоя в системе есть также два поста управления, дублирующих центральный пост управления (один из них расположенный в Саннивейле, Калифорния, и другой в Роквилле, Мэриленд).

Стационарные контрольные посты – станции слежения - пассивно сопровождают все спутники GPS (видимые ими в любой момент времени), принимают от них сигналы и осуществляют специальные прецизионные измерения дальности до НКА. Затем эта информация передается на центральный пост управления в Колорадо-Спрингс через безопасный канал связи DSCS (Defense Satellite Communication System - защищенный канал спутниковой связи) (см. рис. 6). Главная станция осуществляет сбор измерений от всех КС. Там все измерения обрабатываются. По ним осуществляются точные расчеты параметров орбит, ионосферной модели и корректирующих поправок для бортовых часов, которые с главной станции через земные станции связи (атолл Диего-Гарсиа, о. Вознесения, атолл Кваджалейн) совместно с данными обработки метеорологической информации, позволяющей уточнить параметры модели тропосферы, передаются на борт каждого НКА. Производится также мониторинг состояния НКА и управление их работой.

Основу ГС составляет центр управления с вычислительным комплексом (координационно-вычислительный центр, КВЦ) и средства передачи данных на земную станцию связи с НКА (станция закладки служебной информации СЗСИ [2,3]). Канал "Земля - НКА" использует частоту 2227,5 МГц; канал "НКА - Земля" использует частоту 1783,74 МГц [1].

Сегмент управления устанавливает шкалу времени GPS, которая

привязана к шкале времени UTC (шкала Универсального координированного времени), поддерживаемой Военно-морской обсерваторией США. Начало отсчета времени установлено в полночь с 5.1. на 6.1.1980 г. Самой крупной единицей времени GPS является одна неделя, которая состоит из 604800 с. Время GPS может отличаться от времени UTC, поскольку первое является непрерывным, а второе может корректироваться на целое число секунд. Между ними имеется также некоторое постоянно растущее расхождение. Поэтому ГС контролирует шкалу времени GPS с тем, чтобы она не уходила от UTC больше, чем на одну 1 мкс.

Передаваемые с НКА навигационные данные содержат информацию о расхождениях шкал времени. Точность этих данных такова, чтобы точность алгоритмической привязки шкалы времени GPS к UTC находилась в пределах 90 нс (СКО).

СЕКМЕНТ АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ (АП) СРНС «НАВСТАР»

Приемоиндикаторы (АП) предназначаются для приёма сигналов КА с целью выделения навигационного сообщения, измерения навигационных параметров и обработки полученных данных для определения координат подвижного объекта и составляющих скорости его движения, а также поправок по времени и по частоте к местному хранителю времени и опорному генератору. Навигационно-временные определения выполняются для безопасного и наиболее выгоднейшего вождения объектов (морских, воздушных, наземных и космических) или их точной координатной привязки.

На рис. 10 изображена структурная схема АП, в состав которой входят следующие блоки:

- антенное устройство (антенна и блоки предусилителя и управления антенной);
- приёмное устройство (блоки преобразования и усиления; поиска сигналов);
- блок навигационных измерений и выделения навигационного сообщения; синтезатора частот;
- вычислительное устройство (процессор и блок связей - интерфейс);
- блок управления и индикации;
- блок питания.

Основными задачами, решаемыми АП, являются:

- контроль работоспособности блоков и аппаратуры в целом;
- решение навигационных задач и оценка точности определения. К частным задачам относятся:
 - выбор рабочего созвездия; расчет данных целеуказания;
 - поиск и слежение за сигналами, выделение и декодирование навигационных сообщений, в том числе эфемеридной информации, а также альманаха по сигналам одного из КА;
 - проведение навигационных измерений;
 - расчет координат на момент навигационных измерений.

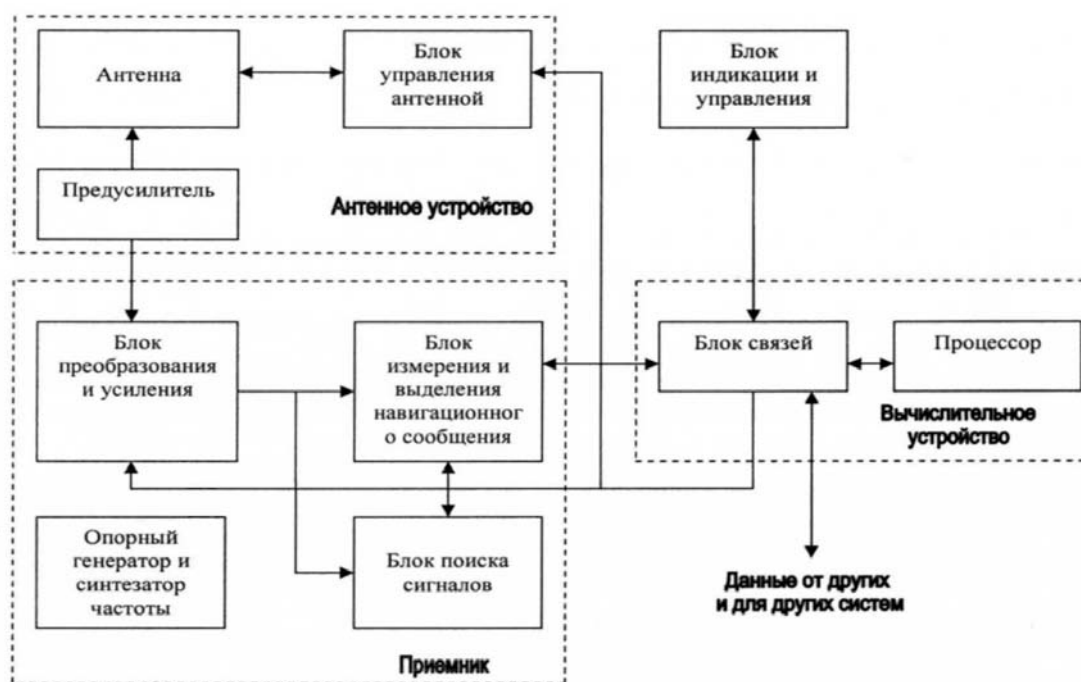


Рис. 10. Обобщенная структурная схема АП

В зависимости от назначения в наиболее сложной АП могут производиться высокоточные навигационные определения координат места и составляющих скорости, а также поправок времени и частоты, а в наиболее простой навигационные определения координат места с пониженной точностью. Для высокоточных определений АП должна производить прием С/А- и Р-сигналов на частотах L_1 и L_2 , а пониженной точности - С/А-сигналов на одной частоте L_1 . Большая роль в АП отводится вычислительному устройству, прием в наиболее сложной АП предусматривается система матобеспечения, которая позволяет автоматически решать основные задачи, относящиеся как к первичной, так и ко вторичной обработке.

Таким образом, вычислительное устройство выполняет часть функций приёмника. При использовании микропроцессорной техники управляющий процессор входит в состав приёмника. Организация последовательности вычислений и обмена информацией между отдельными блоками осуществляется с помощью управляющей программы - диспетчера. Разработка этой программы, как и всего математического обеспечения, в целом, производится с учетом требований по точности и надежности навигационных определений и с учетом возможностей используемых вычислительных средств. После проверки работоспособности АП и ввода необходимого объема начальных данных первой рабочей операцией выполняемой в аппаратуре, является выбор рабочего созвездия спутников. Это необходимо для определения радиовидимых спутников и выбора из них созвездия КА позволяющего с минимальными значениями геометрического фактора производить навигационные определения.

Выбор рабочего созвездия спутников производится по данным действующего альманаха, приближенным координатам места потребителя и текущему времени в масштабе суток. При этом вычислитель производит пересчет альманаха на текущий момент времени с целью определения возможности радиовидимости каждого спутника. По этим эфемеридам, руководствуясь принятым критериям, производится выбор оптимального рабочего созвездия КА. Наиболее простая схема выбора созвездия состоит в том, что один из четырех КА выбирают в близи зенита, а три других - как можно ближе к радиогоризонту, с максимальным взаимным разномом. Зенитный спутник позволяет хорошо определить высоту объекта, а остальные - его плановые координаты. Точность расчета эфемерид спутника зависит от времени последнего их обновления в альманахе. Следующей операцией выполняемой АП, является расчет для выбранных К А данных целеуказания. Она рассчитывается для ускорения поиска сигналов КА и ввода в следующий режим измерителей радионавигационных параметров. Расчет этих данных производится по хранящемуся в памяти альманаху и по приблизительным данным о собственных координатах и скорости объекта.

Размеры области поиска сигнала зависят от погрешностей данных, принятых в навигационном сообщении (эфемерид, ухода бортовой шкалы времени относительно системного времени), и от априорных погрешностей в знании параметров движения потребителя. Наибольшим препятствием к сокращению области поиска являются погрешности в априорном знании координат потребителя. Вся процедура поиска сигнала заключается в начале в поиске по частоте, и задержке С/А-сигнала (кода), а затем, если необходимо, - в допоиске по задержке Р-сигнала (кода). Для проведения поиска в вычислителе рассчитываются априорные значения доплеровского сдвига частоты и задержки сигнала для каждого спутника рабочего созвездия. Эти данные позволяют настроить приемник.

Расчет значения доплеровского сдвига частоты необходим, поскольку в полосе частот, равной максимальному значению доплеровского сдвига ± 5 кГц (для медленно движущегося потребителя), или ± 11 кГц (для быстро движущегося потребителя), отношение сигнал/шум оказывается малым. Поэтому, с целью более эффективного уменьшения времени поиска сигнала, частотный диапазон поиска подразделяется на поддиапазоны, а поиск производится последовательным просмотром поддиапазонов, начиная с наиболее вероятного, который определяется расчетом априорного значения доплеровского сдвига.

После окончания синхронизации по кадру начинает в результате слежения за сигналом С/А на частоте L_1 , автоматически устанавливаться нужная фаза местного генератора Р-кода, что практически равносильно завершению поиска по задержке Р-сигнала на частоте L_1 (или L_2). При подтверждении синхронизации по принятому Р-сигналу производится переключение в режим слежения по этому сигналу. Для решения навигационной задачи по данным эфемеридных параметров, принятым в навигационном сообщении или введенным с блока управления и индикации

вручную, вычисляются координаты КА на моменты радионавигационных измерений. Эфемеридные параметры рассчитываются на земле по наиболее точным модулям лишь на дискретные моменты времени. Поэтому в АП необходимо проводить самостоятельный прогноз эфемерид на интервале от момента их задания до момента измерений.

Навигационные сигналы передаются на двух частотах 1575 и 1227 МГц. Использование двух частот позволяет практически исключить ошибки, вызванные ионосферными эффектами. В аппаратуре производятся измерения интервала времени прохождения сигнала на трассе ИСЗ - объект. Временной интервал определяется величиной фазового сдвига между двумя псевдослучайными последовательностями, генерируемыми как в аппаратуре ИСЗ, так и в аппаратуре потребителя.

В аппаратуре потребителя производится сдвиг кодовой последовательности и до тех пор, пока не будет достигнуто максимальное значение корреляции между обеими последовательностями.

Временной сдвиг между опорными кодами определяет величину временного интервала, который в свою очередь характеризует псевдодальность (см. рис. 11)

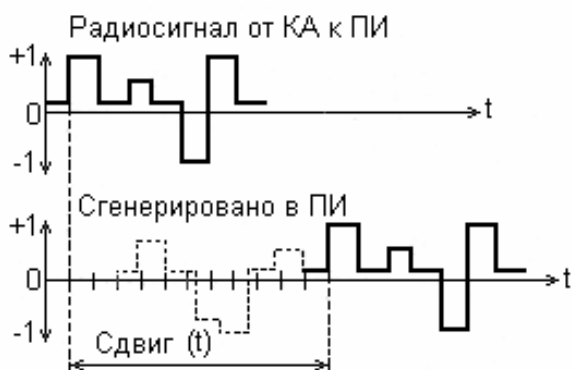


Рис. 11. Принцип генерирования копии одинакового вида кода КА в ПИ

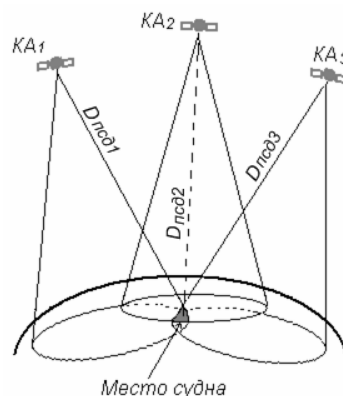


Рис. 12

Псевдодальность $D_{псд}$ (см. рис. 12) может быть представлена в следующей формуле:

$$D_{псд} = D_i + c\Delta T_{3i} + c(\Delta T_p - \Delta T_{cl}), i = L, \dots, 4$$

где D_i - истинное расстояние объект - ИСЗ;

c - скорость распространения радиоволн;

ΔT_{cl} - рассогласование бортовой шкалы времени i -го ИСЗ относительно шкалы времени системы «Навстар»;

ΔT_p - рассогласование шкалы времени аппаратуры потребителя относительно шкалы времени системы «Навстар»;

ΔT_{3i} - временные задержки, вызванные особенностью распространения радиоволн в ионосфере и тропосфере.

Название «псевдодальность» измеряемый параметр получил вследствие того, что он содержит погрешность, вызванную недостаточно точной синхронизацией эталона времени пользователя с единым временным GPS.

При использовании в аппаратуре потребителя высокостабильного генератора, синхронизированного по сигналам ИСЗ, для целей определения координат объекта в пространстве достаточно выполнить измерения относительно трех ИСЗ. В этом случае координаты потребителя определяются как точка пересечения трех сфероидов, центры которых совпадают с координатами ИСЗ на момент проведения измерений. При отсутствии синхронизации опорных генераторов, измерения выполняются относительно четырех ИСЗ, при этом решение навигационной задачи сводится к решению четырех уравнений с четырьмя неизвестными. В результате решения определяются трёхмерные координаты потребителя и поправка временной шкалы. Для объектов, расположенных на поверхности Земли, достаточно выполнить измерения относительно трех ИСЗ (двухмерная навигация), именно этот случай наиболее интересен в приложении к судовождению морских транспортных судов. Измеренные значения навигационных параметров, а также параметры орбит ИСЗ, переданные в составе навигационного сообщения, являются исходными для решения задачи определения координат объекта. Для определения скорости объекта используются значения доплеровского сдвига частоты принятых с ИСЗ сигналов.

Для удобства обслуживания АП имеется панель для ручного ввода данных и управления АП, а также визуальной индикации вводимых, контролируемых, измеряемых и определяемых данных.

ТОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ GPS

Известно, что существующая система GPS постоянно совершенствуется, в частности – в отношении сервиса, предоставляемого системой GPS сообществу ее пользователей, как гражданских, так и военных [8].

До мая 2000 года точность определения координат гражданских пользователей с использованием C/A кода была относительно низкой – 40-100 метров, так как этот код сознательно загроублялся так называемым режимом избирательного доступа SA (Selective Availability).

Это специально созданный режим работы КА системы GPS только для режима SPS C/A кода для всех гражданских потребителей, когда значительно ухудшается точность измерения навигационного параметра псевдодальности в системе L1 на частоте $f_1 = 1575,42$ МГц. В этом режиме фактически смещалась шкала времени подачи сигнала с КА.

Это преднамеренное ухудшение точности работы было задумано с целью "не дать возможному противнику воспользоваться точностью GPS с тактическими целями" (инициатива руководства ВС США). Позже, в процессе модернизации системы произошли изменения, когда в полночь на 1 мая 2000 года согласно директиве Президента Клинтона этот режим был отключен.

С тех пор, как режим избирательного доступа был отключен, пользователи GPS постоянно получают горизонтальную точность в SPS лучше

10 метров.

Без всяких дополнительных пользовательских затрат на оборудование, отключение режима избирательного доступа дало пользователям GPS во всем мире значительные преимущества в реализации широкого круга их задач.

Точностные характеристики определения места, скорости движения и времени подвижного объекта с помощью GPS (работающего не в дифференциальном режиме) определяются источниками погрешностей и соответствующими статистическими характеристиками.

В табл. 3. согласно [1], приведены СКО основных источников ошибок определения псевдодальности. при типичном геометрическом факторе HDOP, равном 2.

Таблица 3. СКО основных ошибок определения псевдодальности, м

Источники ошибок	С/А-код	P-код
Ионосфера	7	0.01
Тропосфера	0,7	0,7
Многолучевость	1,2	1,8
Шумы приемника	1,5	0,6
Погрешности координатно-временного обеспечения НКА	3,6	3,6
Общая	8,1	4,1

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.А.Соловьев. Системы спутниковой навигации.- М.:Эко -Тренз, 2000.- 269 с.
2. Gregory T. French. Understanding the GPS. An introduction to the Global Positioning System. First Edition. 1996.- 255 p.
3. El-Rabbany, Ahmed. Introduction to GPS: the global positioning system. ARTECH HOUSE, INC. 2002.- 176 p.
4. Admiralty List of Radio Signals. Vol.2, 2005/2006, p.266.
5. Богданов В.А., Сорочинский В.А., Якшевич Е.В. Спутниковые системы морской навигации. – М.: Транспорт, 1987.- 200 с.
6. Радиотехнические системы: Учебник для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю.П.Гришин, В.П.Ипатов, Ю.М.Казаринов и др.; Под. ред. Ю.М.Казаринова.- М.: Высш.шк., 1990.- 496 с.
7. Навигационное использование средневысотных спутниковых РНС на судах морского флота. Д.Н. Рубинштейн, С.С.Спаский. Мортехинформреклама. Морской транспорт. Серия «Судовождение, связь и безопасность мореплавания». Экспресс-информация, вып.1(368)-2(369), 2000, 60 с.
8. Б.К.Леонтьев. GPS: Все, что Вы хотели знать, но боялись спросить. М.: «Бук-Пресс», 2006.-352 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. GPS-ПРИЕМНИК „MARINER PLUS” СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ „NAVSTAR”

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение основных органов управления и режимов работы GPS - приемника «MARINER PLUS» спутниковой навигационной системы „NAVSTAR”.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- Назначение GPS – приемника «MARINER PLUS».
- Кратко описать основные режимы GPS – приемника «MARINER PLUS».
- Внести в отчет результаты полученных измерений.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначена спутниковая навигационная система (CHC) „Навстар”?
2. Какая допустимая точность определения места судна GPS – приемников, работающих с „NAVSTAR” в открытом коде?
3. Для чего предназначен GPS – приемник «MARINER PLUS»?
4. Как осуществляется первое включается GPS - приемника?
5. Что такое инициализация GPS – приемника?
6. Какую необходимо ввести информацию при инициализации (вводе исходных данных) в GPS - приемник?
7. В каких режимах может работать GPS – приемник «MARINER PLUS»?
8. Какие имеются функциональные кнопки в GPS – приемник «MARINER PLUS»?
9. Через какое время можно получить точную позицию судна после инициализации GPS - приемника?
10. Какая точность определения места судна GPS – приемником «MARINER PLUS»?

GPS-ПРЕМНИК «MARINER PLUS». ВВОД ОСНОВНЫХ ДАННЫХ

ВКЛЮЧЕНИЕ GPS-ПРИЕМНИКА

При первом включении приемника GPS для его работы необходимо осуществить все необходимые первоначальные установки. Этот процесс называется еще инициализацией приемника.

1. Нажмите кнопку **ON\OFF** (см. рис.13).



Рис.13. Внешний вид и основные кнопки управления приемника сигналов спутниковой навигационной системы „Navstar”.

2. Затем нажать кнопку CLR и удерживать её около шести секунд. При этом на дисплее ведется отсчет времени в обратном счете. После окончания счета появится *Сообщение Идентификации* (см. рис.14).

(При этом все ранее введенные путевые точки „Waypoint” будут из внутренней памяти приемника стерты, а пункты установки установятся в первоначальные значения).



Рис.14.

УСТАНОВКА ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Ввод ШИРОТЫ и ДОЛГОТЫ

Они должны быть точными в пределах десяти градусов.

ПРИМЕР: Широта 41 ° Север

Долгота 072 ° Запада (количество вводимых цифр должно быть три!)

Система показа **Lat/Lon** (Рис.15).

The image shows a rectangular button labeled "POS" to the left of a larger rectangular display screen. The screen displays the following text: "LAT n 00° 00. 000'", "LON w000° 00. 000'", "ACCURACY 9999 ft", and "ALTITUDE 0 ft".

Рис.15.

Нажмите кнопку **POS** один или более раз, до желательного показа.

По заданию преподавателем исходных данных введите *широту*, нажав последовательно кнопку **CLR**, цифровые кнопки и кнопку **ENT** (см. рис.16).

The image shows a sequence of four buttons: "CLR", "4", "1", and "ENT", arranged horizontally.

Рис.16.

Затем вводится *долгота* (см. рис.17).

The image shows a sequence of four buttons: "0", "7", "2", and "ENT", arranged horizontally. To the right of these buttons is a rectangular display screen showing the updated data: "LAT n 41° 00. 000'", "LON w072° 00. 000'", "ACCURACY 9999 ft", and "ALTITUDE 0 ft".

Рис.17.

Примечание: Для маленьких значений градусов, введение нулей обязательно. Северная широта(**N**) и западная долгота(**W**) вводится автоматически, пока не нажата во время ввода чисел кнопка "-" . Кнопка "-" определяет Южную Широту или Восточную Долготу.

Ввод ВЫСОТЫ или режим АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫБОРА ВЫСОТЫ (трехмерный режим).

Ввод высоты антенны выше уровня моря осуществляется на дисплее **POS** (см. рис.3).

Например, если антенна - на 8 футов выше воды, нажмите кнопку **CLR** один или более раз, пока курсор не появится в строке высоты (**ALTITUDE**), и затем наберите нужную высоту (см. рис.18).



Рис.18.

В случае, если высота изменяется со временем, или если Вы не знаете её значение, Вы можете заставить приемник GPS вычислять высоту автоматически.

ВНИМАНИЕ: *ВЫСОТУ ВСЕГДА МОЖНО ВЫЧИСЛЯТЬ АВТОМАТИЧЕСКИ, ОДНАКО, ЕСЛИ ВЫСОТА БУДЕТ ПОСТОЯННА, И ОНА ИЗВЕСТНА, ТО РАБОТА В РУЧНОМ ВЫСОТНОМ РЕЖИМЕ СДЕЛАЕТ ВЫЧИСЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ БОЛЕЕ ТОЧНЫМ.*

Ввод собственного МЕСТНОГО ВРЕМЕНИ.

Для ввода местного времени необходимо нажать клавишу **TIME** и войти в меню **TIME** (см. рис.19).

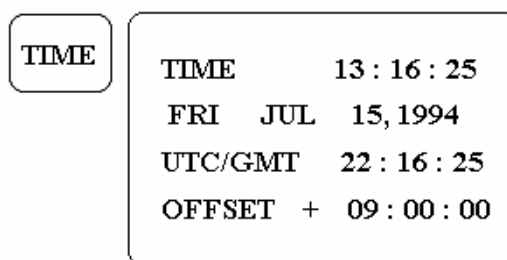


Рис.19.

Ввести местное время (например, 16 ч 15м - см. рис.20).



Рис.20.

Время вводится с точностью в пределах 10 минут. Как только GPS-приемник начнет распознавать спутники, время будет установлено точно (в пределах 0.5 секунды UTC). В это время вычисляются часовые или получасовые пояса.

Внимание: время вводится в формате 24 часов. АМ и РМ не используются. Чтобы преобразовывать время РМ в формат 24 часов, добавьте 12 часов. Таким образом: 4:15 РМ показывается как 16:15.

Процедура первого включения приемника GPS „MARINER Plus” закончена.

Приемник GPS установлен в рабочий режим и готов получать данные со спутников и предоставлять информацию.

Приемник GPS содержит:

1. Список установок (кнопка SETUP), которые контролируют выбор элементов, отображаемых на дисплее и их ввод.
2. Результат обработки навигационных данных. Он также позволяет включать и отключать некоторые функции.

Процедура ПЕРВОГО ВКЛЮЧЕНИЯ выбирает удобный для обычной навигации режим, используя координаты широты и долготы.

(Если необходимо использовать координаты MGRS, UTM, или координаты Лоран TD, или определяться по береговой линии, следует выбрать соответствующие пункты в списке установок (кнопка SETUP)).

ВНИМАНИЕ: ЕСЛИ НАВИГАЦИОННЫЕ РЕЖИМЫ БЫЛИ ВЫБРАНЫ ПРЕЖДЕ, ЧЕМ ПРИЕМНИК GPS ИМЕЛ ВРЕМЯ ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ПРИНЯТЬ СИГНАЛЫ С ДОСТАТОЧНОГО КОЛИЧЕСТВА СПУТНИКОВ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ТОЧНОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ, ПЕРИОДИЧЕСКИ БУДЕТ ПОКАЗЫВАТЬСЯ СООБЩЕНИЕ – ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ „МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ, СКОРОСТЬ МОГУТ БЫТЬ НЕТОЧНЫМИ”.

ОБЫЧНЫЙ (НАВИГАЦИОННЫЙ) РЕЖИМ

После ввода исходных данных, при достаточном уровне принимаемых сигналов со спутников, через некоторое время (около 10 секунд) должно появиться новое сообщение, которое показывает уровни принимаемых спутниковых сигналов. При этом у основания экрана показываются номера спутников (см. рис.21).

Как только будут определены уровни сигналов от каждого спутника, находящегося в зоне приема, то появится выше соответствующего номера спутника число от 1 до 9. Это число показывает силу сигнала от спутника. (3 - удовлетворительный, 9 - наилучший).

SATELLITE STATUS				
Signal		Strength		
9		*5	2	
#	04	11	09	17 32

Рис.21.

Если показывается звездочка, предшествующая числу силы сигнала, это значит, что приёмник нуждается в большем количестве времени, чтобы принять данные от спутника, прежде чем его можно использовать для навигации.

Через 2- 3 минуты, приемник GPS и экран изменится в режим отображения

местоположения (см. рис.22).

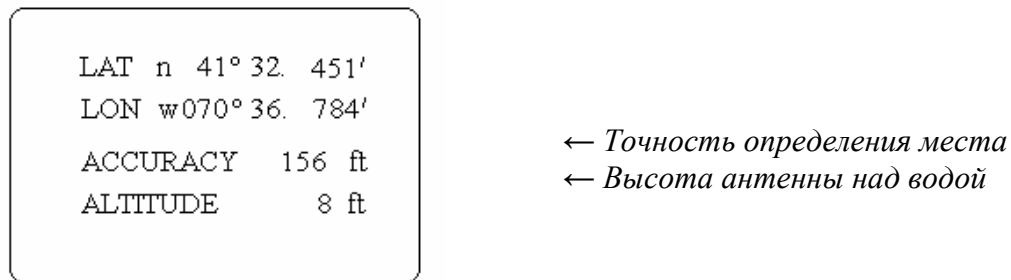


Рис.22.

На рис.10 (в качестве примера) отображены соответственно – долгота, широта, и предполагаемая высота устанавливаются с точностью (для данной модели приемника) в футах.

Если нажать кнопку **POS**, то отобразится та же информация, только с символом POS (см. рис.23).

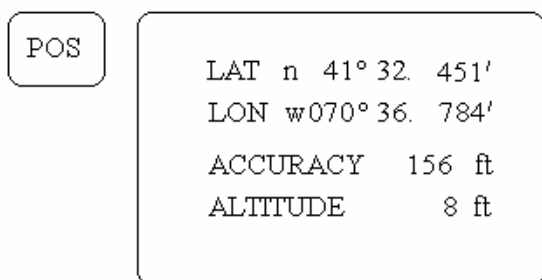


Рис.23.

ВВОД ПУТЕВЫХ ТОЧЕК (WAYPOINT)

Предположим, необходимо выйти из Falmouth, Штата Массачусетс, и дойти до буя входа в гавань Edgartown, на Martha's Vineyard. Для этого определяется широта и долгота буя на карте. В примере они равны:

Широта 41 ° 24.47'
Долгота 070 ° 29.35'

Чтобы дойти до буя, необходимо сначала ввести его в путевые точки (waypoint). Для этого следует нажать кнопку **WPT** (см. рис.24),

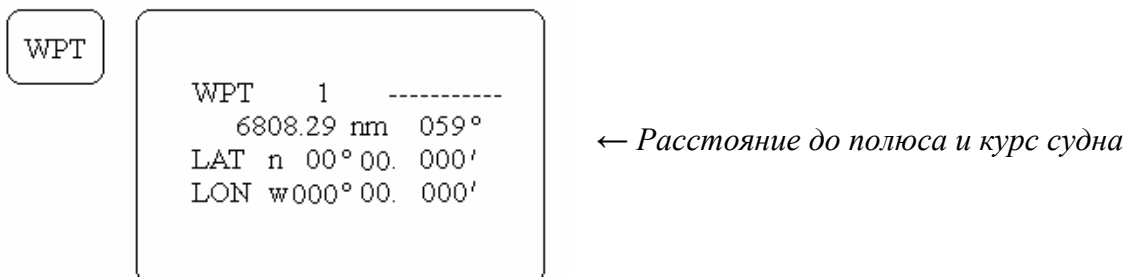


Рис.24.

а затем ввести координаты путевых точек (см. рис.25).



Рис.25.

На дисплее отобразится следующее (см. рис.26):

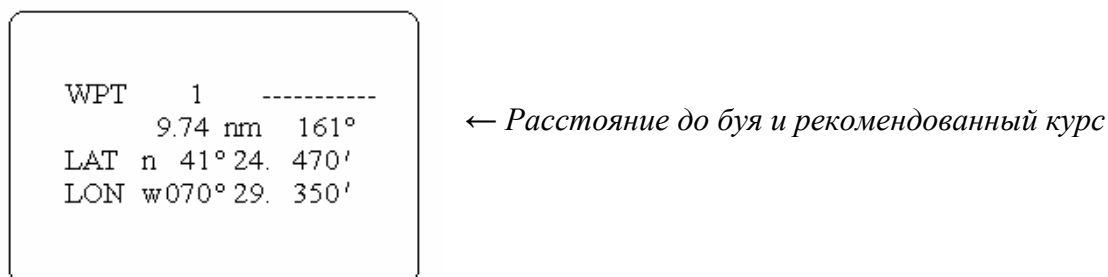


Рис.26.

Теперь дисплей в режиме *waypoint*. На нем (см. рис. 14) показывается расстояние до буя и угол магнитного азимута от счислимого места до путевой точки, что соответствует следующей диаграмме (см. рис. 27):

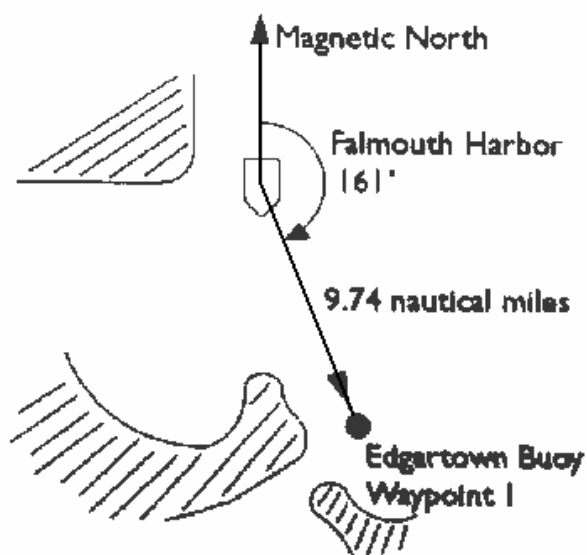


Рис.27.

Сохранение начального положения (исходной точки)

Для этого необходимо:

1. Нажать кнопку **SAVE** (см. рис. 28).

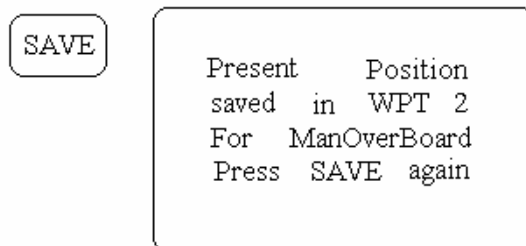


Рис.28.

Эта информация показывается в течение трех секунд.

Собственное стартовое положение от гавани Falmouth с этого времени обозначается **WPT 2** (*waypoint 2*).

Движение к путевым точкам (WAYPOINT)

Чтобы войти в путевые точки, необходимо нажать кнопку **WPT** один или более раз, пока не высветится следующее (см. рис. 29):

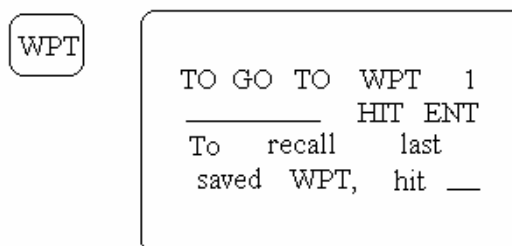


Рис.29.

В этом случае, необходимый (желательный) номер путевой точки (**WPT1**) отобразиться на дисплее. Если он не отобразился, нажимая кнопки «+» или «-», можно найти его в памяти.

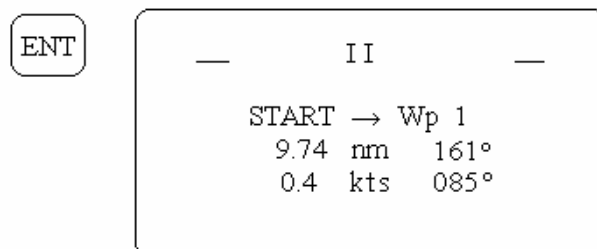


Рис.30.

Для получения рекомендаций о том, как пойти к 1-ой путевой точке (waypoint 1), следует нажать кнопку **ENT**.

На рис.18 показан дисплей в режиме индикатора поворота *вправо-влево* ситуации от START до Wpt 1, расстояние и пеленг к Wpt 1, скорость и курса

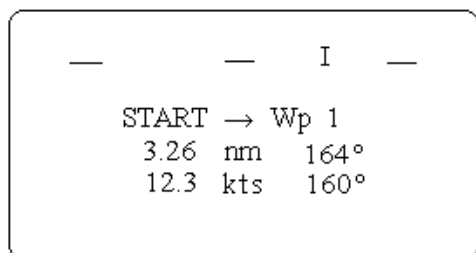
относительно грунта. В центре верхней строки вертикальная линия показывает степень отклонения от требуемого курса.

Для того чтобы идти к 1-ой путевой точке (waypoint 1), необходимо лечь на курс 161° , при этом необходимо удерживать вертикальную линию в центре.

При отклонении линии от центра, для ее удержания, следует подруливать в сторону стрелки.

Одновременно на дисплее показывается текущее существующее расстояние и пеленг в точку, и скорость и курс относительно грунта.

Немного позже на дисплее можно будет прочесть следующее (см. рис.31):



← Текущее расстояние и пеленг до Wp1
 ← Текущая скорость и курс относительно грунта

Рис. 31.

что соответствует следующей ситуации (см. рис. 32):

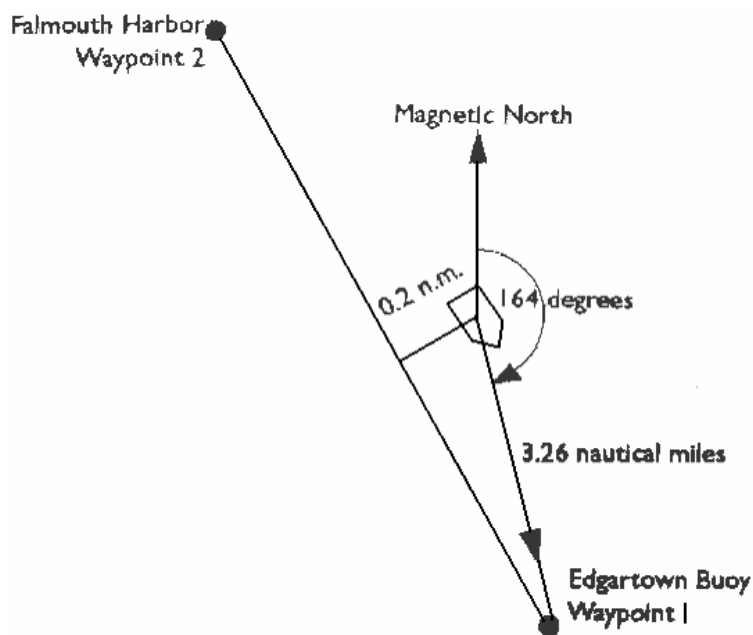


Рис.32.

Дрейф составляет приблизительно 0.2 мили влево от линии курса от гавани Falmouth (START) к waypoint 1 (бакен Edgartown). Чтобы лечь на заданный курс нужно подвернуть вправо. К бакену Edgartown осталось 3.26 навигационных мили.

Возвращение к исходной точке (START)

Чтобы возвратиться в точку начала рейса, необходимо установить точку назначения как waypoint 2 (гавань Falmouth), и установить отправную точку (START) в настоящем местоположении около бакена Edgartown.

Для этого нужно нажать последовательно две кнопки: **STEER** и «+», что приведет к следующему:

1. Изменению пункта назначения в путевую точку 2 (исходную точку Wp2)
2. Изменению отправной точки (START) в путевую точку 2 в существующую позицию, которая является около бакена Edgartown (см. рис.33).

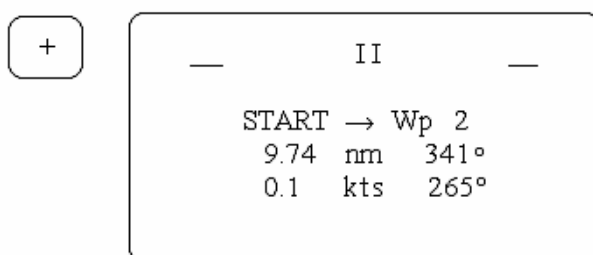


Рис.33.

Это соответствует следующей диаграмме (см. рис. 34):

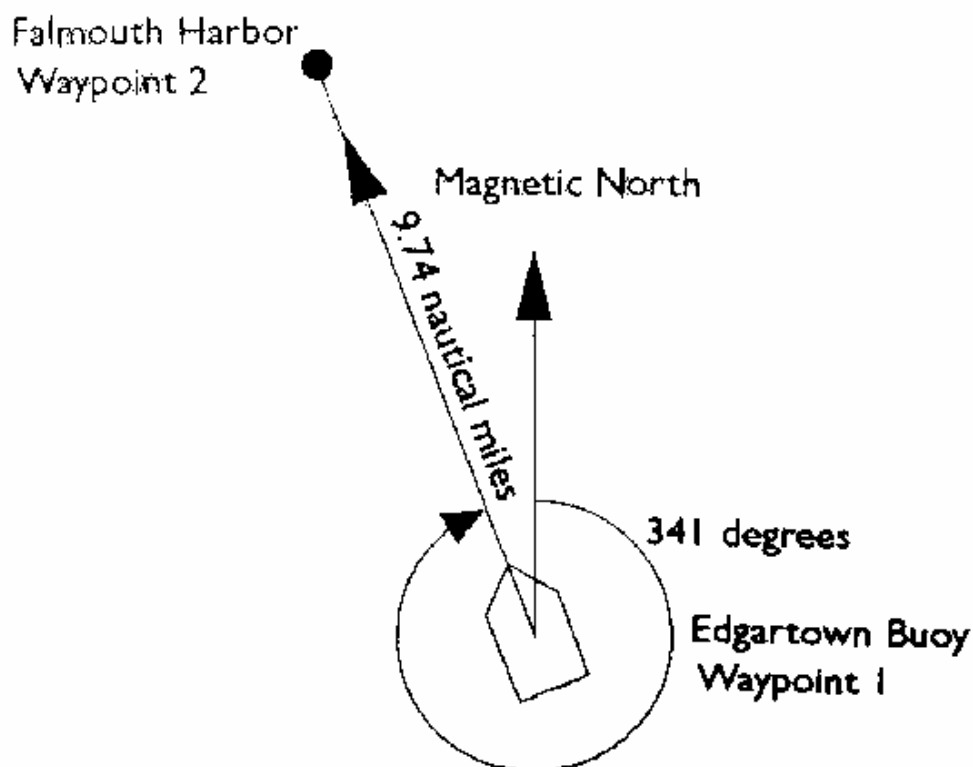


Рис.34.

НАВИГАЦИОННЫЙ ДИСПЛЕЙ

ОБСЕРВОВАННЫЕ КООРДИНАТЫ, ВЫСОТА И ТОЧНОСТЬ

Чтобы определить точно координаты (обсервованные координаты) и высоту антенны GPS-приемника относительно уровня моря необходимо нажать клавишу **POS** и ввести приблизительные свои координаты (счислимое место) и высоту.

На дисплее (см. рис.35) после приема сигналов от спутников отображаются обсервованные координаты, а в третьей и четвертой строках соответственно точность определения места и реальная высота антенны относительно уровня моря.

LAT n	34°13.291'
LON e	8° 36.524'
ACCURACY	156 ft
ALTITUDE	8 ft

Рис.35.

Каждый раз, когда число точности превышает 2000 футов, на дисплее наряду с POS и NAV будет периодически отображаться предупреждение "ПОЗИЦИЯ, СКОРОСТЬ ВОЗМОЖНО НЕТОЧНА". В этом случае для целей навигации GPS – приемник нельзя использовать.

СПУТНИКОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ НА ДИСПЛЕЕ

Для этого необходимо дважды нажать клавишу **POS**. На дисплее должна появиться информация, приведенная ниже.

Sats Reseived	4/5
Signal Quality	99
Datum	WGS-84
ED	104.32 nm

Рис.36.

GPS - приемник должен отслеживать, как минимум три спутника, чтобы вычислить широту и долготу, и как минимум четыре спутника, чтобы вычислить широту, долготу и высоту.

Информация, приведенная в качестве примера на дисплее (см.рис.36), указывает на то, что доступны 5 спутников и 4 из них принимаются.

(Когда на GPS-приемник включается впервые, то этот дисплей покажет, что нет спутников для приема и количества доступных, угол возвышения

которых, как минимум, выше 15 градусов над горизонтом).

GPS - приемник «Mariner», при включении, найдет и будет отслеживать доступные спутники в пределах от 15 до 60 секунд. Это, возможно, будет дольше, если антенна не имеет хорошего радиобзора.

Спутниковые сигналы преграждаются мачтами, оснащением, элементами судна, деревьями и зданиями. Число доступных спутников изменится со временем, так как спутники восходят, перемещаются по своим орбитам в околоземном пространстве.

Качество сигнала

Упомянутый выше дисплей также показывает два цифровых значения под названием " Качество Сигнала " (Signal Quality). Эти цифры отображают среднее качество сигнала для всех принятых спутников. Оно изменяется от 0 до 99, и имеет следующее, значения:

80-99 Очень хорошее
50-79 Среднее
30-49 Удовлетворительное
30 и ниже - Плохое.

Навигация, при таких показателях возможна, но будет ненадежной. Антенна, возможно, находится там, где её радиобзор ограничен.

Внимание: Когда периодически показывается предупреждение "ПОЗИЦИЯ, СКОРОСТЬ ВОЗМОЖНО НЕТОЧНА", тогда показания дисплея нельзя использовать в навигационных целях. Как только будут точно определены координаты, дисплей предупреждения больше не будет показываться.

Пройденное расстояние отображается на дисплее как ED - есть нечто иное, как счетчик пройденного расстояния. Оно возрастает по мере движения, показывая пройденное расстояние. Оно может приводиться к нулю нажатием клавиши **CLR** несколько раз, пока курсор на дисплее не переместится в поле ED, а затем нажимаем клавишу **ENT**.

Скорость и курс

Чтобы увидеть *Скорость* и *Курс*, следует нажать клавишу **SPEED**.

SPEED	13.4 kts
COURSE	175° mag
VMG	12.5 kts
TO BUOY4	179°

Рис.37.

На примере рис.37 дисплей показывает, что скорость относительно воды составляет 13.4 узлов и магнитный курс относительно воды составляет 175°.

Следует отметить, что это не обязательно скорость относительно воды. Она будет отличаться, если на судно воздействуют ветра и течения.

VMG, или скорость относительно воды по направлению к путевой точке «ТО».

Это то же самое, что и скорость относительно воды, если:

1. направляться прямо по отношению к путевой точке;
2. это ноль, если двигаться под прямым углом по направлению к точке;
3. и отрицательно, если двигаться от назначенной точки.

Выше на дисплее (см.рис.25), в качестве примера, показано VMG 12.5 узлов по направлению к точке, которая названа BUOY4. Эта точка находится на пеленге 179° от текущей позиции (VMG особенно полезна для парусных судов,двигающихся против ветра. В данном случае они не могут плыть прямо против ветра, а должны лавировать с углами, чтобы достичь успеха).

Фильтр скорости и курса

Приемник GPS «Mariner» измеряет скорость и курс относительно воды приемной антенны. Точность измерения около 0.5 узла (0.1 узла, когда используется приемник дифференциальных данных) и отвечает на изменение скорости в пределах нескольких секунд. На точность измерения скорости воздействует качка и вращение судна, которые в свою очередь вызывают перемещение антенны в пространстве.

Для этого необходимо установить антенну на судне так низко, как только возможно, до тех пор, пока не будет затруднен радиообзор.

Когда же необходимо установить антенну высоко на судне, следует учитывать, что вычисленная скорость и курс будут флюктуировать благодаря качке и вращению судна.

Для этого GPS - приемник «Mariner» оборудован Фильтром Скорости и Курса, который определяет среднюю скорость и курс за период времени уменьшая, при этом, эффект качки и вращения. Можно установить фильтрующее время, чтобы получить наилучший результат. Большое время фильтрации сокращает эффект качки судна, но показывает на дисплее, что ответ на изменение скорости судна и курса, будет долгим.

При первой стартовой процедуре фильтр изначально устанавливается до 10 секунд.

Если необходимо, чтобы при маневрах быстро определялись скорость и курс, следует установить время фильтра 1 или 2 секунды.

Для более плавного изменения средней величины скорости и курса, следует установить время фильтрации 20 секунд и больше.

Дисплей Фильтра Скорости и Курса можно вывести **двойным** нажатием клавиши **SETUP** с последующим нажатием несколько раз клавиши «+», пока

не отобразиться на дисплее необходимая информация:

ALTITUDE	MANU
VEHICLE	BOAT
Speed and course	
filter	10 sec

Рис.38

Чтобы установить время фильтрации 20 секунд, необходимо последовательно нажать:

CLR CLR CLR 2 0 ENT

ДИСПЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

Дисплей, появляющийся после нажатия клавиши **STEER** предоставляет рулевую информацию без отображения позиции. Информация показывается так же, как и после нажатия клавиш **NAV** и **SPEED**, но в другой комбинации, которая может быть удобна пользователю.

-	-	I
START		BUOY4
4.36 nm		093°
13.4 kts		085°

Рис.39

Второе нажатие кнопки **STEER** показывает численную погрешность определения положения CTE, погрешность курса CE, текущую реальную скорость VMG, оставшееся время TTG, и расчетное время прибытия ETA.

CTE→0	CE→008°
VMG	12.5 kts
TTG	00:17 23
ETA	15:14 06

Рис.40.

ВЫКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ

Чтобы выключить питание нажмите кнопку **ON\OFF**, и удерживайте ее в течение трех секунд. Задержка времени выставлена так, что приемник GPS не будет отключаться, если кнопка **ON\OFF** будет случайно нажата.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ GPS

Спутниковая навигационная система GPS (Global Positioning System) или Глобальная система позиционирования (местоопределения), состоит из трех сегментов: космического сегмента, представляющего собой созвездие из 24 спутников, наземных центров слежения и управления спутниками и, собственно, приемников сигналов от спутников – т.н. GPS - приемники. []

Система GPS (официальное название - NAVSTAR) разработана по заказу и находится под управлением Министерства обороны США. В 1980-х систему открыли для гражданского использования. Система GPS работает при любых погодных условиях по всему миру 24 часа в сутки. С ее помощью можно с высокой степенью точности определять координаты и скорость подвижных объектов. За пользование услугами системы GPS не взимается ни абонентская плата, ни плата за подключение. Все, что нужно для пользования системой GPS - это GPS-приемник.

ОРБИТАЛЬНАЯ ГРУППИРОВКА GPS



Рис.41.

24 спутника, (рис.41) составляющие космический сегмент системы GPS, вращаются вокруг Земли по круговым орбитам на высоте около 20200 км. Каждый спутник делает два полных оборота менее чем за 24 ч. Спутники движутся со скоростями около 11000 км/ч. Питание спутников GPS обеспечивают солнечные батареи, на борту есть также резервные аккумуляторные батареи. Каждый спутник имеет небольшие ракетные двигатели, предназначенные для коррекции орбитальных траекторий.

Некоторые характеристики орбитальной группировки GPS:

- Первый спутник был запущен в 1978 г.
- Число спутников достигло необходимого количества - 24 - в 1994 г.
- Среднее время жизни каждого спутника GPS составляет около 10 лет. В связи с этим по мере необходимости производится замена старых спутников новыми.

- Масса спутника GPS составляет около 900 кг, а его ширина - около 5 м с развернутыми солнечными батареями.
- Мощность передатчика составляет не более 50 Вт.

Структура передаваемых сигналов

Спутники GPS передают два маломощных сигнала на частотах L1 и L2. Гражданские GPS-приемники работают на частоте L1 равной 1575,42 МГц. Прием сигналов возможен только со спутников, находящихся в пределах прямой видимости. Облака, стекло и пластик не являются преградами для сигнала, в то время как большинство плотных объектов, таких как здания, рельеф местности, металлические предметы и люди - являются.

Сигнал, передаваемый спутниками GPS, содержит три важных составляющих - *псевдослучайный код*, *эфемеридные данные* и *альманах*.

Псевдослучайный код содержит номер спутника, передающего информацию.

Эфемеридные данные, постоянно передаваемые каждым спутником, содержат важную информацию о статусе спутника (рабочий или нерабочий), а также текущую дату и время. Эта часть сигнала необходима для вычисления местоположения GPS-приемником.

Альманах содержит информацию о том, где должны находиться спутники GPS. Каждый спутник передает альманах, содержащий орбитальную информацию для данного спутника, а также всех остальных спутников GPS.

Принцип работы системы GPS

Спутники GPS вращаются вокруг Земли по круговым орбитам с частотой два оборота в сутки, передавая навигационные радиосигналы. GPS-приемники принимают эти сигналы и вычисляют местоположение методом триангуляции. Приемник сравнивает время излучения сигнала с временем приема этого сигнала. Разность между этими величинами позволяет вычислить расстояние до спутника. Зная расстояние до нескольких спутников, GPS-приемник может определить свое местоположение и отобразить его на электронной карте.

Принимая информацию, по крайней мере, от трех спутников, GPS-приемник может определить двухмерные координаты пользователя (широту и долготу). "Захватив" четыре и более спутников, прибор может определить трехмерные координаты (широту, долготу и высоту). Определив местоположение пользователя, приемник может вычислить такие величины как скорость, путевой угол, траекторию, пройденное расстояние, расстояние до конечного пункта, время восхода и захода солнца и многое другое.

Точность системы GPS

Современные многоканальные GPS-приемники обеспечивают достаточно высокую точность. Так, например, существующие 12-канальные GPS-

приемники отслеживают до 12-ти спутников GPS одновременно, обеспечивая быстрое и уверенное определение местоположения, в том числе в городских условиях или под густыми кронами деревьев. На точность определения местоположения GPS-приемником влияет расположение видимых спутников, а также ряд атмосферных и других факторов. В среднем, точность таких GPS-приемников составляет 15 м.

Точность GPS-приемников может быть повышена путем приема дифференциальных поправок. Точность GPS-приемников, установленных на морских судах, может быть также повышена до (1...5) м путем приема дифференциальных поправок, передаваемых сетью радиомаяков, расположенных на морских побережьях.

Наиболее перспективные источники дифференциальных поправок - глобальные дифференциальные подсистемы, передающие поправку к сигналам GPS с геостационарных спутников. За их использование не предусмотрено какой-либо платы. К ним относятся американская система WAAS, европейская EGNOS и японская MSAS. Они улучшают точность определения местоположения GPS-приемниками до (1...3) м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитенко Ю.И., Быков В.И., Устинов Ю.М. Судовые радионавигационные системы: Учеб. для вузов.- М.: Транспорт, 1992. – 336 с.
2. Навигационное использование средневысотных спутниковых РНС на судах морского флота. Д. Н. Рубинштейн, С. С. Спасский. Мортехинформреклама. Морской транспорт. Серия „Судовождение, связь и безопасность мореплавания”. Экспресс – информация, вып.1-2, 2000, 60 с.
3. <http://www.marineproftest.narod.ru>
4. <http://www.mte.ru/www/navig.nsf>
5. Кафедральные методические пособия.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

САРП "ATLAS-KRUPP 8600". Назначение, технико-эксплуатационные характеристики, основные режимы работы..... 4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

Глобальная спутниковая радионавигационная система «NAVSTAR». Назначение, основные режимы работы. 31

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.

GPS-приемник „MARINER PLUS” спутниковой навигационной системы „NAVSTAR” 46

Учебно-методическое издание

**РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

Сборник методических указаний для выполнения лабораторных работ для
курсантов 3 курса специальности «Судовождение»

Часть 2

Составитель Авраменко Евгений Александрович

Подписано в печать 25.03.2010.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная
Тираж 100 экз. Заказ № И10-03-61

Одесская национальная морская академия
Свидетельство ДК № 1292 от 20.03.2003
65029, г. Одесса, Дидрихсона, 8, корп. 7, к. 206
тел./факс: (0482) 34-14-12
publish@ma.odessa.ua