

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям
по дисциплине
«Системы контроля, сигнализации и управления судном»
для студентов дневной и заочной форм обучения
направления
6.0922 – Электромеханика

Часть 2

Севастополь
2008



Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Системы контроля, сигнализации и управления судном» для студентов дневной и заочной форм обучения направления 6.0922 – «Электромеханика»: в 3 ч./ Сост. А.Н. Дегтярев. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. – Ч.2. – 85 с.

Целью методических указаний является ознакомление студентов с назначением и конструкцией магнитных компасов серии УКПМ, режимами работы авторулевого ANSCHUTZ NAUTOPLOT D, назначением, составом и возможностями системы ГЛОНАСС. Каждое практическое занятие кроме теоретических сведений содержит перечень контрольных вопросов.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры СПЭМС (протокол №_ от _ марта 2008 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Олейников А.М., доктор техн. наук, заведующий кафедрой СПЭМС СевНТУ

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Практическое занятие №10. Назначение, состав, основные характеристики магнитных компасов серии УКПМ.....	5
2. Практическое занятие №11. Прибор 10, репитеры.....	18
3. Практическое занятие №12. Авторулевой ANSCHUTZ NAUTOPILOT D.....	29
4. Практическое занятие №13. Управление судном с помощью авторулевого ANSCHUTZ NAUTOPILOT D.....	36
5. Практическое занятие №14. Состав и структура глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.....	46
6. Практическое занятие №15. Модулирующая последовательность в ГЛОНАСС.....	53
7. Практическое занятие №16. Структура навигационного сообщения системы ГЛОНАСС.....	63
8. Практическое занятие №17. Неоперативная информация навигационного сообщения, подсистема космических аппаратов системы ГЛОНАСС.....	76



ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания включают восемь рекомендаций по выполнению практических занятий, связанных с изучением принципов построения и работы магнитных компасов, авторулевых и глобальных спутниковых систем связи и навигации на примерах компасов серии УКПМ, авторулевого ANSCHUTZ NAUTOPLOT D, системы ГЛОНАСС. Каждое практическое занятие выполняется в течение двух академических часов. В процессе подготовки к выполнению студент должен ознакомиться с основными теоретическими положениями, лежащими в основе принципов работы изучаемых систем.

использования в сеансах навигационных определений, а значение признака $C_n = 1$ - на пригодность этого спутника.

Потребители системы ГЛОНАСС при принятии решения об использовании или не использовании каждого конкретного НКА для целей навигации должны анализировать значения обоих признаков, руководствуясь при этом правилом, как показано в таблице 17.8.

Таблица 17.8 Заключение о работоспособности НКА по совокупности значений признаков $B_n(l_n)$ и C_n

Значения признаков		Работоспособность НКА
$B_n(l_n)$	C_n	
0	0	-
0	1	+
1	0	-
1	1	-

17.6. Контрольные вопросы

1. Какие данные включает в себя неоперативная информация?
2. Для чего в суперкадре предусмотрены резервные разряды?
3. Опишите алгоритм проверки достоверности информации в информационной строке строке.
4. Опишите состав ПК системы ГЛОНАСС.
5. Опишите размещение НКА на орбитах.
6. Каков интервал повторяемости трасс движения НКА?
7. Какова высота орбиты НКА?
8. В чем заключается контроль целостности радионавигационного поля ГЛОНАСС?



цифровой информации. В системе ГЛОНАСС контроль целостности навигационного поля осуществляется следующими двумя способами.

Во-первых, на спутниках ГЛОНАСС осуществляется непрерывный автономный контроль функционирования основных бортовых систем. В случае обнаружения нарушений нормального функционирования этих систем, влияющих на качество излучаемого спутником навигационного радиосигнала и достоверность передаваемого навигационного сообщения, на спутнике формируется признак его неисправности, который передается потребителю системы в составе оперативной информации навигационного сообщения. Дискретность передачи соответствующего признака в навигационных сообщениях НКА ГЛОНАСС составляет 30 с.

Максимальная задержка от момента обнаружения неисправности до момента передачи соответствующего признака не превышает 1 мин для спутника ГЛОНАСС.

Примечание: В НКА ГЛОНАСС-М предусматривается уменьшение данной задержки до десяти секунд за счет введения признака I_n и увеличения оперативности изменения признака B_n .

Во-вторых, качество навигационного поля ГЛОНАСС, т.е. исправность всех НКА системы, качество излучаемых ими навигационных радиосигналов и достоверность передаваемой ими информации контролируются аппаратурой контроля навигационного поля (АКНП), входящей в ПКУ. Формируемый этой аппаратурой признак неисправности появляется в неоперативной информации навигационных сообщений (альманахах системы) всех спутников не позднее, чем через 16 часов после появления неисправности. Дискретность передачи данного признака в навигационных сообщениях НКА ГЛОНАСС составляет 2,5 мин.

В соответствии с двумя принятыми в системе ГЛОНАСС способами контроля навигационного поля, в навигационных сообщениях каждого НКА системы передаются два типа признаков исправности (неисправности):

признак $B_n(I_n)$ – нулевое значение которого обозначает пригодность данного спутника для проведения навигационных определений потребителей системы;

признаки C_n – совокупность ($n = 1, \dots, 24$) обобщенных признаков состояния всех спутников системы на момент закладки неоперативной информации (альманаха орбит и фаз); значение признака $C_n = 0$ указывает на непригодность спутника, имеющего системный номер n_A , для

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10 НАЗНАЧЕНИЕ, СОСТАВ, ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИТНЫХ КОМПАСОВ СЕРИИ УКПМ

10.1. Цель занятия: Ознакомиться с назначением, составом и основными характеристиками магнитных компасов серии УКПМ.

10.2. Назначение магнитных компасов серии УКПМ

Магнитный модернизированный компас УКПМ-М предназначен для непрерывного измерения и указания магнитного курса судна, а также для измерения пеленга и курсового угла.

10.3. Основные характеристики компасов УКПМ

Компас выпускается в семи модификациях: УКПМ-М1, -М2, -М3, -М4, -М5, -М6, -М7. (Исполнение ОМ и ТМ категории размещения 1, ГОСТ 15150).

Компасы УКПМ-М устанавливаются на кораблях и судах различных классов, на катерах, яхтах, спасательных шлюпках в качестве главных и путевых компасов, а компасы УКПМ-М4 и УКПМ-М7 – в качестве основных.

Компасы УКПМ-М4 (на высоком нактоузе) и УКПМ-М7 (на низком нактоузе) обеспечивают дистанционную электронную передачу истинного курса на электрические репитеры курса (репитер аналоговый – РА и репитер цифровой – РЦ) после ввода поправок склонения и девиации, а также выдачу информации об истинном курсе в стандарте IEC-1162 в кодах RS232 и RS422 в навигационное оборудование. Компас рассчитан на работу при следующих условиях эксплуатации:

- температура от минус 40 до плюс 70 °С, прибор 3 компасов УКПМ-М5, УКПМ-М6 и приборы 3И, 10, РА, РЦ – от минус 15 до плюс 55 °С;
- относительная влажность воздуха до 98 % при температуре до плюс 40 °С;
- вибрационные нагрузки до 200 Гц с ускорением до 20 м/с²;
- ударные нагрузки с ускорением до 150 м/с²;
- качка с амплитудой до 450 и периодом (6-16) секунд;
- циркуляция со скоростью до 20 0/с;
- воздействие инея и росы;
- воздействие морского тумана;
- воздействие среды, зараженной грибковой плесенью;
- воздействие солнечной радиации;



-компас сохраняет работоспособность после воздействия предельной температуры минус 60 0С.

Технические характеристики компаса приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Технические характеристики компаса

Наименование технических характеристик	Численное значение
Диаметр картушки, мм	127
Цена деления картушки компаса, градус	1
Угол наклона котелка, при котором картушка сохраняет горизонтальное положение, градус	10
Полупериод колебаний магнитного чувствительного элемента (МЧЭ) при горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли $H = (10-1)$ А/м и температуре $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$, секунд	12
Время возвращения МЧЭ к магнитному меридиану при горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли $H = (10-1)$ А/м и температуре $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$, секунд	60
Максимальная погрешность компаса, градус:	
-от трения при горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли $H = (5-0,5)$ А/м и температуре $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$	$\pm 0,3$
-на неподвижном основании;	± 1
-дистанционной электронной передачи;	$\pm 0,7$
-на прямом курсе со скоростью до 25 узлов при бортовой и килевой качках с амплитудой до 3° и периодом (6-15) секунд, рыскании с амплитудой до 1° и периодом (6-15) секунд;	± 2
-на прямом курсе со скоростью до 25 узлов при бортовой и килевой качках с амплитудой до $22,5^\circ$ и периодом 7 секунд, рыскании с амплитудой до 5° и периодом (6-15) секунд;	± 4
-на прямом курсе со скоростью до 25 узлов при бортовой качке с амплитудой до 30° и периодом (6-15) секунд, килевой качке с амплитудой до 10° и периодом (6-15) секунд, рыскании с амплитудой до 5° и периодом (6-15) секунд;	± 3
-через 40 секунд после циркуляции на 180° со скоростью $6^\circ/\text{с}$;	± 1
-при воздействии вибрации с частотой до 200 Гц и ускорением до 20 м/с^2	± 2
-при воздействии ударных нагрузок с ускорением до 150 м/с^2	± 2

плоскостей различаются на 120° . Орбитальным плоскостям присвоены номера 1, 2, и 3. Возрастание порядкового номера орбитальной плоскости производится в направлении вращения Земли. Навигационным спутникам из первой орбитальной плоскости присвоены системные номера от 1 до 8, из второй орбитальной плоскости - от 9 до 16, а из третьей орбитальной плоскости - от 17 до 24. Системные номера НКА в орбитальных плоскостях возрастают в направлении против движения НКА.

17.5.1. Орбитальные параметры. Номинальные значения абсолютных долгот восходящих узлов идеальных орбитальных плоскостей, зафиксированных на 0ч00м00с 1 января 1983 года, равны:

$$251^\circ 15' 00'' + 120^\circ (i - 1),$$

где i - номер орбитальной плоскости ($i = 1, 2, 3$).

Номинальное расстояние между соседними НКА в плоскости по аргументу широты составляет 45° .

Средняя скорость прецессии орбитальных плоскостей составляет минус $0,59251.10^{-3}$ рад/сут.

Идеальные значения аргументов широты НКА с системными номерами $j = N + 8$ и $j = N + 16$ отличаются от аргументов широты НКА с системными номерами $j = N$ и $j = N + 8$ соответственно на плюс 15° , где $N = 1, \dots, 8$ и составляют на 0ч00м00с 1 января 1983 года:

$$145^\circ 26' 37'' + 15^\circ (27 - 3j + 25j^*),$$

где: j - системный номер НКА ($j = 1, 2, \dots, 24$);

$$j^* = E \left\{ \frac{j-1}{8} \right\} - \text{целая часть числа } \frac{j-1}{8}.$$

Интервал повторяемости трасс движения НКА и зон радиовидимости НКА наземными средствами составляет 17 витков (7 суток 23 часа 27 минут 28 секунд).

Номинальные параметры орбит НКА:

- драконический период обращения НКА - 11 час 15 мин 44 с;
- высота орбиты - 19100 км;
- наклонение орбиты - $64,8^\circ$;
- эксцентриситет орбиты - 0.

Максимальные уходы НКА относительно идеального положения на орбите не превышают $\pm 5^\circ$ на интервале срока активного существования.

17.5.2. Контроль целостности радионавигационного поля ГЛОНАСС. Контроль целостности навигационного поля ГЛОНАСС заключается в контроле качества излучаемых спутниками системы навигационных радиосигналов и качества передаваемой ими навигационной



Если по формуле для икор получается $\text{икор} > 85$, то фиксируется факт наличия нечетного числа кратных ошибок и фраза не исправляется, а бракуется (стирается);

в) если хотя бы одна из контрольных сумм $C_1, \dots, C_7$ равна единице, а $C_8 = 0$, либо все суммы $C_1, \dots, C_7$ равны нулю, но $C_8 = 1$, то фиксируется факт наличия кратных ошибок и фраза бракуется.

Таблица 17.7 – Формирование контрольных сумм при проверке достоверности информации в строке (пример алгоритма)

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_8$ - проверочные символы кода Хэмминга (1-8); $b_{77}, b_{76}, \dots, b_2, b_1$ - информационные символы (9-85); $C_1, C_2, \dots, C_7, C_8$ - контрольные суммы;
$C_1 = \beta_1 \oplus [\sum_i b_i]_{\text{mod } 2}$ $i = 9, 10, 12, 13, 15, 17, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 63, 65, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84.$
$C_2 = \beta_2 \oplus [\sum_j b_j]_{\text{mod } 2}$ $j = 9, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 36, 37, 40, 41, 44, 45, 48, 49, 52, 53, 56, 57, 60, 61, 64, 65, 67, 68, 71, 72, 75, 76, 79, 80, 83, 84.$
$C_3 = \beta_3 \oplus [\sum_k b_k]_{\text{mod } 2}$ $k = 10-12, 16-19, 23-26, 31-34, 38-41, 46-49, 54-57, 62-65, 69-72, 77-80, 85.$
$C_4 = \beta_4 \oplus [\sum_l b_l]_{\text{mod } 2}$ $l = 13-19, 27-34, 42-49, 58-65, 73-80.$
$C_5 = \beta_5 \oplus [\sum_m b_m]_{\text{mod } 2}$ $m = 20-34, 50-65, 81-85.$
$C_6 = \beta_6 \oplus [\sum_{n=35}^{65} b_n]_{\text{mod } 2}$
$C_7 = \beta_7 \oplus [\sum_{p=66}^{85} b_p]_{\text{mod } 2}$
$C_8 = [\sum_{q=1}^8 \beta_q]_{\text{mod } 2} \oplus [\sum_{q=9}^{85} b_q]_{\text{mod } 2}$

17.5. Структура ПКА системы ГЛОНАСС

Полностью развернутая ПКА системы ГЛОНАСС состоит из 24-х НКА. НКА размещаются в трех орбитальных плоскостях по восемь спутников в каждой плоскости. Долготы восходящих узлов орбитальных

Компасы УКПМ-М1, -М2, -М3, -М4, -М5, -М6, -М7 снабжены компенсатором магнитной девиации.

Компасы снабжены электрическим осветительным устройством с питанием от судовой сети постоянного или переменного тока напряжением $(24 \pm 2,4)$ или $(27 \pm 2,7)$ В. Активная мощность – 2 Вт.

Дистанционная электронная передача курса может запрашиваться от бортовой сети 220 В 50 Гц или 24 В.

Курсовой указатель и деления картушки, шкала репитера РА, индикаторы приборов 10, РЦ четко видны при дневном и искусственном освещении на расстоянии 1,4 м.

Компасы УКПМ-М5, -М6 снабжены компенсатором электромагнитной девиации.

Ресурс – 75000 часов.

Вероятность безотказной работы компасов в течение 3500 часов $\pm 0,98$.

Срок службы компаса до списания – 15 лет.

10.4. Состав компаса

Состав компасов, в зависимости от комплектации, изложен в таблице 10.2.

Таблица 10.2 - Состав компасов, в зависимости от комплектации

Шифр прибора	УКПМ-М1	УКПМ-М2	УКПМ-М3	УКПМ-М4	УКПМ-М5	УКПМ-М6	УКПМ-М7
УКПМ-М1	1						
УКПМ-М2		1					
УКПМ-М3			1				
Прибор 52					1		
Прибор 52А						1	
Прибор 52А-1				1			
Прибор 52А-2							1
Прибор 3					1	1	
Прибор 3И				1			1
Прибор 10				1			1
Репитер РА				1			1
Репитер РЦ				1-3			1-3
Пеленгатор	1	1*	1	1	1	1	1*

Примечание – * Поставляется по спецзаказу.

10.5. Принцип действия компаса

Принцип действия компаса основан на свойстве свободной стрелки устанавливаться по направлению вектора напряженности магнитного поля. В компасе в качестве магнитного чувствительного элемента (МЧЭ) используется система магнитов с поплавком, размещенным в котелке.



При компенсации магнитных полей судна в области МЧЭ компаса, МЧЭ устанавливается по направлению магнитного меридиана.

Положение МЧЭ определяет магнитный курс судна.

10.6. Устройство и работа

10.6.1. Устройство компаса УКПМ-М1 (рисунок 10.1, а). В состав компаса входит котелок с картушкой – 1, пеленгатор (на рисунке не показан), колпак защитный – 2 и нактоуз – 3.

Компас снабжен компенсаторами полукруговой, креновой и четвертной девиации.

10.6.2. Устройство компаса УКПМ-М2 (рисунок 10.1, б). В состав компаса входит котелок с картушкой – 1, пеленгатор (на рисунке не показан), колпак защитный – 2 и нактоуз – 3.

Компас УКПМ-М2 отличается от УКПМ-М1 более низким нактоузом.

10.6.3. Устройство компаса УКПМ-М3 (рисунок 10.1, в). В состав компаса входит котелок с картушкой – 1, пеленгатор (на рисунке не показан), колпак защитный – 2 и нактоуз – 3.

Компас УКПМ-М3 является шлюпочным вариантом, не имеет компенсаторов девиации, а также азимутальной шкалы.

10.6.4. Устройство компаса УКПМ-М5 (рисунок 10.2). На рисунке цифрами обозначены: 1 – продольные отметки для установки компаса в диаметральной плоскости судна; 2 – основание; 3 – колпачок тумблера; 4 – тумблер освещения компаса; 5 – предохранитель; 6 – резистор; 7 – крышка компенсатора; 8 – шкала; 9 – пластины компенсатора; 10 – защитный колпак; 11 – окно; 12 – шкала; 13 – котелок; 14 – прижимные планки; 15 – кольцо крепления карданного подвеса; 16 – сальник; 17 – сальник; 18 – хомут; 19 – компенсатор; 20 – картушки X; 21 – картушки Y; 22 – разъем; 23 – гнездо для установки прокольного магната; 24 – гнездо для установки поперечного магната; 25 – кронштейн; 26 – картушка Z; 27 – фланец с отверстиями.

Компас УКПМ-М5 от компаса УКПМ-М1 отличается только наличием компенсатора электромагнитной девиации, состоящего из компенсирующего устройства, размещенного в приборе 52 и приборе 3. Компенсатор электромагнитной девиации питается напряжением 115 или 220 В.

10.6.5. Устройство компаса УКПМ-М6 (рисунок 10.3). На рисунке цифрами обозначены: 1 – продольные отметки для установки компаса в диаметральной плоскости судна; 2 – основание; 3 – колпачок тумблера; 4 – тумблер освещения компаса; 5 – предохранитель; 6 – резистор; 7 – крышка компенсатора; 8 – шкала; 9 – пластины компенсатора;

ния в навигационное сообщение дополнительной информации. Размещение резервных разрядов в суперкадре с указанием номера строки (используется единая нумерация строк в пределах суперкадра без разбиения на кадры) и номеров разрядов в строке приведены в таблице 17.6.

Таблица 17.6 – Размещение резервных разрядов в суперкадре

Номера строк в суперкадре	Расположение разрядов в строке	Количество разрядов
1, 16, 31, 46, 61	79, 80	2
2, 17, 32, 47, 62	65 - 69	5
3, 18, 33, 48, 63	68	1
4, 19, 34, 49, 64	27, 28, 29, 35 – 48	17
5, 20, 35, 50, 65	37	1
74	9 – 57	49
75	10 – 80	71

Примечание: Расположение резервных разрядов в суперкадре дано с учетом примечаний 1 и 4 к таблицам 16.5 и 17.3

17.4 Алгоритм проверки достоверности информации в строке

Проверка строк кадра, содержащих цифровую информацию, заключается в исправлении одиночных ошибок (неверен один разряд строки) и обнаружении двойных (и большего четного числа) ошибок. Каждая строка ЦИ представляет собой 85-разрядный код, причем старшие 77 разрядов содержат информационные символы (b85, b84,..., b10, b9); а младшие 8 разрядов - проверочные символы (8, .7,..., .2, .1).

Для исправления однократных ошибок в 85-разрядных кодовых строках формируются контрольные суммы C1, C2,...,C7, а для обнаружения двукратных (и большего четного числа) ошибок формируется контрольная сумма C.. Правила формирования контрольных сумм C1,...,C7 и C. при проверке достоверности информации в строке приведены в таблице 17.7.

Устанавливаются следующие правила исправления одиночных и обнаружения кратных искажений символов информации:

а) строка считается неискаженной, если все контрольные суммы C1,...,C7 и сумма C. равны нулю, либо лишь одна из контрольных сумм C1,...,C7 равна единице и при этом C. = 1;

б) если две или более контрольных сумм C1,...,C7 равны единице и C. = 1, то символ i-й разряда исправляется на противоположный символ в разряде с порядковым номером $i_{ог} = C7 \ C6 \ C5 \ C4 \ C3 \ C2 \ C1 + 8 - K$, при условии, что $i_{ог} \leq 85$, где $C7 \ C6 \ C5 \ C4 \ C3 \ C2 \ C1$ - двоичное число, сформированное из контрольных сумм C1, ..., C7 (все двоичные числа записаны младшими разрядами вправо);

K - номер старшей из отличных от нуля контрольных сумм.



до 0.46 нс) передается в навигационном сообщении спутника ГЛОНАСС-М. Слово расположено в 5-ой, 20-ой, 35-ой, 50-ой и 65-ой строках суперкадра с 38-го по 69 разряды.

Размещение слов альманаха системы в кадре навигационного сообщения представлено в таблице 17.5.

Таблица 17.4 Обозначение отрицательных значений номера несущей частоты в кадре навигационного сообщения

Номер несущей частоты	Значение слова H_n^A
-01	31
-02	30
-03	29
-04	28
-05	27
-06	26
-07	25

Таблица 17.5 Размещение слов альманаха системы в кадре навигационного сообщения

Слово*	Число разрядов	Номера строк в кадре ⁽¹⁾	Номера разрядов в строках
τ_c	32	5	38 – 69 (с учетом Примечания к Таблице 4.9)
N_4	5	5	32 – 36
τ_{GPS}	22	5	10 – 31
N^A	11	5	70 – 80
n^A	5	6, 8, 10, 12, 14	73 – 77
H_n^A	5	7, 9, 11, 13, 15	10 – 14
λ_n^A	21	6, 8, 10, 12, 14	42 – 62
t_{2n}^A	21	7, 9, 11, 13, 15	44 – 64
Δi_n^A	18	6, 8, 10, 12, 14	24 – 41
ΔT_n^A	22	7, 9, 11, 13, 15	22 – 43
ΔT_n^A	7	7, 9, 11, 13, 15	15 – 21
ε_n^A	15	6, 8, 10, 12, 14	9 – 23
ω_n^A	16	7, 9, 11, 13, 15	65 – 80
M_n^A	2	6, 8, 10, 12, 14	78–79
B1	11	74	70–80
B2	10	74	60–69
KP	2	74	58–59
τ_n^A	10	6, 8, 10, 12, 14	63 – 72
C_n^A	1	6, 8, 10, 12, 14	80

17.3. Резервные разряды в суперкадре

Резервные разряды в суперкадре предусмотрены на случай введе-

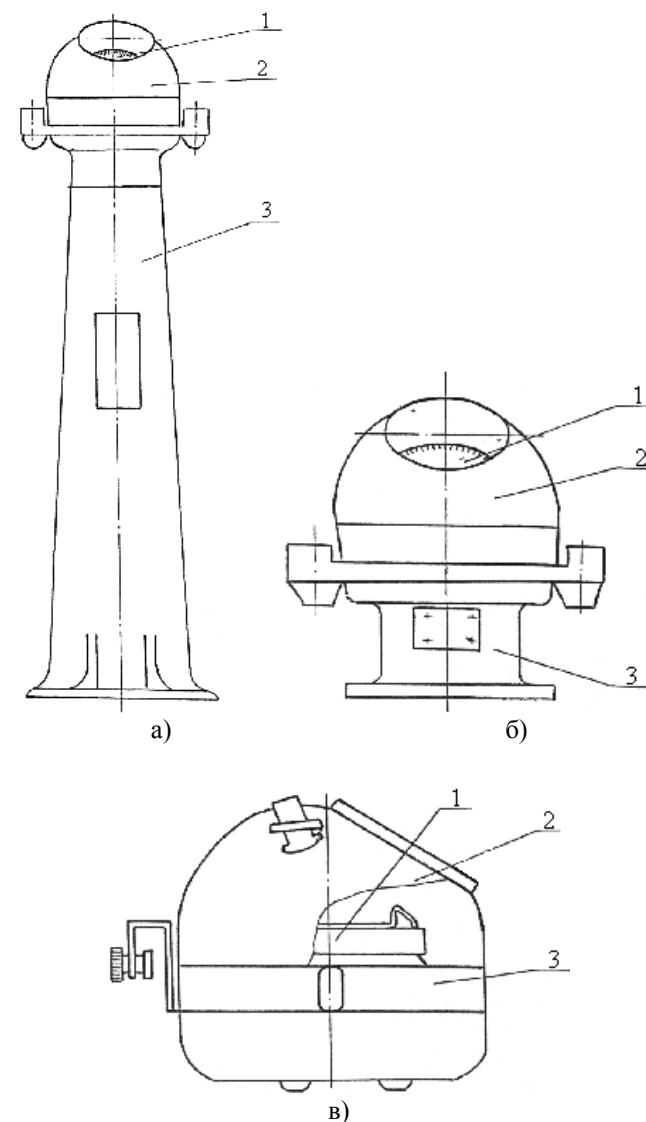


Рисунок 10.1 – а) устройство компаса УКПМ-М1; б) устройство компаса УКПМ-М2; в) устройство компаса УКПМ-М3;



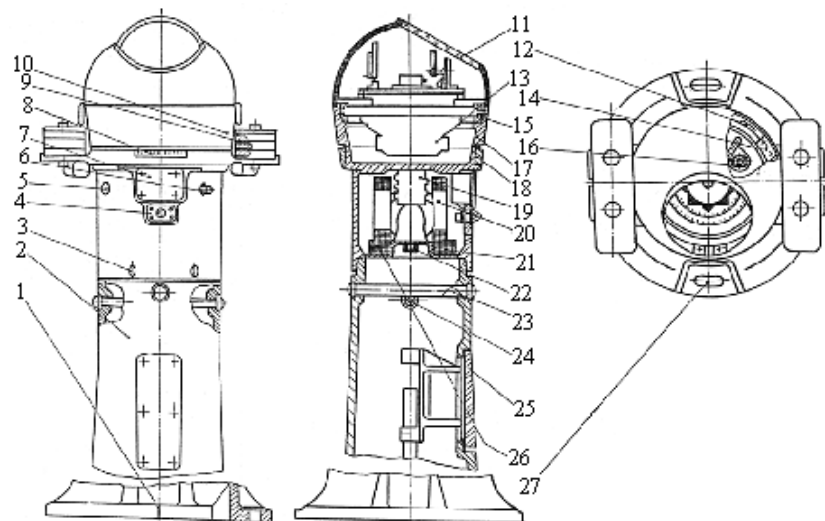


Рисунок 10.2 – Устройство компаса УКПМ-М5

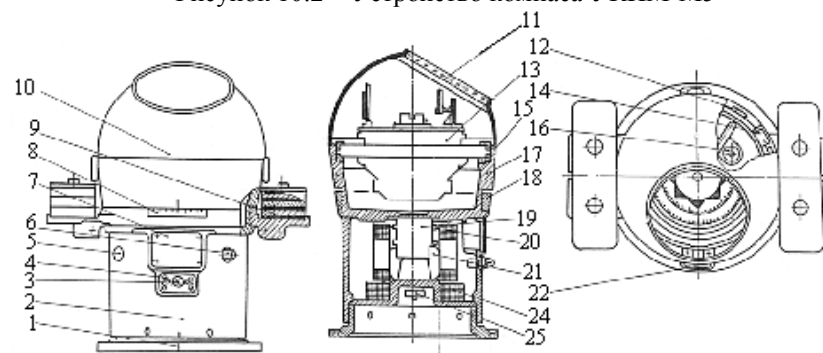


Рисунок 10.3 – Устройство компаса УКПМ-М6

10 - защитный колпак; 11 – окно; 12 – шкала; 13 – котелок; 14 – прижимные планки; 15 – кольцо крепления карданного подвеса; 16 – сальник; 17 – корпус; 18 – хомут; 19 – компенсатор полукруговой и креновой девиации; 20 – картушки X; 21 – картушки Y; 22 – фланец с отверстиями; 24 – картушка Z; 25 – разъем.

Компас УКПМ-М6 отличается от компаса УКПМ-М2 только наличием компенсатора электромагнитной девиации, состоящего из компенсирующего устройства, размещенного в приборе 52А и приборе 3.

Таблица 17.2 – Зависимость погрешности навигационных определений от "возраста" данных альманаха

"Возраст" данных альманаха	СКО погрешности определения	
	дальности (км)	радиальной скорости (м/с)
1 сутки	0,83	0,33
10 суток	2,0	0,7
20 суток	3,3	4,2

Таблица 17.3 – Разрядность, единицы измерения и диапазон значений слов альманаха системы

Слово*	Число разрядов	Цена Младшего Разряда	Диапазон значений	Единица измерения
$\tau_c^{(1)(2)(4)}$	28	2^{-27}	± 1	с
	32	2^{-31}	± 1	с
$\tau_{GPS}^{(1)(2)}$	22	2^{-30}	$\pm 1,9 \cdot 10^{-3}$	с
$N_4^{(1)}$	5	1	1-31	4-х летний интервал
N^A	11	1	1...1461	сутки
n^A	5	1	1...24	безразмерная
$H_n^A^{(3)}$	5	1	0...31	безразмерная
$\lambda_n^A^{(2)}$	21	2^{-20}	± 1	полуцикл
$t_{\lambda n}^A$	21	2^{-5}	0...44100	с
$\Delta i_n^A^{(2)}$	18	2^{-20}	$\pm 0,067$	полуцикл
$\Delta T_n^A^{(2)}$	22	2^{-9}	$\pm 3,6 \cdot 10^3$	с/виток
$\dot{\Delta T}_n^A^{(2)}$	7	2^{-14}	$\pm 2^{-8}$	с/виток ²
ϵ_n^A	15	2^{-20}	0...0,03	безразмерная
$\omega_n^A^{(2)}$	16	2^{-15}	± 1	полуцикл
$M_n^A^{(1)}$	2	1	0...3	безразмерная
$B1^{(1)(2)}$	11	2^{-10}	$\pm 0,9$	с
$B2^{(1)(2)}$	10	2^{-16}	$(-4,5 \dots 3,5) \cdot 10^{-3}$	с/ССС
$KP^{(1)}$	2	1	0,1	безразмерная
$\tau_n^A^{(2)}$	10	2^{-18}	$\pm 1,9 \cdot 10^{-3}$	с
C_n^A	1	1	0...1	безразмерная

Примечание (1): Данные слова передаются в навигационном сообщении спутника ГЛОНАСС-М.

Примечание (2): В словах, числовые значения которых могут быть положительными и отрицательными, старший разряд является знаком. При этом символ "0" соответствует знаку "+", а символ "1" – знаку "-".

Примечание (3): Отрицательные значения номера несущей частоты в кадре обозначаются в соответствии с таблицей 17.4.

Примечание (4): Значение с увеличенным значением количества разрядов с 28 до 32 и цены младшего разряда слова до $2 \cdot 10^{-31}$ с (то есть

Слово B1 – величина $\Delta UT1$ на начало суток с номером N^A , измеряется в секундах.

Слово B2 – скорость изменения параметра $\Delta UT1$, измеряется в секундах за средние солнечные сутки (с/ссс).

$$\Delta UT1 = B1 + B2 * (N_T - N^A),$$

Слово KP – признак ожидаемой секундной коррекции шкалы UTC на величину ± 1 с, как показано в таблице 17.1⁽¹⁾.

Таблица 17.1 – Значения слова KP

KP	Информация о секундной коррекции UTC
00	В конце текущего квартала коррекции UTC не будет
01	В конце текущего квартала будет коррекция на плюс 1 с.
11	В конце текущего квартала будет коррекция на минус 1 с.

Признак KP помещается в навигационный кадр не позднее, чем за 8 недель до проведения коррекции. Однако, решение о предстоящей коррекции может быть принято раньше, чем за 8 недель. Поэтому с начала квартала до принятия решения передается признак 10 (решение ещё не принято), а после принятия решения передаётся один из 3-х вышеперечисленных признаков.

Слово τ_n^A – грубое значение сдвига шкалы времени спутника с номером n^A относительно шкалы времени системы на момент времени $t_{\lambda n}^A$, равное смещению ПСПД излучаемого навигационного радиосигнала относительно номинального положения, выраженному в единицах времени;

Слово C_n^A – обобщенный признак состояния спутника с номером n^A на момент закладки неоперативной информации (альманаха орбит и фаз). Значение признака $C_n = 0$ указывает на непригодность спутника для использования в сеансах навигационных определений, а значение признака $C_n = 1$ – на пригодность спутника.

Точность передаваемых в составе альманаха параметров такова, что позволяет потребителю производить определение дальности и радиальной скорости спутника со среднеквадратическими значениями погрешностей, зависящими от времени, прошедшего с момента передачи альманаха ("возраста" данных), как показано в таблице 17.2.

10.6.6. Устройство компаса УКПМ-М4. Компас УКПМ-М4 (рисунок 10.4) отличается от УКПМ-М1 наличием приборов 3И (позиция 5), 10 (позиция 2), РА (позиция 4), РЦ (позиция 3), обеспечивающих дистанционную электронную передачу курса с учетом склонения и девиации и наличием первичного преобразователя на котелке. На рисунке также показан прибор 52А-1 (позиция 1).



Рисунок 10.4 – Компас УКПМ-М4

10.6.7. Устройство компаса УКПМ-М7. Компас УКПМ-М7 (рисунок 10.5) отличается от УКПМ-М4 более низким нактоузом, аналогичным компасу УКПМ-М2. На рисунке показаны: 1 – прибор 52А-2; 2 – прибор 10; 3 – репитер цифровой; 4 – репитер аналоговый; 5 – прибор 3И.





Рисунок 10.5 – Компас УКПМ-М7

10.7. Устройство и работа составных частей

10.7.1. Котелок компаса (рисунок 10.6) представляет собой закрытый сосуд, разделенный на две сообщающиеся камеры (основную и дополнительную), заполненные 64 % водным раствором этилового спирта.

В верхней, основной камере, установлен МЧЭ – 1, два расположенных в продольной плоскости котелка курсовых указателя – 2 и колонка – 3. МЧЭ свободно подвешен на шпильке – 4.

МЧЭ представляет собой диск с нанесенными делениями. Цена деления 1° . Деления, кратные целым десяткам градусов, обозначены цифрами.

Для дозаливки котелка имеется отверстие, закрытое пробкой – 5. Через отверстие, закрытое пробкой – 6, проводится замена шпильки во время эксплуатации. На верхнем стекле размещено осветительное устройство – 7.

Слово n^A – условный номер спутника в системе, который соответствует номеру занимаемой спутником рабочей точки;

Слово H_n – признак КР помещается в навигационный кадр не позднее, чем за 8 недель до проведения коррекции. Однако, решение о предстоящей коррекции может быть принято раньше, чем за 8 недель. Поэтому с начала квартала до принятия решения передается признак 10 (решение еще не принято), а после принятия решения передается один из 3-х вышеперечисленных признаков.

A – номер несущей частоты навигационного радиосигнала, излучаемого спутником с номером n^A ;

Слово λ_n^A – долгота в системе координат ПЗ-90 первого внутри суток с номером N^A восходящего узла орбиты спутника с номером n^A ;

Слово $t_{\lambda n}^A$ – время прохождения первого внутри суток с номером N^A восходящего узла орбиты спутника с номером n^A ;

Слово Δi_n^A – поправка к среднему значению наклона орбиты для спутника с номером n^A на момент $t_{\lambda n}^A$ (среднее значение наклона орбиты принято равным 63°);

Слово ΔT_n^A – поправка к среднему значению драконического периода обращения спутника с номером n^A на момент времени $t_{\lambda n}^A$ (среднее значение драконического периода обращения спутника принято равным 43200 с);

Слово $\dot{\Delta T}_n^A$ – скорость изменения драконического периода обращения спутника с номером n^A ;

Слово ε_n^A – эксцентриситет орбиты спутника с номером n^A на момент времени $t_{\lambda n}^A$;

Слово ω_n^A – аргумент перигея орбиты спутника с номером n^A на момент времени $t_{\lambda n}^A$;

Слово M_n^A – признак модификации n-го НКА (1); "00" – ГЛОНАСС, "01" – ГЛОНАСС-М;

Слова B1 и B2 – коэффициенты линейного полинома для определения величины $\Delta UT1$ расхождения всемирного UT1 (время Гринвичского меридиана с учетом движения полюса) и координированного времени UTC(SU) государственного стандарта Российской Федерации:

$$\Delta UT1 = UT1 - UTC(SU).$$



8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №17

НЕОПЕРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ НАВИГАЦИОННОГО СООБЩЕНИЯ, ПОДСИСТЕМА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

17.1. Цель занятия:

1. Ознакомиться с содержанием неоперативной информации навигационного сообщения, передаваемого НКА ГЛОНАСС и ГЛОНАСС-М в навигационном радиосигнале.

2. Ознакомиться со структурой подсистемы космических аппаратов системы ГЛОНАСС.

17.2. Неоперативная информация (альманах)

Неоперативная информация (альманах) включает в себя:

- данные о шкале времени системы;
- данные о шкале времени каждого спутника;
- данные об элементах орбит и техническом состоянии всех спутников системы.

Разрядность, единицы измерения и диапазон значений слов неоперативной информации навигационного сообщения представлены в таблице 17.3.

Ниже приводятся принятые буквенные обозначения параметров альманаха, и поясняется их смысловое содержание.

Слово τ_c – поправка к шкале времени системы ГЛОНАСС относительно UTC(SU). Поправка τ_c дана на начало суток с номером N^A ;

Слово N_4 – номер четырехлетнего периода, первый год первого четырехлетия соответствует 1996 году.⁽¹⁾

Слово τ_{GPS} – поправка на расхождение системных шкал времени GPS (T_{GPS}) и ГЛОНАСС ($T_{ГЛ}$) в соответствии со следующим выражением:

$$T_{GPS} - T_{ГЛ} = \Delta T + \tau_{GPS},$$

где ΔT – целая часть, а τ_{GPS} – дробная часть расхождения шкал времени, выраженного в секундах.

Примечание: Целая часть расхождения ΔT определяется потребителем из навигационного сообщения системы GPS.

Слово N^A – календарный номер суток внутри четырехлетнего периода, начиная с високосного года, к которым относятся поправка τ_c и данные альманаха системы (альманах орбит и альманах фаз);

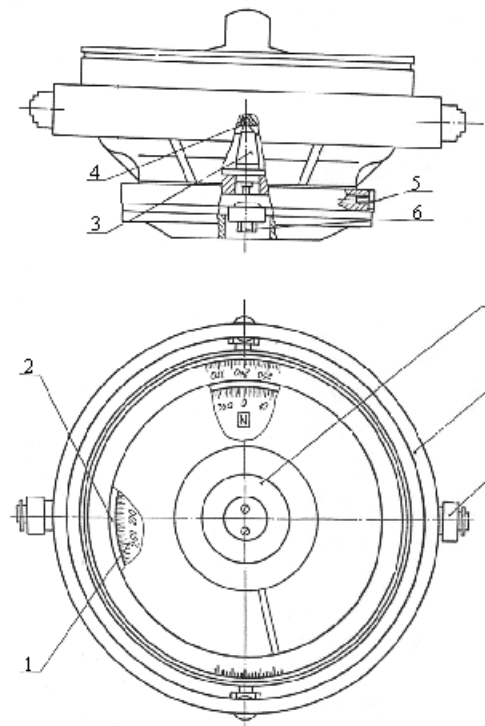


Рисунок 10.6 – Котелок компаса

Для сохранения горизонтальности при качке и кренах котелок подвешен в кардановом подвесе – 8 на роликовых подшипниках – 9. Наружная ось карданова подвеса расположена в диаметральной плоскости судна и параллельно ей (в зависимости от места установки компаса).

Курсовой преобразователь компасов УКПМ-М4 и УКПМ-М7 представляет собой котелок, с установленным на нем первичным преобразователем (феррозондом), расположенном на верхнем стекле. Подсветка шкалы осуществляется светодиодом.

10.7.2. Нактоуз компаса УКПМ-М1 (рисунок 10.7) состоит из корпуса 17 и основания 2.

В корпусе 17 находится кольцо 15 для крепления карданова подвеса с котелком 13, компенсатор 19 полукруговой и креновой магнитной девиации, тумблер 4 для включения освещения компаса, загерметизированный резиновым колпачком 3, сальник 21, через который к компасу подводится напряжение судовой сети, сальник 16, через который напря-



жение подводится непосредственно к лампе, клеммная плата 20, резистор 6 для регулирования яркости освещения картушки и предохранитель 5.

Для уничтожения коэффициента A постоянной девиации кольцо 15 может разворачиваться в горизонтальной плоскости на угол $\pm 5^\circ$. Угол разворота контролируется по шкале 12, расположенной на корпусе 17. Цена деления шкалы 12 - 1° .

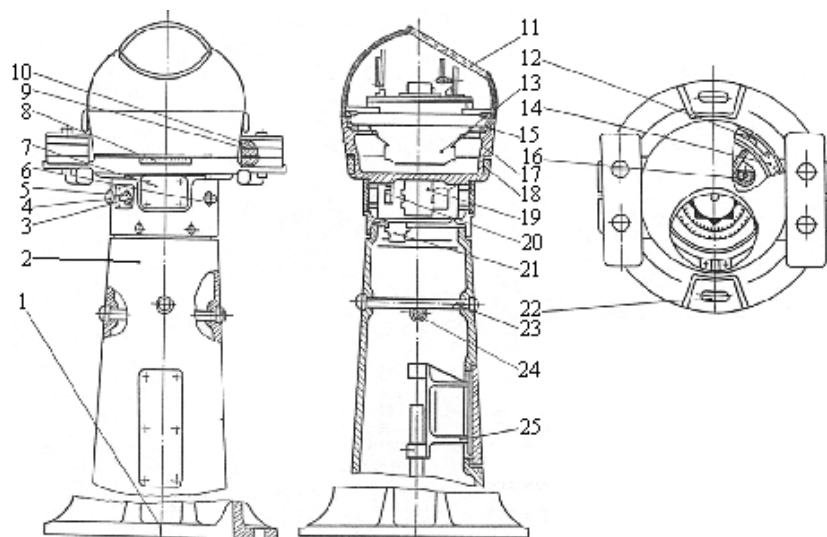


Рисунок 10.7 – Компас УКПМ-М1

Положение кольца 15 фиксируют две прижимные планки 14.

На корпусе 17 имеется хомут 18 с компенсатором 9 четвертной магнитной девиации, представляющей собой комплект безиндукционных пластин мягкого железа, укладываемых в гнезда. Для уничтожения коэффициента E четвертной девиации хомут 18 может разворачиваться в горизонтальной плоскости на угол 20° . Угол разворота контролируется по шкале 8, расположенной на хомуте 18. Цена деления шкалы 8 - 1° .

Для доступа к компенсатору 19 полукруговой и креновой магнитной девиации в корпусе 17 имеется окно, закрываемое крышкой 7.

Доступ к клеммной плате 20 для подключения наружного кабеля к осветительному устройству компаса осуществляется через окно, расположенное с противоположной стороны корпуса 17. Снизу корпус закрывается крышкой. Основание 2 представляет собой полую деталь кониче-

5. Опишите структуру оперативной информации навигационного сообщения.

Таблица 16.6 Размещение слов оперативной информации навигационного сообщения

Слово	Количество разрядов	Номер строки в кадре	Номера разрядов в строке
m	4	1...15	81 - 84
t_k	12	1	65 - 76
t_b	7	2	70 - 76
M	2	4	9 - 10
$\gamma_n(t_b)$	11	3	69 - 79
$\tau_n(t_b)$	22	4	59 - 80
$x_n(t_b)$	27	1	9 - 35
$y_n(t_b)$	27	2	9 - 35
$z_n(t_b)$	27	3	9 - 35
·			
$x_n(t_b)$	24	1	41 - 64
·			
$y_n(t_b)$	24	2	41 - 64
·			
$z_n(t_b)$	24	3	41 - 64
..			
$x_n(t_b)$	5	1	36 - 40
..			
$y_n(t_b)$	5	2	36 - 40
..			
$z_n(t_b)$	5	3	36 - 40
P	2	3	66 - 67
N_T	11	4	16 - 26
n	5	4	11 - 15
F_T	4	4	30 - 33
E_n	5	4	49 - 53
B_n	3	2	78 - 80
P1	2	1	77 - 78
P2	1	2	77
P3	1	3	80
P4	1	4	34
$\Delta\tau_n$	5	4	54 - 58
I_n	1	3,5,7,9,11,13,15	65(3-я строка), 9(5,7,9,11,13,15 строки)



Примечание (1): Данные слова передаются в навигационном сообщении спутника ГЛОНАСС-М.

Примечание (2): В словах, числовые значения которых могут быть положительными и отрицательными, старший разряд является знаковым. При этом символ "0" соответствует знаку "+", а символ "1" - знаку "-".

Слово $\tau_n(t_b)$ – сдвиг шкалы времени n -го спутника t_n относительно шкалы времени системы ГЛОНАСС t_c , равный смещению по фазе ПСПД излучаемого навигационного радиосигнала n -го спутника относительно системного опорного сигнала на момент времени t_b , выраженный в единицах времени

$$\tau_n(t_b) = t_c(t_b) - t_n(t_b).$$

Слово I_n – признак достоверности кадра n -го НКА; $I_n=0$ свидетельствует о пригодности спутника для навигации; $I_n=1$ означает факт непригодности данного спутника для навигации.

Размещение слов оперативной информации навигационного сообщения в кадре представлено в таблице 16.6.

Слова $x_n(t_b)$, $y_n(t_b)$, $z_n(t_b)$ – координаты n -го НКА в системе координат ПЗ-90 на момент времени t_b ;

Слова $\dot{x}_n(t_b)$, $\dot{y}_n(t_b)$, $\dot{z}_n(t_b)$ – составляющие вектора скорости n -го НКА в системе координат ПЗ-90 на момент времени t_b ;

Слова $\ddot{x}_n(t_b)$, $\ddot{y}_n(t_b)$, $\ddot{z}_n(t_b)$ – составляющие ускорения n -го НКА в системе координат ПЗ-90 на момент времени t_b , обусловленные действием Луны и Солнца;

Слово E_n – характеризует "возраст" оперативной информации, то есть интервал времени, прошедший от момента расчета (закладки) оперативной информации до момента времени t_b для n -го спутника. Слово E_n формируется на борту НКА.

16.6. Контрольные вопросы

1. Для чего предназначено навигационное сообщение?
2. Какую информацию содержит навигационное сообщение?
3. Опишите структуру суперкадра.
4. Опишите структуру информационной строки в кадре.

ской формы. В средней части основания 2 находятся гнезда для размещения дополнительных продольного, поперечного и вертикального магнитов компенсатора полукруговой и креновой магнитной девиации.

В гнездо 23 устанавливается продольный, в гнездо 24 – поперечный магнит. Вертикальный магнит устанавливается в кронштейн 25 в верхнем и нижнем положении. Основание 2 заканчивается фланцем с четырьмя овальными отверстиями 22 для крепления компаса к палубе.

Продольные отметки 1 предназначены для установки компаса в диаметральной плоскости судна.

На рисунке 10.7 также обозначены: 10 – защитный колпак; 11 – окно колпака.

10.7.3. Нактоуз компаса УКПМ-М2 отличается более низким основанием 2.

10.7.4. Прибор 52А-1 компаса УКПМ-М4 состоит из нактоуза УКПМ-М1 с вмонтированным в него кабелем от курсового преобразователя.

10.7.5. Прибор 52А-2 компаса УКПМ-М7 отличается от прибора 52А-1 более низким нактоузом.

10.7.6. Компенсатор полукруговой и креновой магнитной девиаций жестко крепится к основанию компаса (рисунок 10.8) и состоит из литого прямоугольного корпуса 3, в котором расположены три редуктора, разворачивающие шесть продольных магнитов 2, шесть поперечных магнитов 8 и шесть вертикальных магнитов 1. Валики редукторов выведены на лицевую панель корпуса 3. На концы валиков насажены втулки 4. Втулки 4 заканчиваются лысками под специальный ключ и имеют указатели 10 положения магнитов. Разворот валиков по часовой стрелке и против, обозначенный соответственно знаками «+» и «-» ограничен штифтами 7. Лицевая панель корпуса 3 закрывается накладкой 5, на которой нанесены шкалы 9, имеющие числовые отметки и буквенные обозначения валиков.

По числовым отметкам контролируются положения магнитов 1, 2 и 8. Буквенные обозначения В, С и Z соответствуют продольным, поперечным и вертикальным магнитам. Положение валиков с магнитами фиксируется накладкой 5, прижимаемой к корпусу 3 винтом 6.

10.7.7. Компенсатор электромагнитной девиации представляет собой систему трех взаимно перпендикулярных пятисекционных катушек Х, Y, и Z. Секции катушек подключаются параллельно соответствующим секциям обмоток размагничивания судна через прибор 3.



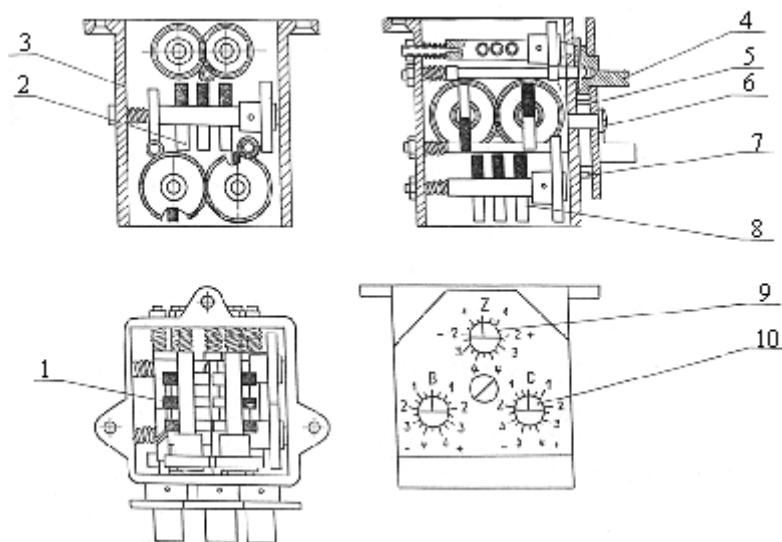


Рисунок 10.8 – Компенсатор полукруговой и креновой магнитной девиации

С помощью специальных органов управления (переменных резисторов) изменяют величину токов, протекающих в катушках X, Y, и Z. Направление протекания токов изменяют переключением питающих проводов на клеммах катушек X, Y и Z.

В результате данных действий исключают влияние магнитных полей судна на показания компаса.

Общий вид прибора 52 показан на рисунке 10.2.

10.7.8. Общий вид прибора 3 показан на рисунке 10.9.

На плате 7 расположены лампы 5 сигнализации, предохранители 11 ручки 4 с указателями, насаженными на выходные оси резисторов, и шкалы 9, имеющие числовые отметки от 0 до 9. По числовым отметкам контролируются положения движков резисторов. Для обеспечения доступа к электроэлементам плата 7 соединена с корпусом 3 петлями 12, позволяющими откидывать ее на угол 30°. Крышка 1 прибора 3 может открываться справа налево на 110°, в открытом положении она фиксируется ограничителем.

На крышке 1 находится световое табло 13. Прибор 3 закрывают два замка 6, расположенные на корпусе 3. Для подключения прибора 3 к прибору 52 и к источнику электромагнитной девиации судна в нижней

Слово М – модификация НКА, излучающего данный навигационный сигнал. Значение "00" означает НКА ГЛОНАСС, "01" – НКА ГЛОНАСС-М⁽¹⁾;

Слово $\gamma_n(t_b)$ – относительное отклонение прогнозируемого значения несущей частоты излучаемого навигационного радиосигнала n-го спутника от номинального значения на момент времени t_b ,

$$\gamma_n(t_b) = \frac{f_n(t_b) - f_{nm}}{f_{nm}}$$

где $f_n(t_b)$ – прогнозируемое значение несущей частоты излучаемого навигационного радиосигнала n-го спутника с учетом гравитационного и релятивистского эффектов на момент времени t_b ; f_{nm} – номинальное значение несущей частоты навигационного радиосигнала n-го спутника.

Таблица 16.5 – Разрядность, единицы измерения и диапазон значений слов оперативной информации навигационного сообщения

Слово*	Число разрядов	Цена младшего разряда	Диапазон значений	Единица измерения
m	4	1	0...15	безразмерная
t _k	5	1	0...23	час
	6	1	0...59	мин
	1	30	0;30	с
t _b	7	15	15...1425	мин
M	(1) 2	1	0-3	безразмерная
$\gamma_n(t_b)$	(2) 11	2 ⁻⁴⁰	±2 ⁻³⁰	безразмерная
$\tau_n(t_b)$	(2) 22	2 ⁻³⁰	±2 ⁻⁹	с
x _n (t _b), y _n (t _b), z _n (t _b)	(2) 27	2 ⁻¹¹	±2,7*10 ⁴	км
$\dot{x}_n(t_b), \dot{y}_n(t_b), \dot{z}_n(t_b)$	(2) 24	2 ⁻²⁰	±4,3	км/с
$\ddot{x}_n(t_b), \ddot{y}_n(t_b), \ddot{z}_n(t_b)$	(2) 5	2 ⁻³⁰	±6,2*10 ⁻⁹	км/с ²
B _n	3	1	0...7	безразмерная
P	(1) 2	1	00,01,10,11	безразмерная
N _T	(1) 11	1	0...2048	сутки
F _T	(1) 4	(см. Табл. 4.4)		
n	(1) 5	1	0...31	безразмерная
$\Delta\tau_n$	(2) 5	2 ⁻³⁰	±13,97*10 ⁻⁹	с
E _n	5	1	0...31	сутки
P1	2	(см. Табл. 4.3)		
P2	1	1	0;1	безразмерная
P3	1	1	0;1	безразмерная
P4	(1) 1	1	0;1	безразмерная
I _n	(1) 1	1	0;1	безразмерная



Примечание. Передача обновленной эфемеридной и частотно-временной информации осуществляется только после окончания текущего интервала t_b , на котором произошла закладка ПКУ новых данных.

Слово P2 – признак нечетности ("1") или четности ("0") числового значения слова t_b (для интервалов 30 или 60 минут);

Слово N_T – текущая дата, календарный номер суток внутри четырехлетнего интервала, начиная с 1-го января високосного года⁽¹⁾.

Слово n – номер НКА, излучающего данный навигационный сигнал⁽¹⁾ и соответствующий его рабочей точке внутри орбитальной группировки ГЛОНАСС;

Слово F_T – фактор точности измерений, характеризующий в виде эквивалентной ошибки прогнозируемую ошибку измерения псевдодальности, обусловленную набором данных (эфемеридная и частотно-временная информация), излучаемых в навигационном сообщении на момент времени t_b (см. таблицу 16.4)⁽¹⁾;

Таблица 16.4 – Значения слова FT

Значения слова F_T	Точность измерений σ , м
0	1
1	2
2	2,5
3	4
4	5
5	7
6	10
7	12
8	14
9	16
10	32
11	64
12	128
13	256
14	512
15	не используется

Слово $\Delta\tau_n$ – смещение излучаемого навигационного радиосигнала поддиапазона L2 относительно навигационного радиосигнала поддиапазона L1 для n-го НКА.

$$\Delta\tau_n = t_{f2} - t_{f1},$$

где t_{f1}, t_{f2} – аппаратные задержки в соответствующих поддиапазонах, выраженные в единицах времени;

части корпуса 3 установлены два разъема 14.

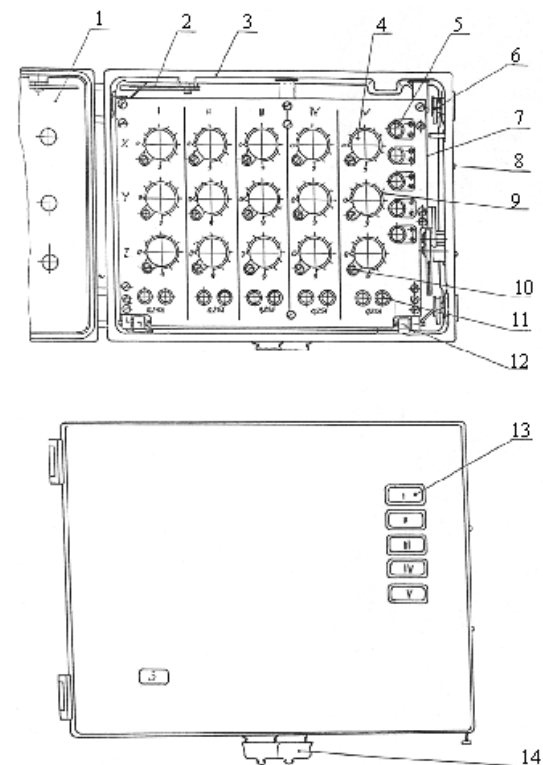


Рисунок 10.9 – Общий вид прибора 3

10.7.9. Общий вид прибора 3И показан на рисунке 10.10. Через прибор 3И осуществляется питание компаса от бортовой сети 220 В 50 Гц или от аварийной сети 24 В постоянного тока. В приборе 3И размещены также элементы коммутации приборов 10, РА, РЦ.

10.8. Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены магнитные компасы серии УКПМ?
2. На чем основан принцип действия магнитного компаса?
3. Для чего служит кардановый подвес?
4. Для чего служит компенсатор электромагнитной девиации?
5. Для чего служит прибор 3И?



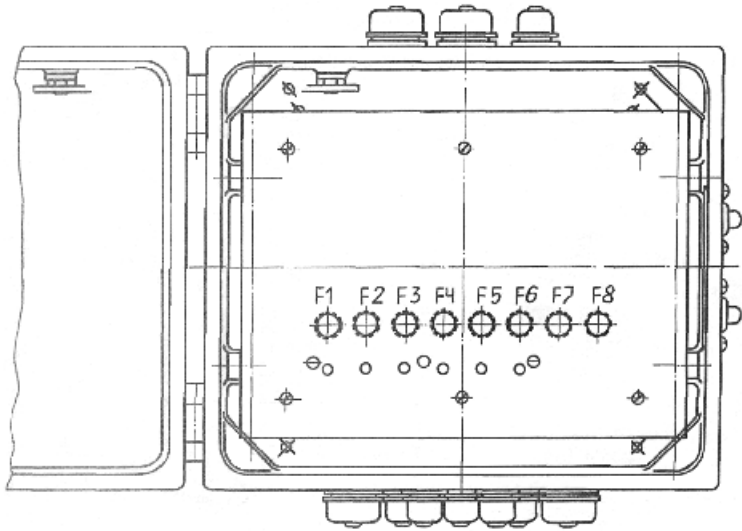


Рисунок 10.10 – Общий вид прибора ЗИ

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11
ПРИБОР 10, РЕПИТЕРЫ

11.1. Цель занятия: Ознакомиться с назначением, техническими данными, устройством и работой прибора 10 и репитеров.

11.2. Назначение прибора 10

Общий вид прибора 10 показан на рисунке 11.1.

Прибор 10 может быть использован на судах морского и речного флота в составе навигационного оборудования в качестве преобразователя информации магнитного компаса КМ 145-М и УКПМ-М и для трансляции значения курса.

Прибор используется в условиях внешних воздействующих факторов:

- пониженной температуры окружающей среды до минус 15° С;
- повышенной температуры окружающей среды до 55° С;
- синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 2 до 100 Гц с ускорением до 7 м/с2 .

Таблица 16.2 – Погрешности передаваемых координат и скорости НКА

Составляющая погрешности	СКО погрешности определения			
	местоположения (м)		скорости (см/с)	
	ГЛОНАСС	ГЛОНАСС-М	ГЛОНАСС	ГЛОНАСС-М
НКА				
Вдоль орбиты	20	7	0,05	0,03
По бинормали к орбите	10	7	0,1	0,03
По радиус-вектору	5	1,5	0,3	0,2

Таблица 16.3 – Значения слова P1

Значение слова P1	Величина интервала времени между значениями слова t _p , мин
00	0
01	30
10	45
11	60



Слово t_k – время начала кадра внутри текущих суток, исчисляемое в шкале бортового времени. В 5 старших разрядах записывается количество целых часов, прошедших с начала текущих суток. В 6 средних разрядах записывается количество целых минут, а в младшем разряде – количество 30-секундных интервалов, прошедших с начала текущей минуты.

Начало суток по бортовому времени спутника совпадает с началом очередного суперкадра;

Слово B_n – признак достоверности кадра n-го НКА. Аппаратурой потребителя анализируется только старший разряд этого слова, "1" в котором обозначает факт непригодности данного спутника для проведения сеансов измерений. Второй и третий разряды этого слова аппаратурой потребителя не анализируются;

Слово t_b – порядковый номер временного интервала внутри текущих суток по шкале системного времени ГЛОНАСС, к середине которого относится передаваемая в кадре оперативная информация. Длительность данного временного интервала и, следовательно, максимальное значение слова t_b определяются значением слова P1;

Слово P – признак режима работы НКА по ЧВИ⁽¹⁾. Значения признака следующие:

- 00 – ретрансляция параметра τ_c , ретрансляция параметра τ_{GPS} ;
- 01 – ретрансляция параметра τ_c , размножение параметра τ_{GPS} на борту НКА;
- 10 – размножение параметра τ_c на борту НКА, ретрансляция параметра τ_{GPS} ;
- 11 – размножение параметра τ_c на борту НКА, размножение параметра τ_{GPS} на борту НКА.

Слово P1 – признак смены оперативной информации; признак сообщает величину интервала времени между значениями t_b (мин) в данном и предыдущем кадрах, как показано в таблице 16.3;

Слово P3 – признак, состояние "1" которого означает, что в данном кадре передается альманах для 5-ти спутников системы, а состояние "0" означает, что в данном кадре передается альманах для 4-х спутников;

Слово P4 – признак того, что на текущем интервале времени t_b средствами ПКУ на НКА заложена (1) или не заложена (0) обновленная эфемеридная или частотно-временная информация⁽¹⁾.



Рисунок 11.1 – Общий вид прибора 10

Прибор выполняет свои функции и сохраняет свои параметры после воздействия внешних факторов:

- пониженной предельной температуры среды до минус 60° С;
- повышенной предельной температуры среды до 70° С;
- повышенной относительной влажности до 98 % при температуре 40° С;
- механического удара с пиковым ускорением до 100 м/с² и длительностью импульса от 10 до 15 мс.

11.3. Технические данные прибора 10

Прибор измеряет компасный курс по феррозонду прибора 52, корректирует нелинейность феррозонда и вычисляет некомпенсированную девиацию по таблицам, введенным в него.

Прибор передает информацию по интерфейсу RS232/422 в стандарте IEC 1162-1 версии 1,5.

Формат сообщения:

\$HCHDT,hhh.h,T<CR><LF>

\$HCHDG,mmm.m,dd.d,ss.s,s<CR><LF>

где



\$-признак начала предложения;
 HC-идентификатор магнитного компаса;
 HDT-идентификатор истинного курса;
 HDG-идентификатор магнитного курса;
 , -разделитель полей;
 hhh.h-значение истинного курса;
 mmm.m-значение магнитного курса;
 dd.d,d-значение девиации на данном курсе;
 ss.s,s – значение склонения;
 <CR><LF>-конец предложения.

Яркость свечения индикаторов регулируется.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением (220 ± 22) В, частотой (50 ± 3) Гц и сети постоянного тока $(24 \pm 2,4)$ В.

Имеется встроенный тест-контроль.

Потребляемая мощность составляет не более 10 Вт.

Масса прибора составляет не более 3,5 кг.

11.4. Принцип действия прибора 10

Прибор формирует напряжение для возбуждения феррозондов, преобразует сигналы феррозондов и автоматически вычисляет значения магнитного (K_M) и истинного (K) курсов. При этом он обеспечивает ручной ввод величины магнитного склонения Δ и дискретных значений остаточной девиации δ_d для задаваемых с шагом 15° узловых значений магнитного курса. Значения Δ и δ_d сохраняются в энергонезависимой (FLASH) памяти прибора, благодаря чему значения курсов могут вычисляться с учетом данных таблицы девиации, как

$$K_M(\delta) = K_M + \delta,$$

$$K(\delta) = K_M + \Delta + \delta,$$

где δ – кусочно-линейная функция, определяемая прибором по дискретным значениям δ_d .

Значения Δ и δ_d вводятся и изменяются с помощью соответствующих кнопок, расположенных на передней панели прибора. В зависимости от режима работы на цифровом табло прибора высвечиваются значения K , K_M , $K(\delta)$, $K_M(\delta)$, Δ или δ_d .

Информация об истинном и магнитном курсе выдается потребителям по интерфейсам RS232 и RS422 стандарта IEC 1162-1.

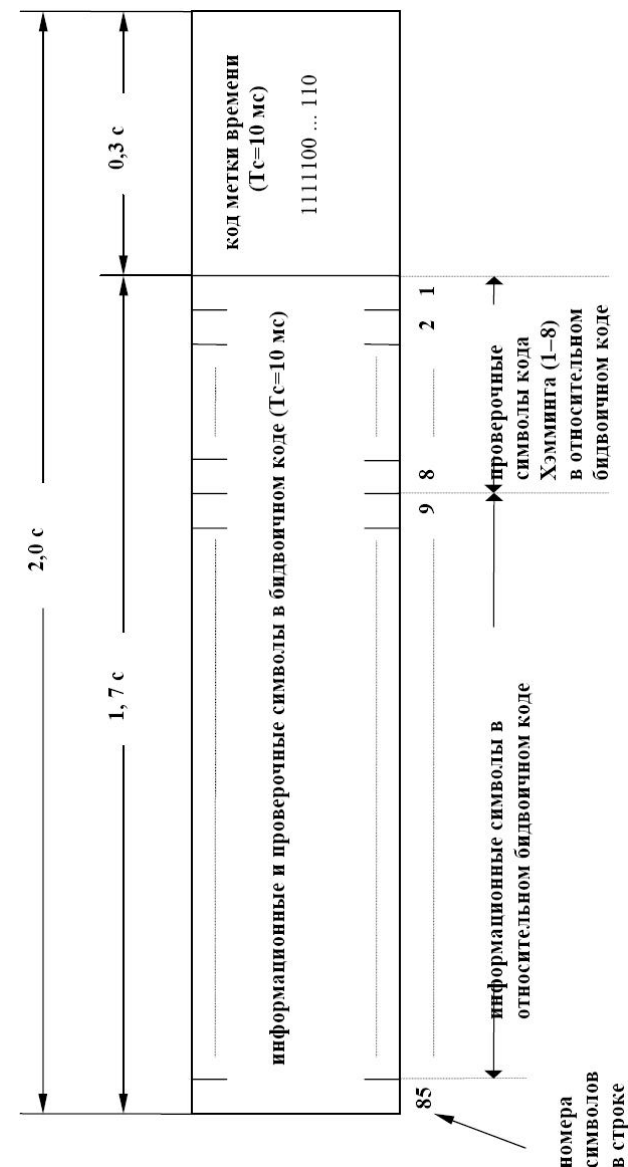


Рисунок 16.3. Структура информационной строки



Рисунок 16.2.б) – Структура навигационных кадров, 5-й кадр суперкадра

Конструктивно прибор выполнен в виде литой коробки (рисунок 11.2). На передней панели расположены цифровые индикаторы красного свечения, предназначенные для индикации информации (три больших разряда для целой части значений углов и один маленький для десятых долей значений углов).

Справа имеется кнопка для регулировки яркости свечения индикаторов, слева имеется кнопка для высвечивания курса истинного или магнитного и соответствующие индикаторы. Индикатор магнитного курса (загорается, когда на индикаторах высвечивается магнитный курс) и индикатор истинного курса (загорается, когда на индикаторах высвечивается истинный курс).

Под крышкой имеется кнопка «Девияция», при нажатии и удержании которой, на индикаторе отображается либо значение курса из таблицы девиации, при этом индикатор «Девияция» не светится, либо значение девиации, соответствующее указанному выше курсу, при этом индикатор «Девияция» светится. Курс и девиация чередуются при нажатиях кнопки и соответствуют друг другу. Изменение курса, то есть перемещение по таблице девиации, происходит при нажатии кнопок приращения «+» и уменьшения «-» в случае индикации курса. Изменение значения девиации происходит при нажатии кнопок «+» или «-» в случае индикации девиации.

Для того, чтобы сохранить введенную остаточную девиацию в памяти прибора, необходимо нажать и удерживать кнопку «Девиация» в течение 4-8 сек.

Под крышкой имеется кнопка «Склонение», при нажатии которой загорается соответствующий индикатор «Склонение», на цифровом табло прибора высвечивается значение магнитного склонения. Изменение значения магнитного склонения производится нажатием кнопок «+» или «-».

При подготовке к работе необходимо подать напряжение питания на прибор включением тумблера на приборе ЗИ. Далее прибор работает в режиме индикации истинного курса.

Ввод дискретных значений остаточной девиации δ_d для задаваемых с шагом 15° узловых значений магнитного курса производится согласно п. 11.5.



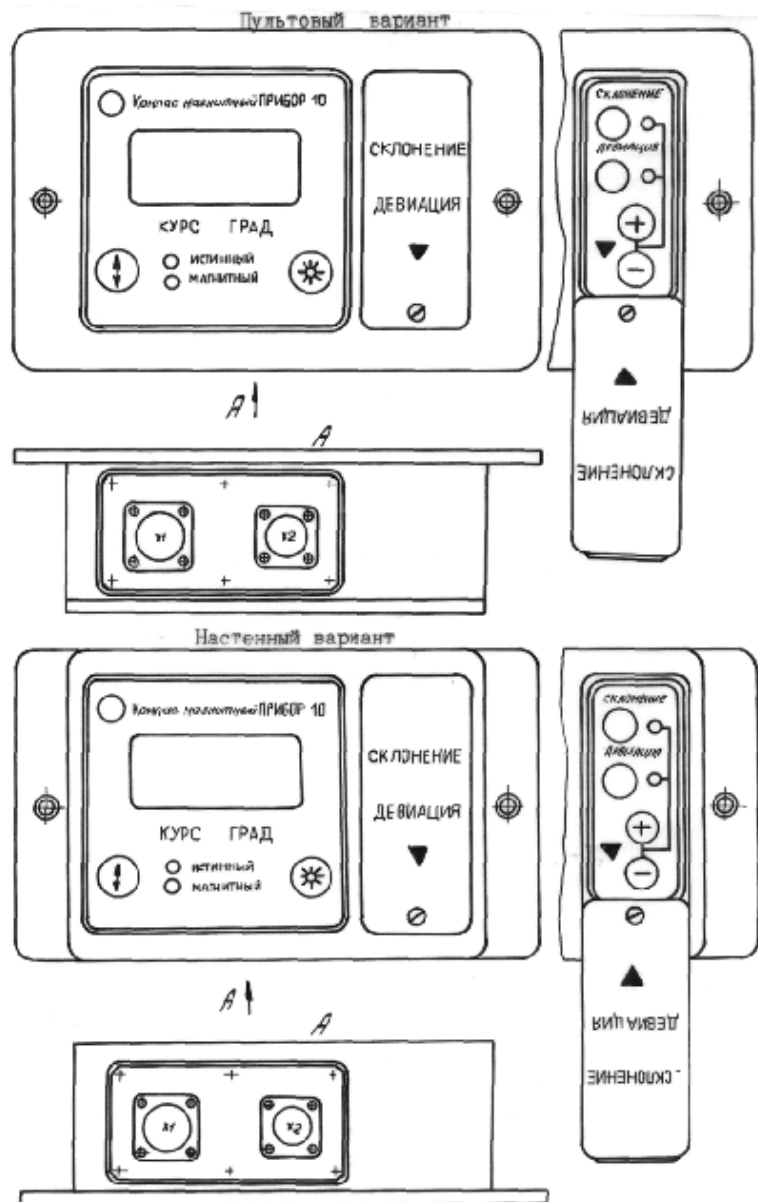


Рисунок 11.2 – Конструкция прибора 10

№ Сгрупп (P_2^1)	m^4	$\overset{2}{p_1}$	t_k	$x_n''(t_k)$	$x_n''(t_k)$	$x_n''(t_k)$	KX	MB
	m^4	B_2	t_k	$y_n''(t_k)$	$y_n''(t_k)$	$y_n''(t_k)$	KX	MB
(P_2^1)	m^4	$\gamma_n(t_k)$	t_k	$z_n''(t_k)$	$z_n''(t_k)$	$z_n''(t_k)$	KX	MB
	m^4	$\gamma_n(t_k)$	t_k	$z_n''(t_k)$	$z_n''(t_k)$	$z_n''(t_k)$	KX	MB
4	m^4	Δt_n	E_n	Δt_n	E_n	Δt_n	KX	MB
	m^4	Δt_n	E_n	Δt_n	E_n	Δt_n	KX	MB
5	m^4	N^A	t_c	Δt_n	E_n	Δt_n	KX	MB
	m^4	N^A	t_c	Δt_n	E_n	Δt_n	KX	MB
6	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
7	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB
	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB
8	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
9	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB
	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB
10	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
11	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB
	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB
12	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
13	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB
	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB
14	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
	m^4	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	t_n^A	λ_n^A	KX	MB
15	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB
	m^4	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	t_n^A	ω_n^A	KX	MB

16.4.3. Структура информационной строки в кадре. Информационная строка является структурным элементом навигационного кадра. Структура информационной строки показана на рисунке 16.3. Каждая строка содержит двоичные символы ЦИ и метку времени. Длительность строки ЦИ равна 2 с, и из них 0,3 с в конце строки занимает МВ в виде укороченной ПС последовательности ПСПМВ, состоящей из 30-ти символов длительностью 10 мс. Остальную часть строки (1,7 с) занимает собственно ЦИ с символьной частотой 50 Гц, сложенная по модулю два с меандром двойной символьной частоты 100 Гц (бидвоичный код). Таким образом, каждая строка содержит 85 двоичных символов ЦИ. Нумерация позиций символов в строке осуществляется справа налево. Наряду с информационными символами (позиции 84-9) в каждой строке ЦИ передаются 8 проверочных символов (позиции 1-8) кода Хемминга (КХ), позволяющие производить проверку достоверности символов ЦИ в строке. Код Хемминга имеет кодовое расстояние равное четырем. Разделение строк ЦИ осуществляется с помощью меток времени (МВ). Слова ЦИ записываются старшими разрядами слева. Передача ЦИ осуществляется старшими разрядами вперед. В каждой строке последний символ (85-я позиция) является "холостым", он необходим для реализации последовательного относительного кода при передаче ЦИ по радиолинии. В качестве "холостого" символа принят "0".

16.5. Оперативная информация навигационного сообщения и эфемериды НКА

Количество разрядов, цена младшего разряда, диапазон значений и единицы измерения параметров эфемерид приведены в таблице 16.5. В словах, числовые значения которых могут принимать положительные и отрицательные значения, старший разряд является знаковым, символ "0" соответствует знаку "плюс", а символ "1" - знаку "минус".

Параметры эфемерид НКА периодически определяются подсистемой контроля и управления и закладываются на все спутники системы.

Среднеквадратические значения погрешностей передаваемых местоположения и скорости спутников в орбитальной системе координат при суточном прогнозе приведены в таблице 16.2.

Разрядность, единицы измерения и диапазон значений слов оперативной информации навигационного сообщения представлены в таблице 16.5.

Ниже приводятся буквенные обозначения слов оперативной информации, и поясняется их смысловое содержание.

Слово *m* - номер строки в навигационном кадре;

11.8. Ввод склонения

Прибор позволяет в условиях эксплуатации корректировать магнитное склонение (поправку для получения истинного курса по магнитному курсу). Коррекция производится следующим образом.

Для ввода склонения в прибор 10 необходимо нажать кнопку «Склонение», при этом загорится индикатор «Склонение». Кнопками «+» и «-» ввести склонение. Для сохранения склонения в памяти прибора нажать кнопку «Склонение», при этом индикатор погаснет.

11.9. Назначение репитера аналогового

Общий вид репитера аналогового (РА) показан на рисунке 11.3.



Рисунок 11.3 – Репитер аналоговый

Репитер может быть использован на судах морского и речного флота в составе навигационного оборудования в качестве повторителя информации с магнитного компаса КМ 145-М и УКПМ-М.

Репитер используется в условиях внешних воздействующих факторов:

- пониженной температуры окружающей среды до минус 15° С;
- повышенной температуры окружающей среды до 55° С;



– синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 2 до 100 Гц с ускорением до 7 м/с².

Репитер выполняет свои функции и сохраняет свои параметры после воздействия внешних факторов:

- пониженной предельной температуры среды до минус 60° С;
- повышенной предельной температуры среды до 70° С;
- повышенной относительной влажности до 98 % при температуре 40° С;
- механического удара с пиковым ускорением до 100 м/с² и длительностью импульса от 10 до 15 мс.

11.10. Технические данные РА

Репитер принимает информацию по интерфейсу RS232/422 в стандарте IEC1162-1 версии 1,5 и выше.

Параметры принимаемого сообщения:

- скорость приема – 4800 бод;
- количество значащих разрядов – 8;
- контроль по четности – отсутствует;
- стоп-бит – 1.

Все передаваемые данные интерпретируются как знаки ASCII.

Формат сообщения:

\$??HDT,XXX.X,T<CR><LF> ,

где

\$ – признак начала предложения;

– ?? – идентификатор (для магнитного компаса НС);

– HDT – текущий курс;

– , – разделитель полей;

– XXX.X,T – значение истинного курса;

– <CR><LF> – конец предложения.

Погрешность отображения информации не более 0,2°.

Яркость подсветки шкалы регулируется.

Питание репитера осуществляется от сети постоянного тока напряжением (24,0) В.

Имеется встроенный тест-контроль.

Потребляемая мощность составляет не более 7 Вт.

Масса прибора составляет не более 3 кг.

11.11. Принцип действия РА

Информация о курсе поступает на вход репитера в интерфейсе RS232/422 стандарта IEC 1162-1.

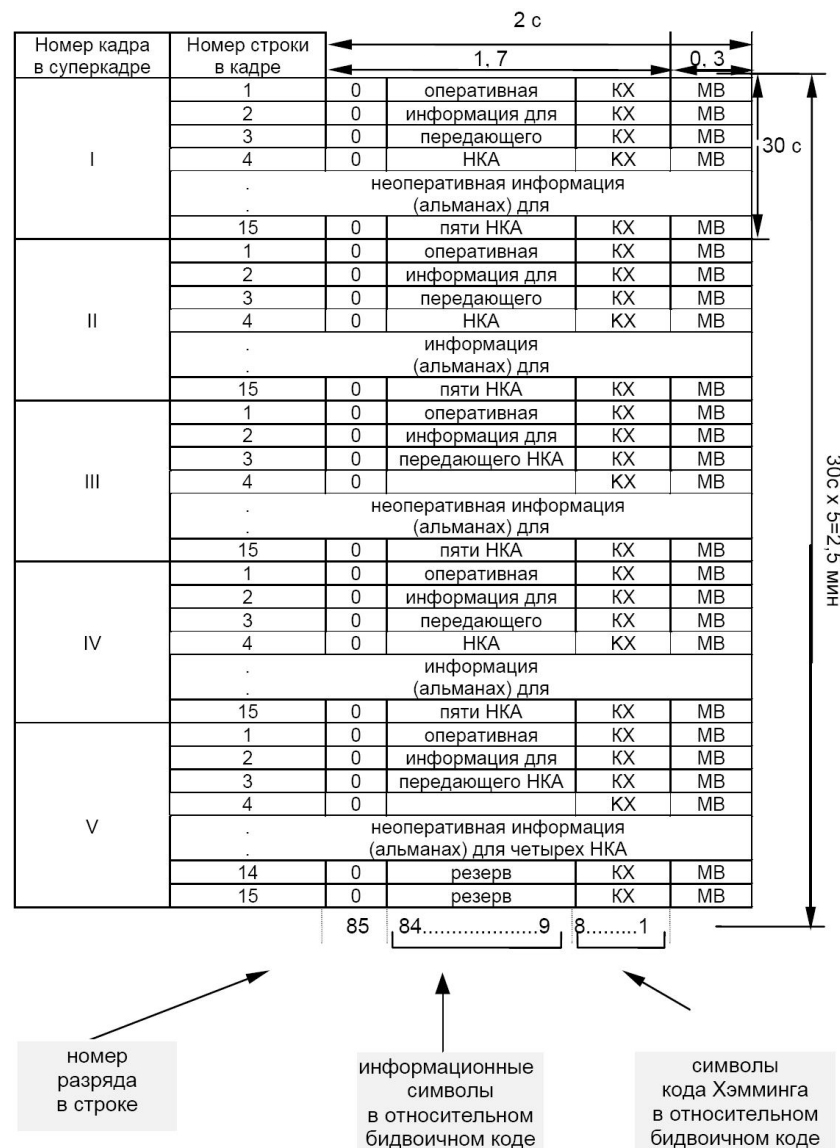


Рисунок 16.1 – Структура суперкадра навигационного сообщения ГЛОНАСС



Границы строк, кадров и суперкадров различных НКА синхронны с погрешностью не более 2 мс.

16.4.1. Структура суперкадра. Суперкадр имеет длительность 2,5 мин и состоит из 5 кадров длительностью 30 с. Каждый кадр состоит из 15 строк длительностью 2 с.

В пределах каждого суперкадра передается полный объем неоперативной информации (альманах) для всех 24 НКА системы ГЛОНАСС.

На рисунке 16.1. приведена структура суперкадра с указанием номеров кадров в суперкадре и номеров строк в кадрах.

16.4.2. Структура кадра. Навигационный кадр является частью суперкадра. Каждый навигационный кадр имеет длительность 30 с и состоит из пятнадцати строк длительностью 2 с каждая.

В пределах каждого кадра передается полный объем оперативной ЦИ для данного НКА и часть неоперативной ЦИ.

На рисунке 16.2 показана структура кадра в суперкадре.

Навигационные кадры с первого по четвертый идентичны. Заштрихованные области на рисунке, изображающем навигационный кадр, представляют собой резерв, предусмотренный на случай изменений и дополнений в структуре навигационного сообщения.

В каждом кадре суперкадра информация, содержащаяся в строках с первой по четвертую, относится к тому спутнику, с которого она поступает (оперативная информация). Эта информация в пределах суперкадра не меняется.

Строки с шестой по пятнадцатую каждого кадра заняты неоперативной информацией (альманах) для 24-х спутников системы: по пяти спутникам в кадрах с первого по четвертый и по четырем спутникам в пятом кадре. Неоперативная информация (альманах) для одного спутника занимает две строки. Информация пятой строки в кадре относится к неоперативной информации и повторяется в каждом кадре суперкадра.

Альманах системы ГЛОНАСС, передаваемый в пределах суперкадра, распределяется по навигационным кадрам как показано в таблице 16.1.

Таблица 16.1 – Распределение альманаха системы ГЛОНАСС по кадрам суперкадра

Номер кадра в суперкадре	Номера НКА, для которых в данном кадре передается альманах
1	1 – 5
2	6 – 10
3	11 – 15
4	16 – 20
5	21 – 24

Входной сигнал поступает на схему согласования и развязки, после чего происходит его преобразование контроллером АТ89С51. Контроллер выполняет следующие функции:

- принимает информацию о курсе;
- анализирует поступившую информацию на правильность структуры входного предложения;
- преобразует последовательный код входного сигнала в сигналы управления шаговым двигателем;
- анализирует состояния датчиков грубого и точного отсчета (установка нулевого положения);
- обрабатывает сигналы, поступающие от кнопки регулировки яркости, подсветки шкалы.

Затем сигналы управления шаговым двигателем усиливаются и поступают на двигатель.

11.12. Конструкция РА

Конструктивно репитер выполнен в виде литой коробки (рисунок 11.4). На передней панели расположены круглая двухотсчетная шкала и индекс для снятия отсчета курса.

Справа имеется кнопка для регулировки яркости подсветки шкалы.

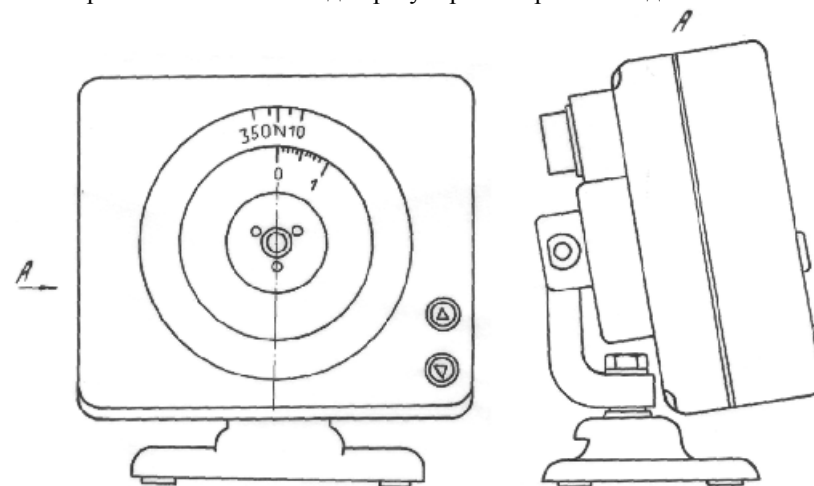


Рисунок 11.4 – Конструкция РА

11.13. Подготовка к работе и порядок работы

При подготовке к работе необходимо подать напряжение питания на репитер, после чего происходит автоматическое тестирование репитера,



а именно: шкала должна вернуться в исходное состояние (курс 0°) против часовой стрелки.

После окончания тестирования репитер отображает курсовую информацию.

11.14. Назначение репитера цифрового

Общий вид репитера цифрового (РЦ) показан на рисунке 11.5.



Рисунок 11.5 – Общий вид РЦ

Репитер может быть использован на судах морского и речного флота в составе навигационного оборудования в качестве повторителя информации с магнитного компаса КМ 145-М и УКПМ-М.

Репитер используется в условиях внешних воздействующих факторов:

- пониженной температуры окружающей среды до минус 15° С;
- повышенной температуры окружающей среды до 55° С;
- синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 2 до 100 Гц с ускорением до 7 м/с².

Репитер выполняет свои функции и сохраняет свои параметры после воздействия внешних факторов:

- пониженной предельной температуры среды до минус 60° С;
- повышенной предельной температуры среды до 70° С;

7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16 СТРУКТУРА НАВИГАЦИОННОГО СООБЩЕНИЯ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

16.1. Цель занятия: Ознакомиться со смысловым содержанием и форматом навигационного сообщения, передаваемого НКА ГЛОНАСС и ГЛОНАСС-М в навигационном радиосигнале.

16.2. Назначение навигационного сообщения

Передаваемое в навигационных радиосигналах НКА ГЛОНАСС и ГЛОНАСС-М навигационное сообщение предназначено для проведения потребителями навигационных определений, привязки к точному времени и для планирования сеансов навигации.

16.3. Содержание навигационного сообщения

По своему содержанию навигационное сообщение подразделяется на оперативную и неоперативную информацию.

Оперативная информация относится к тому НКА, с борта которого передается данный навигационный радиосигнал и содержит:

- оцифровку меток времени НКА;
- сдвиг шкалы времени НКА относительно шкалы времени системы ГЛОНАСС;
- относительное отличие несущей частоты излучаемого навигационного радиосигнала от номинального значения;
- эфемериды НКА и другие параметры.

Неоперативная информация содержит альманах системы, включающий в себя:

- данные о состоянии всех НКА системы (альманах состояния);
- сдвиг шкалы времени каждого НКА относительно шкалы времени системы ГЛОНАСС (альманах фаз);
- параметры орбит всех НКА системы (альманах орбит);
- сдвиг шкалы времени системы ГЛОНАСС относительно UTC(SU) и другие параметры.

16.4. Структура навигационного сообщения

Навигационное сообщение передается в виде потока цифровой информации, закодированной по коду Хемминга и преобразованной в относительный код. Структурно поток ЦИ формируется в виде непрерывно повторяющихся суперкадров. Суперкадр состоит из нескольких кадров, кадр состоит из нескольких строк ЦИ.



Геодезические координаты точки в системе координат ПЗ-90 относятся к эллипсоиду, значения большой полуоси и полярного сжатия которого даны в таблице 15.1.

Геодезическая широта В точки М определяется как угол между нормалью к поверхности эллипсоида и плоскостью экватора.

Геодезическая долгота L точки М определяется как угол между плоскостью нулевого меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через точку М. Положительное направление счета долгот - от нулевого меридиана к востоку.

Геодезическая высота Н определяется как расстояние по нормали от поверхности эллипсоида до точки М.

Фундаментальные геодезические константы и основные параметры общеземного эллипсоида, принятые в системе координат ПЗ-90 приведены в таблице 15.1.

Таблица 15.1 – Геодезические константы и параметры общеземного эллипсоида ПЗ-90

Угловая скорость вращения Земли	$7,292115 \times 10^{-5}$ радиан/с
Геоцентрическая константа гравитационного поля Земли с учетом атмосферы	$398\,600,44 \times 10^9$ м ³ /с ²
Геоцентрическая константа гравитационного поля атмосферы Земли (fM_a)	$0,35 \times 10^9$ м ³ /с ²
Скорость света	299 792 458 м/с
Большая полуось эллипсоида	6 378 136 м
Коэффициент сжатия эллипсоида	1/298,257 839 303
Гравитационное ускорение на экваторе Земли	978 032,8 мгал
Поправка к гравитационному ускорению на уровне моря, обусловленная влиянием атмосферы Земли	-0,9 мгал
Вторая зональная гармоника геопотенциала (J_2^0)	$1082625,7 \times 10^{-9}$
Четвертая зональная гармоника геопотенциала (J_4^0)	$(-2370,9 \times 10^{-9})$
Нормальный потенциал на поверхности общеземного эллипсоида (U_0)	$62\,636\,861,074$ м ² /с ²

15.5. Контрольные вопросы

1. Как формируется модулирующая последовательность в системе ГЛОНАСС?
2. Как формируется ПС дальномерный код?
3. Как формируется навигационное сообщение?
4. Какой стандарт частоты используется для формирования системного времени в ГЛОНАСС?
5. Опишите систему координат, используемую в ГЛОНАСС.

– повышенной относительной влажности до 98 % при температуре 40°С;

– механического удара с пиковым ускорением до 100 м/с² и длительностью импульса от 10 до 15 мс.

11.15. Технические данные РЦ

Репитер принимает информацию по интерфейсу RS232/422 в стандарте IEC1162-1 версии 1,5 и выше.

Параметры принимаемого сообщения:

- скорость приема – 4800 бод;
- количество значащих разрядов – 8;
- контроль по четности – отсутствует;
- стоп-бит – один.

Все передаваемые данные интерпретируются как знаки ASCII.

Формат сообщения:

\$\$HDT,XXX.X,T<CR><LF> ,

где

\$ -признак начала предложения;

– ?? – идентификатор (для магнитного компаса НС);

– HDT – текущий курс;

– , -разделитель полей;

– XXX.X,T – значение истинного курса;

– <CR><LF> -конец предложения.

Погрешность отображения информации не более 0,1°.

Яркость свечения индикаторов регулируется.

Питание репитера осуществляется от сети постоянного тока напряжением (24,0) В.

Имеется встроенный тест-контроль.

Потребляемая мощность составляет не более 3,5 Вт.

Масса прибора составляет не более 1,2 кг.

11.16. Принцип действия РЦ

Информация о курсе поступает на вход репитера в интерфейсе RS232/422 стандарта IEC 1162-1.

Входной сигнал поступает на схему согласования и развязки, после чего происходит его преобразование встроенным вычислителем. Вычислитель выполняет следующие функции:

- принимает информацию о курсе;
- анализирует поступившую информацию на правильность структуры входного предложения;



- преобразует последовательный код входного сигнала в знаковосинтезированный;
- обрабатывает сигналы, поступающие от кнопок регулировки яркости;
- управляет работой индикаторов.

11.17. Конструкция РЦ

Конструктивно репитер выполнен в виде литой коробки (рисунок 11.5). На передней панели расположены цифровые индикаторы красного свечения, предназначенные для индикации курса (три больших разряда и один маленький).

Справа имеется одна кнопка для регулировки яркости свечения индикаторов.

11.18. Подготовка к работе и порядок работы

При подготовке к работе необходимо подать напряжение питания на репитер, после чего происходит автоматическое тестирование репитера, а именно: поочередное и параллельное загорание сегментов цифровых индикаторов. Все цифровые индикаторы проверяются одновременно.

По окончании тестирования репитер работает в режиме индикации. Цифровые индикаторы отображают курсовую информацию.

11.19. Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен прибор 10?
2. В каком формате передается потребителям информация от прибора 10?
3. Какие напряжения питания подводятся к прибору 10?
4. Для чего предназначены репитеры?
5. В каком формате репитеры принимают информацию?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов В.В. Технические средства судовождения. Конструкция и эксплуатация/ В.В. Воронов, В.К. Перфильев, А.В. Яловенко. – М.: Транспорт, 1988. – 320 с.
2. Технические средства судовождения. В 2 т. Т. 2. Конструкция и эксплуатация/ Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.К. Перфильев, В.В. Воронов. - СПб.: Элмор, 2000. – 656 с.

При коррекции UTC, в соответствии с рекомендациями ВИН/ВІМР, проводится одновременная коррекция системного времени ГЛОНАСС путем соответствующего изменения оцифровки последовательности секунд импульсов бортовых часов всех спутников ГЛОНАСС. При этом метка времени строки навигационного кадра ГЛОНАСС (передаваемая каждые 2 секунды) изменяет свое положение (на непрерывной шкале времени) для синхронизации с 2-секундной эпохой скорректированной шкалы UTC. Это изменение происходит в 00 часов 00 минут 00 секунд UTC.

В результате периодического проведения плановой секундной коррекции, между системным временем ГЛОНАСС и UTC(SU) не существует сдвига на целое число секунд. Однако, между системным временем ГЛОНАСС и UTC(SU) существует постоянный сдвиг на целое число часов, обусловленный особенностями функционирования ПКУ:

$$t_{\text{ГЛОНАСС}} = \text{UTC}(\text{SU}) + 03 \text{ час } 00 \text{ мин}$$

Для вычисления эфемерид НКА на момент измерений навигационных параметров используются следующие соотношения для определения времени в шкале UTC(SU):

$$t_{\text{UTC(SU)}} + 03 \text{ час } 00 \text{ мин} = t + \tau_c + \tau_n(t_b) - \gamma_n(t_b)(t - t_b)$$

где t - время излучения сигнала по бортовой шкале времени (параметры $\tau_n, t_b, \gamma_n, \tau_c$, будут рассмотрены на следующем практическом занятии).

Спутники ГЛОНАСС-М передают коэффициенты В1 и В2 для перехода к шкале всемирного времени UT1 и поправку τ_{GPS} для перехода к шкале времени системы GPS.

Точность определения поправки τ_{GPS} составляет не хуже 30 нс (среднеквадратическое значение).

15.4 Система координат

Передаваемые каждым НКА системы ГЛОНАСС в составе оперативной информации эфемериды описывают положение фазового центра передающей антенны данного НКА в связанной с Землей геоцентрической системе координат ПЗ-90, определяемой следующим образом:

Начало координат расположено в центре масс Земли;

Ось Z направлена на Условный полюс Земли, как определено в рекомендации Международной службы вращения Земли (IERS);

Ось X направлена в точку пересечения плоскости экватора и нулевого меридиана, определенного Международным бюро времени (ВІН);

Ось Y дополняет геоцентрическую прямоугольную систему координат до правой.



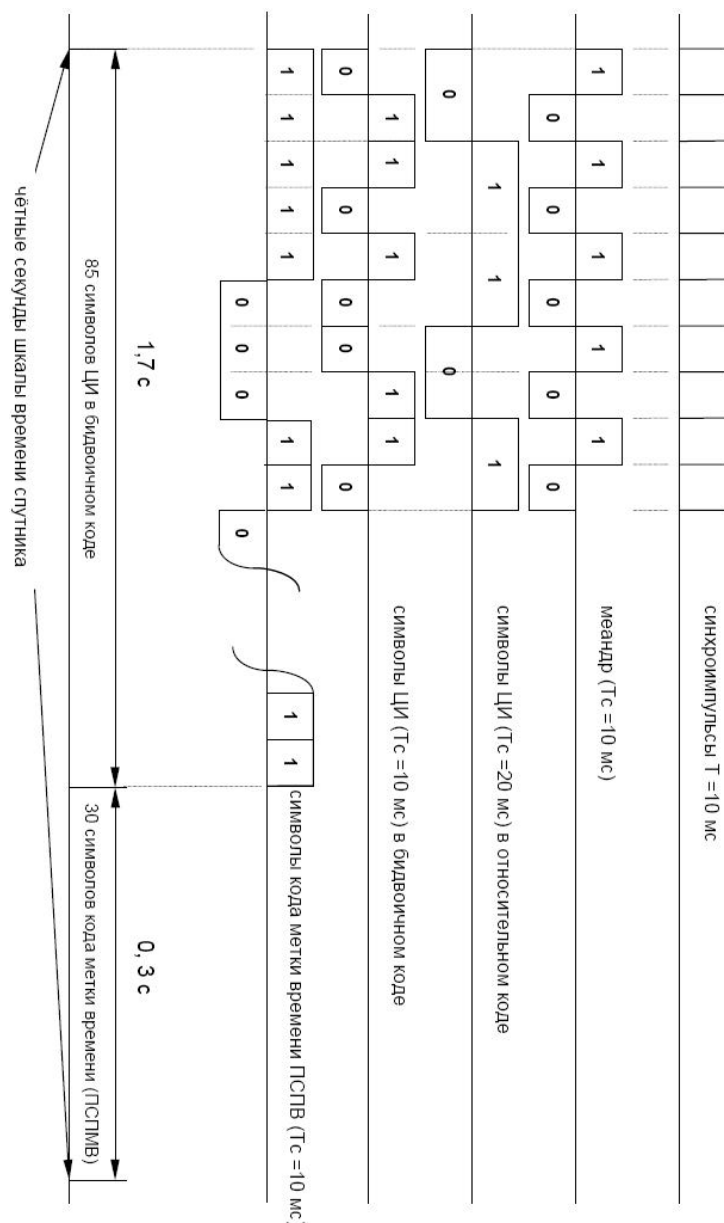


Рисунок 15.5 – Формирование последовательности данных в процессоре спутника

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12 АВТОРУЛЕВОЙ ANSCHUTZ NAUTOPILOT D

12.1. Цель занятия: Ознакомиться с назначением и панелью управления современного авторулевого ANSCHUTZ NAUTOPILOT D (Германия)

12.2. Назначение авторулевого

Авторулевой - прибор, предназначенный для автоматического управления судовым рулевым приводом и, следовательно, автоматически, без участия рулевого матроса, удерживающий судно на заданном курсе. Авторулевой также производит повороты и изменения курса на заданную величину. В соответствии с полученным от датчика авторулевого сигналом рулевой привод совершает переkladку руля на определенный угол в сторону, противоположную уходу судна с курса. Как только судно начнет возвращаться на заданный курс, авторулевой отведёт руль, затем, удерживая его, переложит руль в противоположную сторону. Основной режим работы авторулевого - автоматический.

NAUTOPILOT D позволяет совершать следующие виды операций:

- управление курсом судна по гирокомпасу;
- управление курсом судна по магнитному компасу;
- изменение курса с заданной угловой скоростью.

Авторулевой взаимодействует с рулевым устройством в следящем режиме, но допускает также использование тиллера, работающего в не-следящем режиме. Поэтому для включения авторулевого используется переключатель на панели управления рулевым устройством.

Авторулевой имеет следующие органы управления:

- мембранные кнопки для выбора режимов работы и настроечных функций;
- большую вращающуюся рукоятку для установки требуемого курса, ограничений переkladки руля и т.п.

На панели авторулевого имеются следующие индикаторы:

- 4-х значный дисплей текущего значения курса;
- 4-х значный дисплей заданного курса; сегментный индикатор ухода с курса;
- несколько подсвечиваемых круглых индикаторов алармов и предупреждений.

Последние дублируются также звуковыми сигналами.

12.3. Панель управления авторулевым

Панель управления авторулевым ANSCHUTZ NAUTOPILOT D, по-



казана на рисунке 12.1.

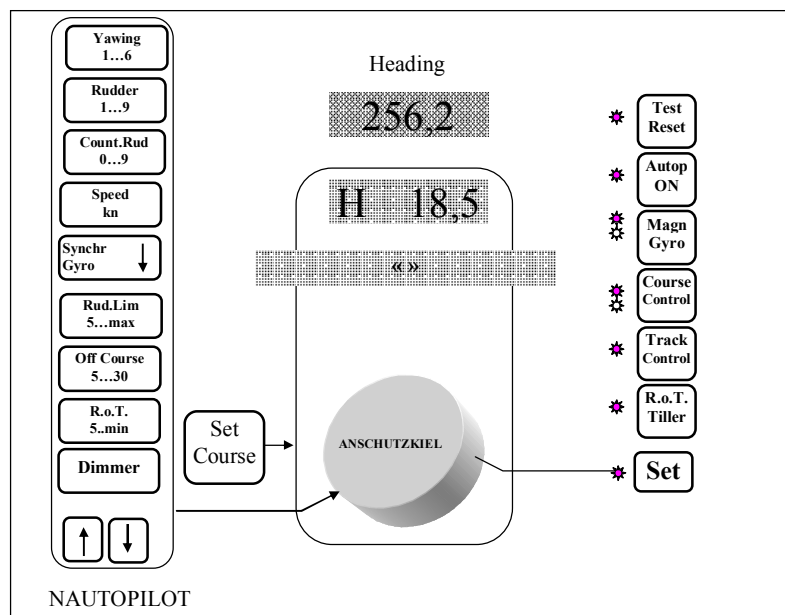


Рисунок 12.1 – Внешний вид панели авторулевого

12.4. Рабочие режимы

12.4.1. Операция управления следящего/неследящего режима.

При этом виде операции, положение руля предварительно выбирается или регулируется положениями штурвала или тиллера. При следящем режиме управления руль устанавливается автоматически в выбранную позицию. При неследящем режиме управления руль поворачивает в предварительно выбранном направлении до тех пор, пока приведен в действие тиллер. По положению рулевого индикатора можно в любой момент контролировать положение руля.

При отключении ручного управления NAUTOPILOT D мгновенно устанавливает текущий курс как заданный курс. Таким образом, возможен быстрый обмен между ручным и автоматическим управлением.

12.4.2. Операция управления курсом (авторулевой). В соответствии с описанным выше переходом от ручного управления на автоматическое вызывается операция управления курсом (авторулевой). Мгновенно текущий курс судна сохраняется в окне заданного курса. Судно,

Процесс формирования двоичной последовательности информации навигационного сообщения поясняет рисунок 15.5.

15.3. Время системы ГЛОНАСС

Все НКА ГЛОНАСС оснащены высокостабильными стандартами частоты, суточная нестабильность которых составляет $5 \cdot 10^{-13}$ для НКА ГЛОНАСС и $1 \cdot 10^{-13}$ для НКА ГЛОНАСС-М. Точность взаимной синхронизации бортовых шкал времени спутников ГЛОНАСС составляет 20 нс (среднеквадратическое значение), а спутников ГЛОНАСС-М – 8 нс (среднеквадратическое значение).

Основой для формирования шкалы системного времени ГЛОНАСС является водородный стандарт частоты Центрального синхронизатора системы, суточная нестабильность которого составляет $1-5 \cdot 10^{-14}$. Расхождение между шкалой системного времени ГЛОНАСС и шкалой Госэталона Координированного Всемирного Времени UTC(SU) не должна превышать 1 мс. Погрешность привязки шкалы системного времени ГЛОНАСС к шкале UTC(SU) не должна превышать 1 мкс.

Шкалы времени каждого НКА ГЛОНАСС периодически сверяются со шкалой времени ЦС. Поправки к шкале времени каждого НКА относительно шкалы времени ЦС вычисляются в ПКУ ГЛОНАСС и дважды в сутки закладываются на борт каждого НКА.

Погрешность сверки шкалы времени НКА со шкалой времени ЦС не превышает 10 нс на момент проведения измерений.

Шкала системного времени ГЛОНАСС корректируется одновременно с плановой коррекцией на целое число секунд шкалы Координированного всемирного времени UTC. Коррекция шкалы UTC на величину ± 1 с проводится Международным Бюро Времени (BIPM) по рекомендации Международной службы вращения Земли (IERS). Коррекция шкалы UTC производится, как правило, с периодичностью 1 раз в год (в полтора года) в конце одного из кварталов: в 00 часов 00 минут 00 секунд полночь с 31 декабря на 1 января – 1-й квартал (или с 31 марта на 1 апреля – 2-й квартал, с 30 июня на 1 июля – 3-й квартал, с 30 сентября на 1 октября – 4-й квартал) и осуществляется одновременно всеми пользователями, воспроизводящими или использующими шкалу UTC.

Предупреждение о моменте и величине коррекции UTC заблаговременно (не менее чем за три месяца) сообщается пользователям в соответствующих бюллетенях, извещениях и другими способами. Спутники ГЛОНАСС не содержат в навигационных сообщениях данных о коррекции UTC. В навигационном кадре спутника ГЛОНАСС-М предусмотрено заблаговременное уведомление потребителей о факте, величине и знаке секундной коррекции UTC.



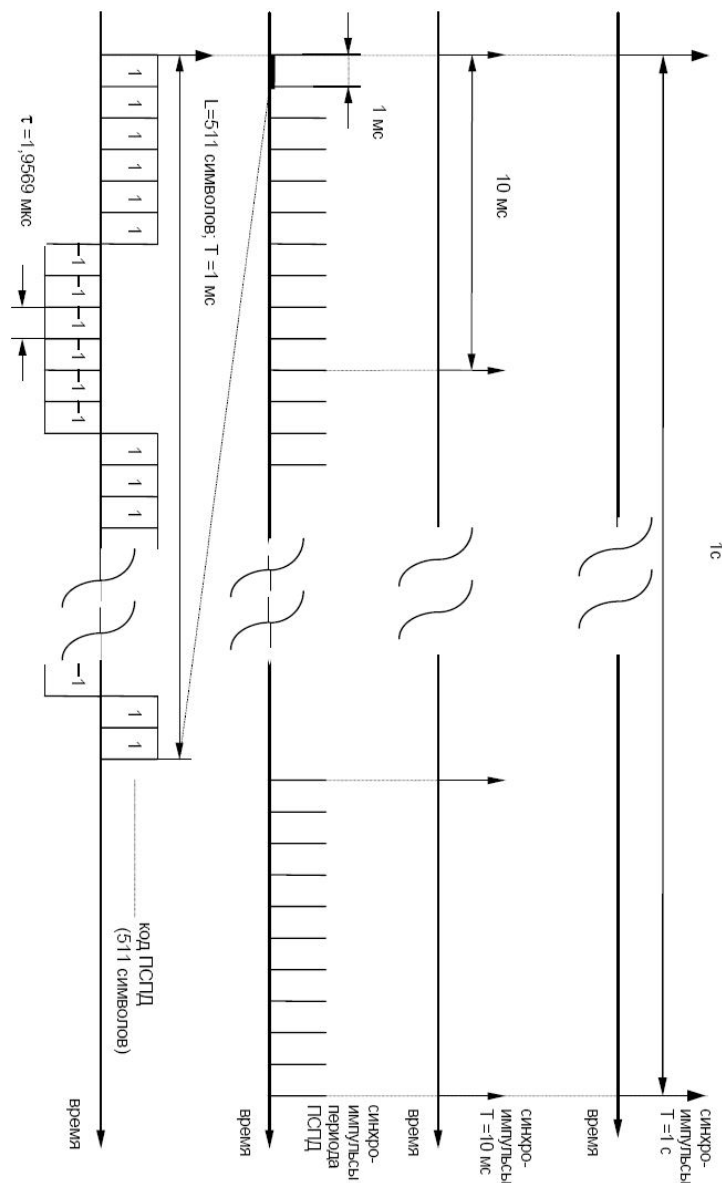


Рисунок 15.4 – Временные соотношения между синхроимпульсами модулирующего навигационного сигнала и дальномерным кодом ПСПД

направляемое авторулевым, продолжает двигаться в первоначальном направлении.

На устройстве управления может быть сделан выбор между курсом судна по магнитному компасу или гирокомпасу.

Также могут быть введены предел аларма при отклонении судна с курса и коэффициент ограничения поворота руля.

12.5. Элементы управления

Авторулевой имеет органы управления и индикаторы для следующих настроечных функций:

- Текущее значение курса (цифровое);
- Заданный курс (цифровой);
- Уход с курса (показывается на сегментном индикаторе);
- Вводы для выбранной функции;
- Алармы, предупреждения;
- Рабочие режимы.

Вся панель авторулевого может быть разделена на три поля для того, чтобы легче найти в описании перечисленные органы управления:

- Левое поле (L);
- Среднее поле (M);
- Правое поле (R).

12.5.1. Кнопки выбора типа управления:

**Autop
ON**

«Autop.ON» (R) - функциональная кнопка со световым индикатором включения авторулевого (срабатывает, когда включен переключатель на панели управления рулевым устройством).

**Magn
Gyro**

«Magn./Gyro» (R) - функциональная кнопка со световыми индикаторами для выбора «Курса судна по гирокомпасу» или «Курса судна по магнитному компасу».

**Course
Control**

«Course Control» (R) - кнопка со световым индикатором для функции «Управление судном по курсу».

**Track
Control**

«Track Control» (R) - кнопка со световым индикатором для функции «Управление судном по маршруту».

**R.o.T.
Tiller**

«R.o.T. Tiller» (R) (в тренажере не реализована) - кнопка со световым индикатором для функции «Управление судном

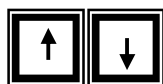


согласно угловой скорости поворота». Угловая скорость поворота указывается тиллером.

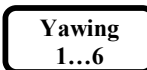


«Set Course» (M) - кнопка для ввода заданного курса.

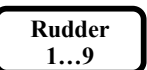
12.5.2. Функциональные кнопки задания настроечных функций:



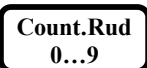
«Стрелка вверх» или «Стрелка вниз» - кнопки выбора. При нажатии соответствующей кнопки можно выбрать одну из последующих функций и ее требуемую величину:



Yawing (L) - Коэффициент частоты перекладки руля при рыскании судна (от 1 до 6);



Rudder (L)- Коэффициент соответствия угла перекладки руля величине отклонения от курса (от 1 до 9);



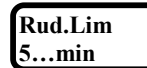
Count.Rud (L). - Коэффициент одерживания судна при выходе на заданный курс (от 0 до 9) (L);



Speed (L)- Скорость судна. Параметр, необходимый для автоматической адаптации авторулевого при управлении курсом судна на различных его скоростях. Скорость может вводиться вручную или автоматически от лага;



Synchron. Gyro (L) - синхронизация текущего курса с курсом по гирокомпасу.



Rud. Lim. (L) - регулирование ограничения поворота руля в градусах, 50 ... max.



Off Course: (L) - кнопка для установки аларма при отклонении от курса в пределах от 5 до 300.



R.o.T. (L) - кнопка для установки угловой скорости поворота судна при изменении курса, в °/мин.



Dimmer» (L) - кнопка для регулирования яркости подсветки панели авторулевого.

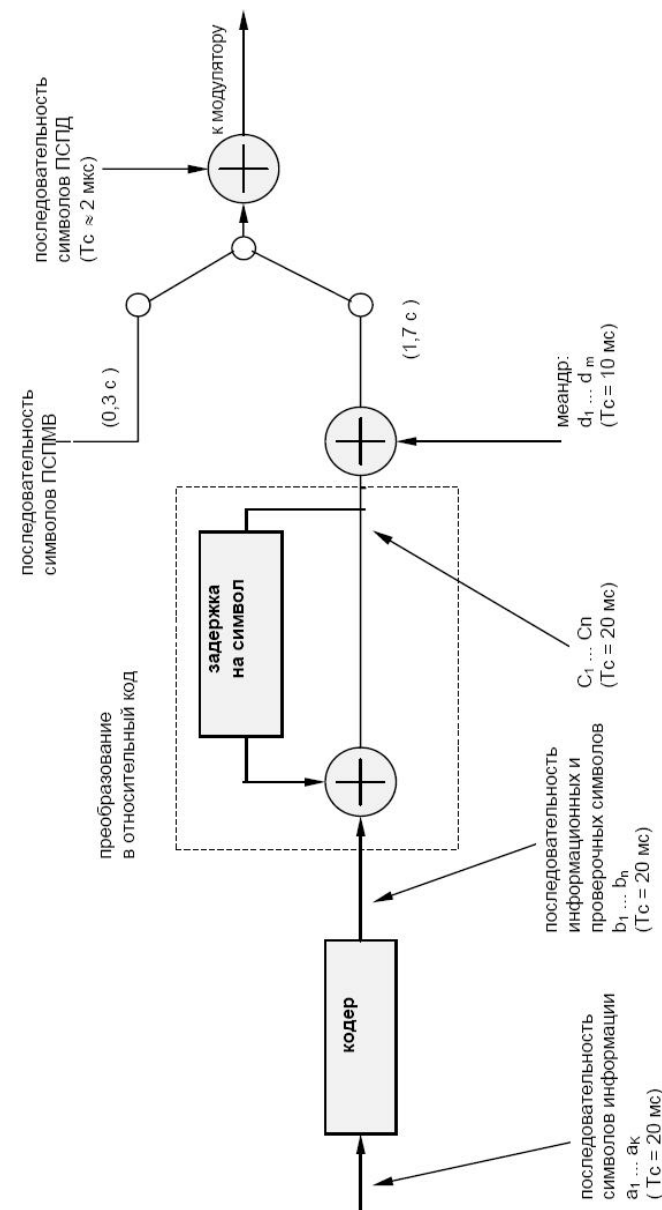


Рисунок 15.3 – Упрощенная структурная схема формирования последовательности данных



15.2.2. Формирование навигационного сообщения. Информация навигационного сообщения, формируется в виде непрерывно следующих строк длительностью 2 с. В первой части каждой строки в течение 1,7 с передается информация навигационного сообщения. Во второй части каждой строки в течение 0,3 с передается двоичный код метки времени.

Двоичная последовательность информации навигационного сообщения образуется в результате сложения по модулю два двух двоичных последовательностей:

- последовательности символов цифровой информации навигационного сообщения в относительном коде с длительностью символов 20 мс;
- последовательности меандра с длительностью символов 10 мс.

Двоичный код метки времени представляет собой укороченную двоичную ПС (ПСПМВ) последовательность длиной 30 символов с длительностью символов 10 мс, которая описывается образующим полиномом

$$g(x) = 1 + x^3 + x^5$$

и имеет вид:

111110001101110101000010010110.

Первый символ цифровой информации в каждой строке всегда "0". Он является "холостым" и дополняет укороченную ПСП МВ предыдущей строки до полной (не укороченной) ПС последовательности.

Упрощенная структурная схема формирования последовательности данных приведена на рисунке 15.3.

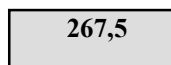
В излучаемом навигационном радиосигнале границы двухсекундных строк, границы символов цифровой информации, границы символов меандра, границы символов ПСПМВ и границы символов ПСПД синхронизированы между собой; границы символов меандра и границы символов цифровой информации совпадают с передними фронтами начальных символов ПСПД. Задний фронт последнего символа ПСПМВ в излученном навигационном радиосигнале является меткой времени и соответствует моменту времени, отстоящему от начала суток на целое четное количество секунд в шкале времени спутника.

Временные соотношения между синхроимпульсами модулирующей двоичной последовательности информации навигационного сообщения и дальномерным кодом ПСПД приведены на рисунке 15.4.



«Set» (R) - кнопка со световой вспышкой для функции 'Приема заданных параметров', таких как заданный курс, ограничение поворота руля, отклонение от курса.

12.5.3. Индикаторы параметров



Heading - 4-значный цифровой индикатор текущего курса (по гиро-или магнитному компасу).



Set course - 4-х значный цифровой индикатор заданного курса или индикатор для вводимых параметров.



Off-course - сегментный индикатор ухода с курса; для указания отклонения текущего курса от заданного.

Если, судно отклонилось от заданного курса влево, то световые метки горят слева от среднего положения. Количество световых меток равно 10 с каждой стороны от среднего положения. Цена метки в градусах зависит от выставленной величины Off course. Например, если величина **Off course** равна 10°, а горят четыре световые метки, то это говорит о том, что судно отклонилось от курса на 3 - 4 градуса. При включении на конце шкалы двух световых меток (| »), отклонение от заданного курса будет уже более чем на 10. Если судно отклонилось в пределах +/- 1 градус от заданного курса, то в центре дисплея просто горит символ {« »}.

12.5.4. Органы ввода параметров

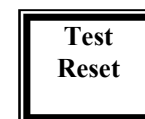


ку.

Вращающаяся рукоятка, имеет две функции: Если ввод функции осуществляется по кнопкам выбора 'Стрелка вверх', 'Стрелка вниз', например 'Rudder Limitation', то появившееся на дисплее ее значение можно изменить поворотом вращающейся рукоятки.

Для непосредственного изменения заданного курса на текущий, указанный на панели Heading, нужно просто нажать и отпустить вращающуюся рукоятку.

ВНИМАНИЕ: Изменение курса произойдет немедленно!



Test/Reset (R) - кнопка для lamp test или отключения звукового аларма.



12.5.5. Операционные индикаторы

Светоиндикаторы расположены у кнопок управления и предназначены для указания их состояния. Эти индикаторы могут быть включены, выключены или мигать. Значение каждого определяется названием соответствующей кнопки.

12.6. Выполнение операций

12.6.1. Общая информация. Авторулевой NAUTOPILOT D включается при установке переключателя видов управления рулевым устройством в режим 'AUTO' на панели управления рулевым устройством. При переключении в режим 'AUTO1' текущий курс судна устанавливается на панели авторулевого как заданный курс. Поэтому судно не меняет своего прежнего направления. На панели управления загорается индикатор кнопки **Autop. ON**. Информация о вводе данных, командах и изменении параметров (таких как заданный курс) будет приведена ниже.

Действие авторулевого, однако, можно прервать поворотом ручки тиллера. Тогда индикатор кнопки **Autop. ON** замигает и раздастся звуковой сигнал аларма. После этого можно опять вернуться к управлению в режиме авторулевого, нажав кнопки **Test/Reset** и **Autop. ON**. При этом уже изменившийся текущий курс мгновенно устанавливается в качестве нового заданного курса судна.

12.6.2. Ввод величин параметров. После нажатия одной из выбранных кнопок и включения нужной лампочки, в окне заданного курса появляется величина соответствующего параметра. Если требуется, то она может быть изменена поворотом вращающейся рукоятки.

Чтобы уменьшить эту величину нужно повернуть рукоятку налево, и наоборот, чтобы увеличить ее поверните рукоятку направо. Мигающая стрелка у рукоятки служит напоминанием, что нужно использовать ее для ввода новой величины.

После нажатия кнопки 'Set' введенная величина принимается к учету и исчезает из окна заданного курса. Если кнопка 'Set' не нажата после изменения величины в этом окне или вызывается другой параметр, то сохраняется старая величина.

Пример:

Если коэффициент, например, величина ограничения поворота руля, должен быть проверен, то необходимо нажимать одну из кнопок выбора:  или  до тех пор, пока не высветится нужная настроечная функция ('Rud.Lim.').

В окне заданного курса появится введенная ранее величина. Если не предпринимать никаких действий, то после 15 секунд ожидания вы-

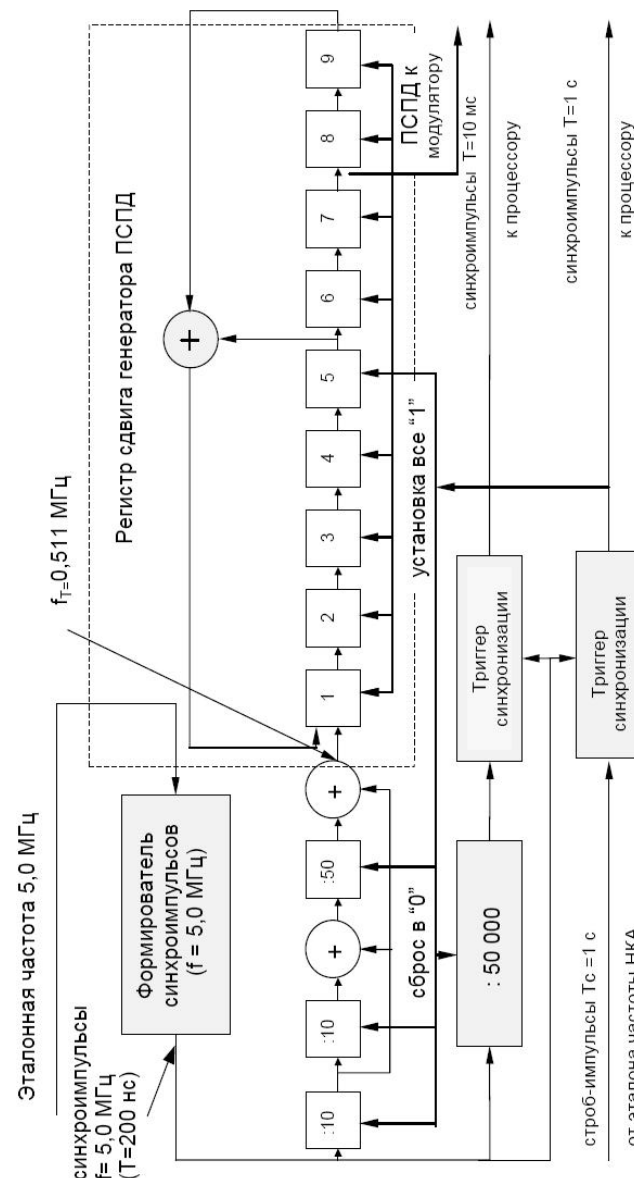


Рисунок 15.2 – Упрощенная структурная схема формирования дальномерного кода ПСПД и синхроимпульсов для навигационного радиосигнала



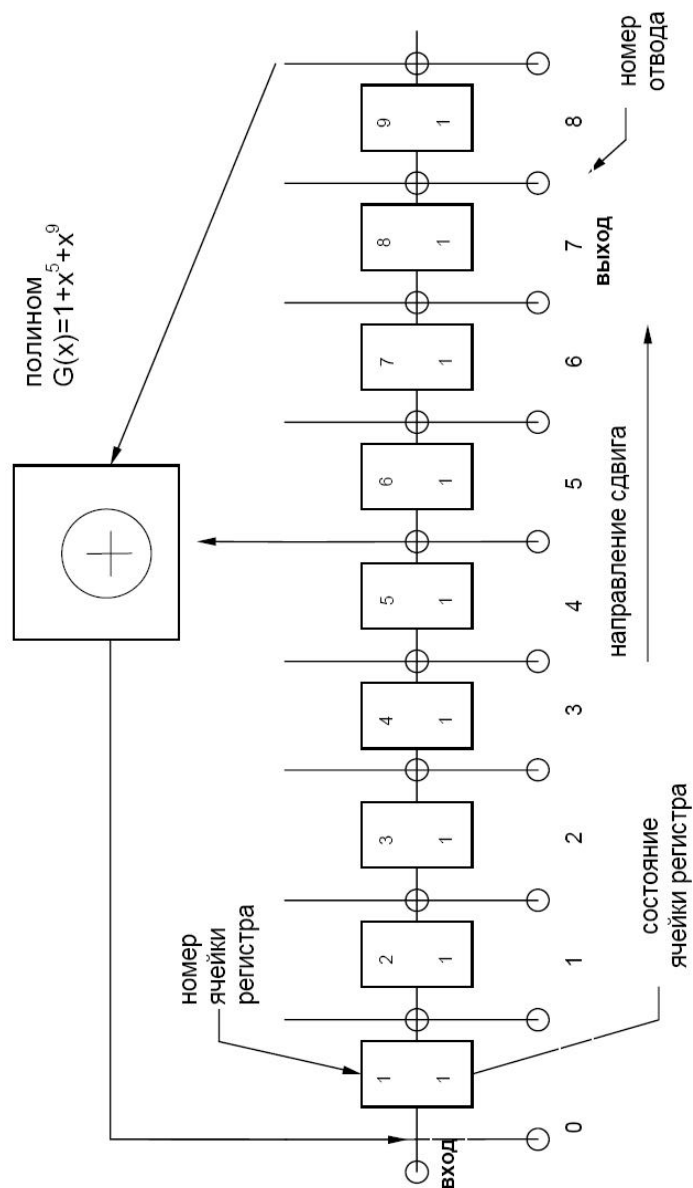


Рисунок 15.1 – Структура регистра сдвига, формирующего десятичный код

свеченное значение параметра погаснет и в окне снова появится величина заданного курса.

Синхронизация необходима в тех случаях, когда может произойти сбой при передаче курса по гирокомпасу авторулевому. Она должна выполняться перед каждым рейсом.

Установите и возьмите на заметку курс судна по гирокомпасу. Нажмите одну из кнопок выбора ($\uparrow/\downarrow$) для вызова функции 'Synchr.Gyro'. Высветится индикатор этой функции. Замигает стрелка рядом с вращающейся рукояткой.

Светоиндикатор **Gyro** у кнопки **Magn./Gyro** замигает. Нажмите кнопку **Magn./Gyro**.

Светоиндикатор станет гореть непрерывно. Теперь возможна синхронизация.

В окне текущего курса установите замеченный курс по компасу с помощью вращающейся рукоятки.

Послышится прерывистый звуковой сигнал для напоминания специфики этого ввода.

Нажмите кнопку **Set**.

Величина синхронизированного курса теперь введена на панель авторулевого и по ней откорректируется заданный курс, который не будет изменяться.

Изменение курса выполняется в соответствии с выбранной угловой скоростью поворота судна.

Нажмите кнопку **Set Course**.

Замигает стрелка.

Поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока не установится нужный курс в окне заданного курса.

Нажмите кнопку **Set**.

Установленная величина курса принимается авторулевым. В окне заданного курса появляется новое введенное значение. Разница между заданным и текущим курсом указывается в окне ухода с курса (в сегментном индикаторе).

Угловая скорость изменения курса не превышает ранее установленной величины **ROT** на небольшом повороте или равна ей в случае поворота на большое число градусов. Если Вы не нажмете кнопку **Set** при установке нового заданного курса, то изменение курса не произойдет и через 15 секунд снова появится значение старого заданного курса.

12.7. Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен авторулевой?
2. Какие органы управления имеются на панели авторулевого?



3. В каких режимах работает авторулевой?
4. Расскажите о назначениях кнопок панели авторулевого?
5. Расскажите о назначении индикаторов панели авторулевого?

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ С ПОМОЩЬЮ АВТОРУЛЕВОГО ANSCHUTZ NAUTOPILOT D

13.1. Цель занятия: Ознакомиться с особенностями эксплуатации авторулевого ANSCHUTZ NAUTOPILOT D (Германия), системой сигналов и предупреждений, вырабатываемых авторулевым.

13.2. Ввод параметров управления курсом

Величины параметров должны быть установлены оператором для оптимальной работы авторулевого. Порядок их ввода одинаков для всех параметров.

Чтобы выбрать параметр, нажимайте кнопку выбора $\uparrow$ или $\downarrow$ до тех пор, пока не высветится кнопка нужного параметра. Кнопка $\uparrow$ начинает выбор с функциональной кнопки **Dimmer** и далее вверх по панели. Кнопка $\downarrow$ начинает выбор с функциональной кнопки **Yawing** и далее вниз по панели.

Как только нужный параметр выбран и высветится его кнопка (например, **Rudder**), окно 'Set Course' погаснет и в нем появится текущее значение выбранной функции. Поворачивая вращающуюся ручку это значение можно изменить.

Мигание стрелки у вращающейся рукоятки указывает на необходимость ввода нового значения выбранной функции. После ввода начинает мигать индикатор кнопки **Set**, нажмите эту кнопку.

Теперь новое значение выбранной функции принято. Стрелка гаснет и снова появляется в окне заданный курс. Ввод может быть прерван в любое время при нажатии кнопки **Set Course**, таким образом остается установленное ранее значение выбранной функции. Также, ввод параметра прерывается, если пользователь не введет нужную величину за 15 секунд.

13.2.1. Ввод/проверка параметра "Yawing". Параметр 'Yawing' (рыскание судна) позволяет регулировать чувствительность авторулевого.

Установка коэффициента частоты перекладки руля при рыскании судна выполняется в зависимости от погодных условий. При плохой погоде выбирается более высокий коэффициент, чтобы избежать не-

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

МОДУЛИРУЮЩАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ В ГЛОНАСС

15.1. Цель занятия: Ознакомиться с характеристиками модулирующей последовательности в системе ГЛОНАСС, устройствами, предназначенными для ее формирования.

15.2. Характеристики модулирующей последовательности

Модулирующая последовательность, используемая при формировании сигналов стандартной точности для модуляции несущих частот поддиапазона L1 для спутников ГЛОНАСС и L1 и L2 для спутников ГЛОНАСС-М, образуется сложением по модулю два трех двоичных сигналов:

- псевдослучайного дальномерного кода, передаваемого со скоростью 511 кбит/с;
- навигационного сообщения, передаваемого со скоростью 50 бит/с;
- вспомогательного меандрового колебания, передаваемого со скоростью 100 бит/с.

Данные последовательности используются для модуляции несущих частот поддиапазонов L1 и L2 при формировании сигналов стандартной точности.

15.2.1. Формирование ПС дальномерного кода. ПС дальномерный код представляет собой ПС последовательность максимальной длины регистра сдвига с периодом повторения 1 мс и скоростью передачи символов 511 кбит/с.

ПС дальномерный код снимается с 7-го разряда 9-ти разрядного регистра сдвига. Код начального состояния регистра сдвига соответствует наличию "1" во всех разрядах регистра. Начальным символом в периоде ПС дальномерного кода является 1-ый символ в группе 111111100, повторяющийся через 1 мс. Образующий полином, соответствующий регистру сдвига, формирующему ПС дальномерный код, имеет вид (рисунок 15.1):

$$G(x) = 1 + x^5 + x^9$$

Упрощенная структурная схема формирования ПС дальномерного кода и синхроимпульсов для навигационного радиосигнала приведена на рисунке 15.2.



Мощность радиосигнала, принимаемого потребителем от НКА ГЛОНАСС-М, на выходе приемной линейно поляризованной антенны с коэффициентом усиления +3 дБ и при угле места 5° составляет не менее минус 161 дБВт для частот поддиапазона L1 и не менее минус 167 дБВт для частотного поддиапазона L2 с последующим доведением до уровня не менее минус 161 дБВт.

Групповая задержка навигационного радиосигнала в бортовой аппаратуре данного НКА определяется как задержка между излучаемым радиосигналом (измеряется в фазовом центре передающей антенны НКА) и выходным сигналом бортового стандарта частоты. Групповая задержка навигационного радиосигнала в бортовой аппаратуре включает детерминированную и недетерминированную составляющие.

Детерминированная составляющая групповой задержки радиосигнала не важна потребителю, поскольку не влияет на определение системного времени. Максимальное значение недетерминированной составляющей групповой задержки навигационного радиосигнала в бортовой аппаратуре НКА ГЛОНАСС не превышает ± 8 нс, для НКА ГЛОНАСС-М ± 2 нс.

Все составляющие передаваемого данным НКА навигационного радиосигнала когерентно сформированы из частоты единого бортового стандарта.

Излучаемый каждым НКА системы ГЛОНАСС навигационный радиосигнал в поддиапазонах L1 и L2 имеет правую круговую поляризацию. Коэффициент эллиптичности по полю в секторе углов излучения $\pm 19^\circ$ относительно оси симметрии диаграммы направленности бортовой передающей антенны НКА

не хуже 0,7 в поддиапазоне L1;

не хуже 0,7 в поддиапазоне L2.

14.6. Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена система ГЛОНАСС?
2. Какие подсистемы входят в систему ГЛОНАСС?
3. Какие частотные диапазоны используются в системе ГЛОНАСС?
4. Какова структура кадра навигационного радиосигнала?
5. Какую поляризацию имеет навигационный радиосигнал?

нужного угла перекладки руля. При нормальных погодных условиях должен выбираться коэффициент более низкий.

Нажимайте кнопки выбора $\uparrow$ или $\downarrow$ до тех пор, пока не высветится кнопка функции **Yawing**.

Слова **'Set Course'** (заданный курс) погаснут. Теперь окно панели содержит текущее значение коэффициента.

Если требуется, поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока не появится требуемое значение коэффициента в окне панели (от 1 до 6). Индикатор кнопки **Set** замигает.

Авторулевой примет новое значения коэффициента, когда Вы нажмете кнопку **Set**.

Если кнопка не нажата, то в системе сохранится старое значение коэффициента. Система вернется в прежнее положение через 15 секунд.

13.2.2. Ввод/проверка параметра "Rudder". Авторулевой задает коэффициент соответствия угла перекладки руля величине отклонения от курса. Чем выше этот коэффициент, тем больше изменение положения руля при том же отклонении судна от курса. Слишком большой коэффициент 'Rudder' приводит к тому, что судно проскакивает заданный курс. А в случае очень низкого значения коэффициента, судно выходит на заданный курс слишком медленно.

Нажимайте любую из кнопок выбора $\uparrow$ или $\downarrow$ до тех пор, пока не высветится кнопка функции **Rudder**. Слова «**Set Course**» (заданный курс) погаснут. Теперь окно панели содержит текущее значение коэффициента.

Если требуется, поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока в окне панели не появится нужное значение коэффициента (от 1 до 9). Индикатор кнопки **Set** замигает.

Система принимает новое значение коэффициента при нажатии кнопки **Set**.

Если кнопка не нажата, то система сохраняет старое значение коэффициента. Система вернется в прежнее положение через 15 секунд.

13.2.3. Ввод/проверка параметра «Counter Rudder». Дифференциальный компонент авторулевого устанавливается по **'Counter Rudder'** (коэффициенту одерживания судна). Чем выше значение этого коэффициента, тем больше одерживание во время выхода на заданный курс. Поэтому слишком низкие значения коэффициента приводят к тому, что судно проскакивает заданный курс. А в случае слишком больших значений, судно слишком долго выходит на заданный курс, так как авторулевой рано начинает одерживать.

Нажимайте любую из кнопок выбора $\uparrow$ или $\downarrow$ до тех пор, пока не высветится панель настроечной функции **Count. Rud.**. Слова 'Set



Course1 (заданный курс) погаснут. Теперь окно панели содержит текущее значение коэффициента.

Если требуется, поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока в окне панели не появится нужное значение коэффициента (от 0 до 9). Индикатор кнопки **Set** замигает.

Система принимает новое значение коэффициента при нажатии кнопки **Set**.

Если кнопка не нажата, то система сохраняет старое значение коэффициента. Система вернется в прежнее положение через 15 секунд.

13.2.4. Ввод/проверка параметра «Speed». Параметр 'Speed' необходим для автоматической адаптации авторулевого при управлении курсом судна на различных его скоростях. Скорость может вводиться как вручную, так и автоматически от лага. Ручной ввод параметра скорости производится поворотом вращающейся рукоятки. По умолчанию при ручном вводе установлена скорость 20 узлов. Если судно часто меняет скорость, то лучше переключиться на лаг.

Нажимайте кнопку выбора  или  до тех пор, пока не высветится панель настроечной функции 'Speed'.

При вводе скорости по лагу, окно панели содержит текущее значение скорости по лагу, перед которым стоит буква 'L' (log).

Слова **Set Course** (заданный курс) погаснут. Если требуется ручной ввод, поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока в окне панели не появится нужное значение и буква 'h' (hand - ручной) перед установленной величиной. Индикатор кнопки **Set** замигает. Система принимает новый параметр при нажатии кнопки **Set**.

Если кнопка не нажата, то система сохраняет старое значение. Система вернется к прежнему положению через 15 секунд.

Если Вы снова намереваетесь использовать скорость по лагу, нажимайте кнопки выбора  или  до тех пор, пока не высветится панель настроечной функции **«Speed»**. Слова **«Set Course»** (заданный курс) погаснут. Теперь окно панели содержит последнее значение скорости, установленное вручную, с буквой 'h' перед ним. С помощью вращающейся рукоятки установите значение **0.0** в окне панели и затем поверните слегка влево за **0.0** до появления в окне **LOG**.

При нажатии кнопки **Set** система принимает ввод параметра скорости по лагу.

13.2.5. Ввод/проверка параметра "Rudder Limitation". Максимально допустимое положение перекладки руля в градусах, которое рулевое устройство не должно превышать при управлении авторулевым, задается по параметру 'Rudder Limitation'.

частот:

(1610,6 ... 1613,8) МГц;

(1660,0 ... 1670,0) МГц,

до уровня, приведенного в рекомендациях 769 МККР.

Корреляционные потери определяются разностью мощности, излучаемой передатчиком НКА в полосах

(1598,0625...1605,375) МГц $\pm 0,511$ МГц,

(1242,9375...1248,625) МГц $\pm 0,511$ МГц

и мощности, принятой идеальным корреляционным приемником в тех же полосах частот.

Корреляционные потери имеют наибольшее значение в случае, когда принимаемый радиосигнал имеет несущую частоту, соответствующую номерам $K = -7$ или $K = 12$. В этом случае корреляционные потери определяются не идеальностью модулятора передатчика НКА и составляют 0,6 дБ.

Для всех других литеров корреляционные потери, обусловленные искажением формы ПС сигнала, уменьшаются по мере удаления от краев полосы частот, занимаемой навигационными радиосигналами системы ГЛОНАСС.

Спектральная плотность фазовых шумов немодулированной несущей такова, что схема слежения, имеющая одностороннюю шумовую полосу 10 Гц, обеспечивает точность слежения за фазой несущей частоты не хуже 0,1 радиан (среднеквадратическое значение).

Внеполосное излучение – это мощность, излучаемая каждым НКА за пределами полосы частот, отведенной для навигационных радиосигналов системы ГЛОНАСС

(1598,0625...1605,375) МГц $\pm 0,511$ МГц,

(1242,9375...1248,625) МГц $\pm 0,511$ МГц,

не превышает минус 40 дБ относительно мощности немодулированной несущей.

Внутрисистемные радиопомехи определяются взаимокорреляционными свойствами используемого в составе навигационного радиосигнала дальномерного ПС кода с учетом частотного разделения сигналов. При приеме навигационного радиосигнала с литером частоты $K=n$, помехи, создаваемые радиосигналом с номером частоты $K=n-1$ или $K=n+1$, не превышают минус 48 дБ при условии одновременного нахождения НКА, излучающих эти сигналы, в зоне видимости.

Мощность радиосигнала, принимаемого потребителем от НКА ГЛОНАСС, на выходе приемной линейно поляризованной антенны с коэффициентом усиления +3 дБ и при угле места 5° составляет не менее минус 161 дБВт для частот поддиапазона L1.



Отношение рабочих частот L1 и L2, излучаемых определенным НКА составляет:

$$f_{K2} / f_{K1} = 7/9$$

Таблица 14.1 – Распределение несущих частот поддиапазонов L1 и L2

№ частоты	Номинал частоты в поддиапазоне L1, МГц	№ частоты	Номинал частоты в поддиапазоне L2, МГц
13	1609,3125	13	1251,6875
12	1608,75	12	1251,25
11	1608,1875	11	1250,8125
10	1607,625	10	1250,375
09	1607,0625	09	1249,9375
08	1606,5	08	1249,5
07	1605,9375	07	1249,0625
06	1605,375	06	1248,625
05	1604,8125	05	1248,1875
04	1604,25	04	1247,75
03	1603,6875	03	1247,3125
02	1603,125	02	1246,875
01	1602,5625	01	1246,4375
00	1602,0	00	1246,0
-01	1601,4375	-01	1245,5625
-02	1600,8750	-02	1245,1250
-03	1600,3125	-03	1244,6875
-04	1599,7500	-04	1244,2500
-05	1599,1875	-05	1243,8125
-06	1598,6250	-06	1243,3750
-07	1598,0625	-07	1242,9375

Фактические значения несущих частот радиосигналов каждого НКА могут отличаться от номинальных значений f_K на относительную величину, не превышающую $\pm 2 \cdot 10^{-11}$.

При создании систем предусматривалось поэтапное изменение частотного диапазона ГЛОНАСС. Так, в период 1998 - 2005 гг. находящиеся в эксплуатации спутники ГЛОНАСС использовали без ограничений номера частот $K = 0...12$. Номер частоты $K = 13$ использовался как технологический. После 2005 г. находящиеся в эксплуатации спутники ГЛОНАСС, используют номера частот $K = (-7...+6)$.

Спутники ГЛОНАСС-М, эксплуатируемые в этот период, оснащаются фильтрами, уменьшающими внеполосное излучение в диапазонах

Нажимайте кнопки выбора $\uparrow$ или $\downarrow$ до тех пор, пока не высветится панель настроечной функции **Rud. Lim**.

Слова **Set Course** (заданный курс) погаснут. Теперь окно панели содержит текущий параметр. Если требуется его изменить, поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока не появится в окне панели нужное значение (в пределах от 50 до max.). Индикатор кнопки **Set** замигает; Система принимает новый параметр при нажатии кнопки **Set**. Если кнопка не нажата, то система сохраняет старое значение. Система возвращается в прежнее положение через 15 секунд.

13.2.6. Ввод/проверка параметра 'Off-course'. Предел ошибки в управлении курсом задается по параметру 'Off Course' (уход с курса).

Отклонение между заданным и текущим курсом показывается следующим образом. Если превышает параметр 'Off Course', включается индикатор кнопки **Test/Reset** и звучит сигнал аларма.

Нажимайте кнопки выбора $\uparrow$ или $\downarrow$ до тех пор, пока не высветится панель настроечной функции 'Off Course'.

Слова 'Set Course' (заданный курс) погаснут.

Теперь дисплей панели содержит текущее значение параметра. Если требуется его изменить, поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока не появится в окне панели требуемый параметр (в возможных пределах от 5 до 300). Индикатор кнопки 'Set' замигает.

Когда Вы нажмете кнопку **Set**, система примет новый параметр.

Если кнопка не нажата, то система сохранит старое значение.

Система возвращается в первоначальное положение через 15 секунд.

13.2.7. Ввод/проверка параметра «Rate of Turn». Угловая скорость поворота для маневра изменения курса задается параметром 'R.o.T.'. Ограничение угла перекладки руля остается в силе независимо от параметра 'R.o.T.'.

Нажимайте кнопки выбора $\uparrow$ или $\downarrow$ до тех пор, пока не высветится панель настроечной функции **R.o.T.**.

Слова 'Set Course' (заданный курс) погаснут.

Теперь дисплей панели содержит значение текущего параметра. Если требуется его изменить, поворачивайте вращающуюся рукоятку до тех пор, пока в окне панели не появится требуемый параметр (в возможных пределах от 5 до 300 °/min). Индикатор кнопки 'Set' замигает; Когда Вы нажмете кнопку **Set**, система примет новый параметр.

Если кнопка не нажата, то система сохранит старое значение.

Система вернется в первоначальное положение через 15 секунд.

Внимание: В случае изменения курса при регулировке угловой скорости поворота судна и в связи с изменением ограничения угла пере-



кладки руля, должно быть принято во внимание следующее: Если, при заданном ограничении угла перекладки руля, требуемая угловая скорость поворота не достигается, ограничение угла перекладки руля может быть расширено только шаг за шагом (шаги $\leq 5^\circ$).

13.3. Управление режимами работы авторулевого

При выборе какого-либо режима используются кнопки, расположенные в правой части панели авторулевого. Действие назначенного Вами режима показывается непрерывным горением индикатора (LED) этой кнопки. Когда свет мигает, значит требуется выполнить дополнительное действие по этой операции.

13.3.1. Autopilot ON. При нажатии выбранной кнопки **Autop. ON** авторулевой включается в режиме **управления судном по курсу (Course Control)**. Текущий курс становится заданным, чтобы избежать внезапного изменения курса при вызове этого режима.

Если авторулевой NAUTOPILOT D общается с другими устройствами управления, то можно выбрать другой вид рулевого устройства.

Установите переключатель видов управления рулевым устройством в положение 'AUTO' (панель **Steer**). Тогда, при этой установке активизируется устройство NAUTOPILOT D.

При этом виде операции загорается индикатор кнопки **Autop. ON**, кнопку нажимать не надо. Когда выбираются другие органы управления судна, индикатор кнопки **Autop. ON** начинает мигать, требуя вернуть управление авторулевому.

Соответствующее устройство управления включается при нажатии кнопки **Autop. ON**, тогда ее индикатор горит постоянно. Вид рулевого устройства судна указывается на сигнальной панели.

Действие авторулевого может быть прервано на ручное управление судном (например, использованием тиллер). При этом индикаторы кнопок **Autop. ON** и **Test/Reset** начинают мигать и включается звуковой аларм.

Аларм может быть подтвержден нажатием кнопки **Test/Reset**. Звуковой аларм заглушается и индикатор кнопки горит постоянно.

Действующее устройство и авторулевой отключаются при повторном нажатии кнопки **Autop. ON**.

13.3.2. Курс судна по магнитному компасу / по гирокомпасу (magn/gyro). Посредством кнопки выбора **Magn./Gyro** для авторулевого есть возможность переключаться между показаниями курса по магнитному компасу и по гирокомпасу. При этом загораются индикаторы кнопки **Magn.** или **Gyro**, и на дисплее указывается соответствующий текущий курс.

цифровой информации навигационного сообщения и вспомогательного колебания типа меандр.

Основой для формирования всех перечисленных компонентов сигнала является бортовой стандарт частоты.

Псевдослучайный дальномерный код представляет собой последовательность максимальной длины регистра сдвига (М-последовательность) с периодом 1 мс и скоростью передачи символов 511 кбит/с.

Цифровая информация навигационного сообщения подразделяется на оперативную и неоперативную информацию.

Оперативная информация относится к тому НКА, с борта которого передается данный навигационный радиосигнал.

Неоперативная информация (альманах системы) относится ко всем НКА, входящим в состав ПКА.

Цифровая информация передается со скоростью 50 бит/с.

14.5.3. Описание интерфейса.

Номинальные значения несущих частот навигационных радиосигналов НКА ГЛОНАСС в частотных поддиапазонах L1 и L2 определяются следующими выражениями:

$$f_{K1} = f_{01} + K\Delta f_1,$$

$$f_{K2} = f_{02} + K\Delta f_2,$$

где K – номера несущих частот навигационных радиосигналов, излучаемых НКА в частотных поддиапазонах L1 и L2, соответственно; $f_{01} = 1602$ МГц; $\Delta f_1 = 562,5$ кГц, для поддиапазона L1; $f_{02} = 1646$ МГц; $\Delta f_2 = 437,5$ кГц, для поддиапазона L2.

Распределение номинальных значений несущих частот f_{K1} и f_{K2} по номерам K приведено в таблице 14.1.

Распределение номеров K между НКА отображается в альманахе системы (неоперативная информация в навигационном сообщении).

Для каждого НКА рабочие частоты поддиапазонов L1 и L2 когерентны и формируются от общего стандарта частоты. Номинальное значение частоты этого стандарта, с точки зрения наблюдателя, находящегося на поверхности Земли, равно 5,0 МГц. Для компенсации релятивистских эффектов частота, формируемая бортовым стандартом частоты, с точки зрения наблюдателя, находящегося на НКА, смещена относительно 5,0 МГц на относительную величину $\Delta f / f = -4,36 \cdot 10^{-10}$ или $\Delta f = -2,18 \cdot 10^{-3}$ Гц, то есть, равна 4,99999999782 МГц (величины даны для номинального значения высоты орбиты НКА, равного 19100 км).



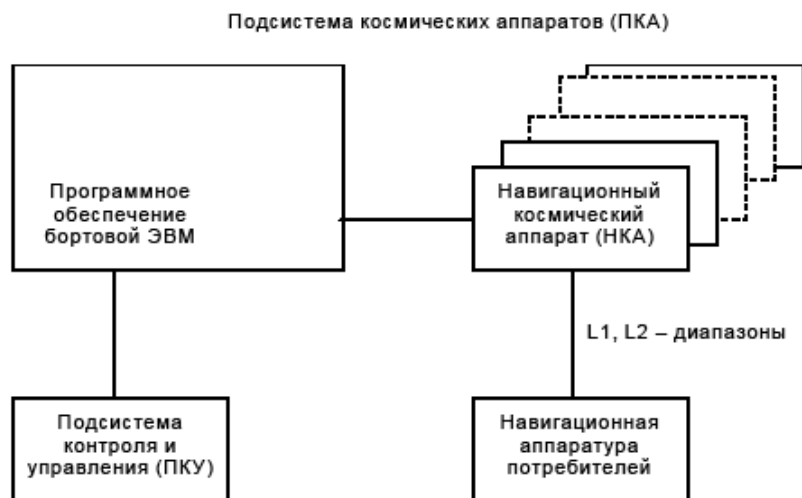


Рисунок 14.1 – Интерфейс НКА/НАП

Примечание: Спутники ГЛОНАСС-М в поддиапазоне L1 передают сигналы идентичные спутникам ГЛОНАСС, а в поддиапазоне L2 передают потребителям дополнительные сигналы с кодом стандартной точности.

Сигнал стандартной точности является доступным для всех потребителей, которые оснащены соответствующей НАП и в зоне видимости которых находятся спутники системы ГЛОНАСС.

В системе ГЛОНАСС не используется режим преднамеренного ухудшения характеристик навигационного сигнала стандартной точности.

14.5.2. Структура навигационного радиосигнала. Навигационный радиосигнал, передаваемый каждым НКА системы ГЛОНАСС на собственной несущей частоте в поддиапазонах L1 и L2, является многокомпонентным фазоманипулированным сигналом. Фазовая манипуляция несущей осуществляется на π радиан с максимальной погрешностью не более $\pm 0,2$ радиана.

Фаза несущего колебания поддиапазона L1 в НКА ГЛОНАСС и фазы несущих колебаний поддиапазонов L1 и L2 в НКА ГЛОНАСС-М модулируется двоичной последовательностью, образованной суммированием по модулю два псевдослучайного (ПС) дальномерного кода,

При управлении судном по курсу дисплей текущего курса указывает:

- **Magn.** - для курса по магнитному компасу;
- **Gyro** - для курса по гирокомпасу.

В случае расхождения между курсами по гиро- и магнитному компасу, после переключения разница автоматически добавляется системой к предыдущему заданному курсу, следовательно текущий курс остается неизменным. Таким образом существует возможность безопасно переключаться с '**Gyro**' на '**Magn.**'.

Управление судном по курсу - обычный вид операции для авторулевого. Операция '**Course Control**' всегда приводится в действие первая, когда рулевое устройство судна изменяется с ручного на авторулевую (MANUAL/AUTOPILOT).

Если впоследствии Вы переключитесь на управление судном по маршруту, то существует два способа вернуться к управлению судном по курсу:

- нажмите кнопку **Course Control**: активизируется операция 'Управление судном по курсу';
- нажмите вращающуюся рукоятку. Таким образом, Вы автоматически возвращаетесь к управлению судном по курсу.

13.4. Управление судном по маршруту (Track Control)

Режим предназначен для управления движением собственного судна по маршруту.

Маршрут задается координатами поворотных точек, которые транслируются в авторулевую с ECDIS. Этот маршрут может быть создан самими обучаемыми или взят из упражнения, подготовленного Инструктором.

Режим обеспечивает:

1. Выход судна на заданный маршрут после нажатия кнопки **Track Control**.

2. Компенсацию бокового отклонения судна от прямолинейных галсов маршрута. При наличии возмущающих факторов от ветра, течения и волнения авторулевой обеспечивает среднее нулевое отклонение судна от маршрута при условии правильной настройки его регулировочных коэффициентов и возможностей управляемости судна при очень больших возмущениях.

3. Автоматический плавный поворот на следующий прямолинейный галс маршрута с минимальным перерегулированием и с заданным ограничением максимального угла кладки руля.



Включение режима возможно при одновременном выполнении следующих условий:

1. Боковое отклонение судна от ближайшего галса маршрута составляет не более 0.3 мили.

2. Отклонение по курсу на данном галсе не более 30°.

При выполнении этих условий автоматически определяется ближайший галс маршрута и осуществляется вывод судна на этот галс.

При невыполнении этих условий срабатывает аларм, сигнализирующий о невозможности запуска режима.

После прохождения судном последней путевой точки маршрута авторулевой автоматически переключается в режим **"Course Control"**, о чем судоводитель предупреждается сигнализацией.

Процедура передачи маршрута в авторулевой заключается в следующем:

1. Войдите в меню CONFIG NS2400 и выберите в нем пункт NMEA Output Setup.

2. Введите пароль TRANSAS + <Space> key и замените OFF на ON в строках WPL и R00.

3. При выходе из этого пункта меню скажите YES для сохранения сделанной установки.

4. Выберите пункт меню Attach Sensors.

5. Введите пароль TRANSAS + <Space> key и в строке Autopilot введите номер порта - 2.

6. Войдите в меню ROUTE NS2400 и выберите в нем пункт Load Route.

7. Загрузите либо маршрут подготовленный Инструктором в упражнении (его имя всегда DEFAULT), либо маршрут сделанный Обучаемым тут же с помощью пункта меню WP Graphic Editor и сохраненный им с помощью пункта меню Save с любым именем.

После этой процедуры загруженный в ECDIS маршрут будет автоматически передаваться в авторулевой и Вам останется только нажать его управляющую кнопку "Track Control" в нужный момент времени.

Примечание: Если ECDIS не включен в конфигурацию мостика, на авторулевой всегда автоматически передаются путевые точки маршрута Инструктора, и в этом случае никакие настройки не нужны.

13.5. Управление по угловой скорости

Этот вид операции особенно важен для речных и морских судов во время маневров.

выполняются беззапросные измерения псевдодальности и радиальной псевдоскорости до четырех (трех) спутников ГЛОНАСС, а также прием и обработка навигационных сообщений, содержащихся в составе спутниковых навигационных радиосигналов. В навигационном сообщении описывается положение спутника в пространстве и времени. В результате обработки полученных измерений и принятых навигационных сообщений определяются три (две) координаты потребителя, три (две) составляющие вектора скорости его движения, а также осуществляется "привязка" шкалы времени потребителя к шкале Госэталона Координированного Всемирного времени UTC(SU).

Данные, обеспечивающие планирование сеансов навигационных определений, выбор рабочего "созвездия" навигационных космических аппаратов и обнаружение передаваемых ими радиосигналов, передаются в составе навигационного сообщения.

14.5. Общие характеристики навигационного сигнала, излучаемого НКА системы ГЛОНАСС

14.5.1. Интерфейс между подсистемой космических аппаратов (ПКА) и навигационной аппаратурой потребителей (НАП) состоит из радиолиний L-диапазона частот (рисунок 14.1). Каждый НКА системы ГЛОНАСС передает навигационные радиосигналы в двух частотных поддиапазонах (L1 ~ 1,6 ГГц и L2 ~ 1,2 ГГц).

В системе ГЛОНАСС используется частотное разделение навигационных радиосигналов НКА в обоих поддиапазонах L1 и L2. Каждый НКА передает навигационные радиосигналы на собственных частотах поддиапазонов L1 и L2. НКА, находящиеся в противоположных точках орбитальной плоскости (антиподные НКА), могут передавать навигационные радиосигналы на одинаковых частотах.

В радиолиниях частотных поддиапазонов L1 и L2 НКА ГЛОНАСС передают навигационные радиосигналы двух типов: стандартной точности и высокой точности.

Сигнал стандартной точности с тактовой частотой 0,511 МГц предназначен для использования российскими и зарубежными гражданами потребителями.

Сигнал высокой точности с тактовой частотой 5,11 МГц модулирован специальным кодом и не рекомендуется к использованию без согласования с Министерством обороны Российской Федерации.

В дальнейшем рассматриваются структура и характеристики навигационного радиосигнала стандартной точности с тактовой частотой 0,511 МГц, передаваемого спутниками ГЛОНАСС и ГЛОНАСС-М в поддиапазонах L1 и L2.



5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

СОСТАВ И СТРУКТУРА ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

14.1. Цель занятия: Ознакомиться с назначением, составом и структурой сигнала системы ГЛОНАСС.

14.2. Назначение системы ГЛОНАСС

Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС предназначена для определения местоположения, скорости движения, а также точного времени морских, воздушных, сухопутных и других видов потребителей.

14.3. Состав системы ГЛОНАСС

Система ГЛОНАСС состоит из трех подсистем:

- подсистемы космических аппаратов (ПКА);
- подсистемы контроля и управления (ПКУ);
- навигационной аппаратуры потребителей (НАП).

Подсистема космических аппаратов системы ГЛОНАСС состоит из 24-х спутников, находящихся на круговых орбитах высотой 19100 км, наклонением 64,8° и периодом обращения 11 часов 15 минут в трех орбитальных плоскостях. Орбитальные плоскости разнесены по долготе на 120°. В каждой орбитальной плоскости размещаются по 8 спутников с равномерным сдвигом по аргументу широты 45°. Кроме этого, в плоскостях положение спутников сдвинуты относительно друг друга по аргументу широты на 15°. Такая конфигурация ПКА позволяет обеспечить непрерывное и глобальное покрытие земной поверхности и околоземного пространства навигационным полем.

Подсистема контроля и управления состоит из Центра управления системой ГЛОНАСС и сети станций измерения, управления и контроля, рассредоточенной по всей территории России. В задачи ПКУ входит контроль правильности функционирования ПКА, непрерывное уточнение параметров орбит и выдача на спутники временных программ, команд управления и навигационной информации.

Навигационная аппаратура потребителей состоит из навигационных приемников и устройств обработки, предназначенных для приема навигационных сигналов спутников ГЛОНАСС и вычисления собственных координат, скорости и времени.

14.4. Концепция навигационных определений

Навигационной аппаратурой потребителей системы ГЛОНАСС

Управление по угловой скорости активизируется при помощи выбранной кнопки **R.o.T. Tiller**. Заданная угловая скорость указывается внешним тиллером и сохраняется авторулевым.

В этом операционном режиме включен индикатор кнопки **R.o.T. Tiller**, дисплеи заданного и текущего курсов указывают те же самые значения.

За исключением ввода параметра по 'Yawing', здесь **ввод остальных параметров** производится точно также, как излагалось выше в главе "Ввод параметров управления курсом".

Ввод/проверка параметров по 'Yawing'. Устройство управления угловой скоростью судна может регулироваться посредством коэффициента 'Yawing':

1. 'Yawing 1' = 'hard' (постоянный) параметр устройства управления;
2. 'Yawing 2' = 'normal' (нормальный) параметр устройства управления;
3. 'Yawing 3...6' - 'soft' (непостоянный) параметр устройства управления.

13.6. Алармы

13.6.1. Аларм ухода с курса. Причиной появления аларма является ошибка ухода с курса, которая превышает установленный предел. Этот аларм не выдается в случае прямой установки курса или непосредственно после преднамеренного изменения курса судна.

Устранение аларма возможно когда курс по магнитному компасу изменится в соответствии с заданным курсом (мониторный аларм курса).

Сигнализация: Поле сегментного индикатора ухода с курса мигает + звуковой сигнал (непрерывный звук); индикатор клавиши **Test/Reset** мигает.

Причиной появления сигнала является повреждение NAUTOPILOT D.

Принимаемые меры: Нажмите клавишу **Test/Reset**, звуковой сигнал аннулируется. Оба индикатора перейдут с мигающего режима на постоянный.

Проверьте или увеличьте предел ухода с курса.

Перейдите на ручное управление в случае операционной ошибки (повреждения NAUTOPILOT D).

13.6.2. Аларм отвержения. Причиной возникновения аларма является попытка переключения на другое рулевое устройство во время работы авторулевого.



Сигнализация: Индикатор клавиши **Autop. ON** мигает и раздается звуковой сигнал (непрерывный звук); индикатор клавиши **Test/Reset** мигает.

Принимаемые меры: Нажмите клавишу **Test/Reset**, звуковой сигнал аннулируется. Мигающий световой режим индикатора перейдет на постоянный.

Нажмите клавишу **Autop. ON**. Теперь управление курсом выполняется авторулевым (NAUTOPILOT D).

13.6.3. Скоростной аларм. Скоростной аларм подается в следующих случаях:

1. Когда скорость на постоянном курсе за время менее 10 секунд изменяется более, чем на 7.2 узла (соответствует более 4-м импульсам лага), (например ошибки по лагу или повреждение электроники).

2. Когда скорость судна слишком мала для нормальной работы авторулевого (обычно менее 4 узлов).

Сигнализация: Поле сегментного индикатора 'Speed' (скорости) мигает раздается звуковой сигнал (непрерывный звук); индикатор клавиши **Test/Reset** мигает.

Принимаемые меры:

Нажмите клавишу **Test/Reset**, звуковой сигнал аннулируется.

Мигающий световой режим двух индикаторов перейдет на постоянный.

В случае 1: Перейдите на ручной ввод скорости.

В случае 2: Если потребуется, перейдите на ручное управление, в связи с понижением качества управления NAUTOPILOT D.

Внимание: Текущее значение скорости должно быть обязательно проверено. Если этот параметр упал ниже 5 узлов, то немедленно перейдите на ручное управление!

13.6.4. Аларм синхронизации. Причинами появления аларма является падения напряжения или повреждение в системе сопряжения с гироскопом.

Сигнализация: Поле сегментного индикатора 'Synchr. Gyro' мигает и раздается звуковой сигнал (непрерывный звук); индикатор клавиши **Test/Reset** мигает.

Принимаемые меры:

Нажмите клавишу **Test/Reset**, звуковой аларм аннулируется.

Мигающий световой режим двух индикаторов перейдет на постоянный.

13.7. Предупреждения

Предупреждения выдаются когда нужно обратить внимание пользователя на сопутствующие обстоятельства. Непосредственное вмешательство не требуется.

Нажатие клавиши **Test/Reset** требуется.

14.6.1. Предупреждение об ограничении угла перекадки руля. Причиной появления предупреждения является то, что угол перекадки руля достиг установленного предела.

Сигнализация: Поле сегментного индикатора панели 'Rud. Urn.' мигает и раздается звуковой сигнал с перерывом в 3 секунды.

Принимаемые меры:

Проверьте коэффициент ограничения угла перекадки руля.

Предупреждение ограничения угла перекадки руля не появляется во время непосредственного ввода заданного курса и пока не отпускается вращающаяся рукоятка.

Проведите **ламповый тест**, для чего нажмите кнопку **Test/Reset**, таким образом подключится тест программа.

Все индикаторы на передней панели действующего устройства должны загореться.

Дисплей **текущего** курса показывает **8.8.8.8.**

Слова 'Set Course' (заданный курс) мигают.

Дисплей **заданного** курса показывает **8.8.8.8.**

Дополнительно загорается аналоговый дисплей.

13.8. Контрольные вопросы

1. Для чего служит операция «Ввод/проверка параметра "Yawing"»?
2. Для чего служит операция «Ввод/проверка параметра "Rudder"»?
3. Для чего служит операция «Ввод/проверка параметра «Counter Rudder»»?
4. Для чего служит операция «Ввод/проверка параметра «Speed»»?
5. Для чего служит операция «Ввод/проверка параметра "Rudder Limitation"»?
6. Для чего служит операция «Ввод/проверка параметра "Rudder Limitation"»?
7. Для чего служит операция «Ввод/проверка параметра «Rate of Turn»»?
8. Какие алармы и предупреждения могут появляться при эксплуатации авторулевого?

