

6. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ И СОДЕРЖАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ СО СПУТНИКОВ ГЛОНАСС

6.1. Общая характеристика формата сообщения

Передаваемые в радиосигналах навигационные сообщения ГЛОНАСС предназначены для проведения потребителями навигационных определений, привязки к точному времени и планирования сеансов навигации [2].

Навигационное сообщение передается в виде потока цифровой информации, закодированной по коду Хемминга и преобразованной в относительный код. Структурно поток цифровой информации (ЦИ) формируется в виде непрерывно повторяющихся суперкадров.

Суперкадр имеет длительность 2,5 мин и состоит из 5 кадров длительностью 30 с. Кадр состоит из 15 строк длительностью 2 с.

Границы строк, кадров и *суперкадров* различных навигационных спутников синхронны с погрешностью не более 2 мс.

Содержанию навигационного сообщения подразделяется на *оперативную* и *неоперативную* информацию.

Оперативная информация относится к навигационному спутнику, с которого передается навигационный радиосигнал и содержит:

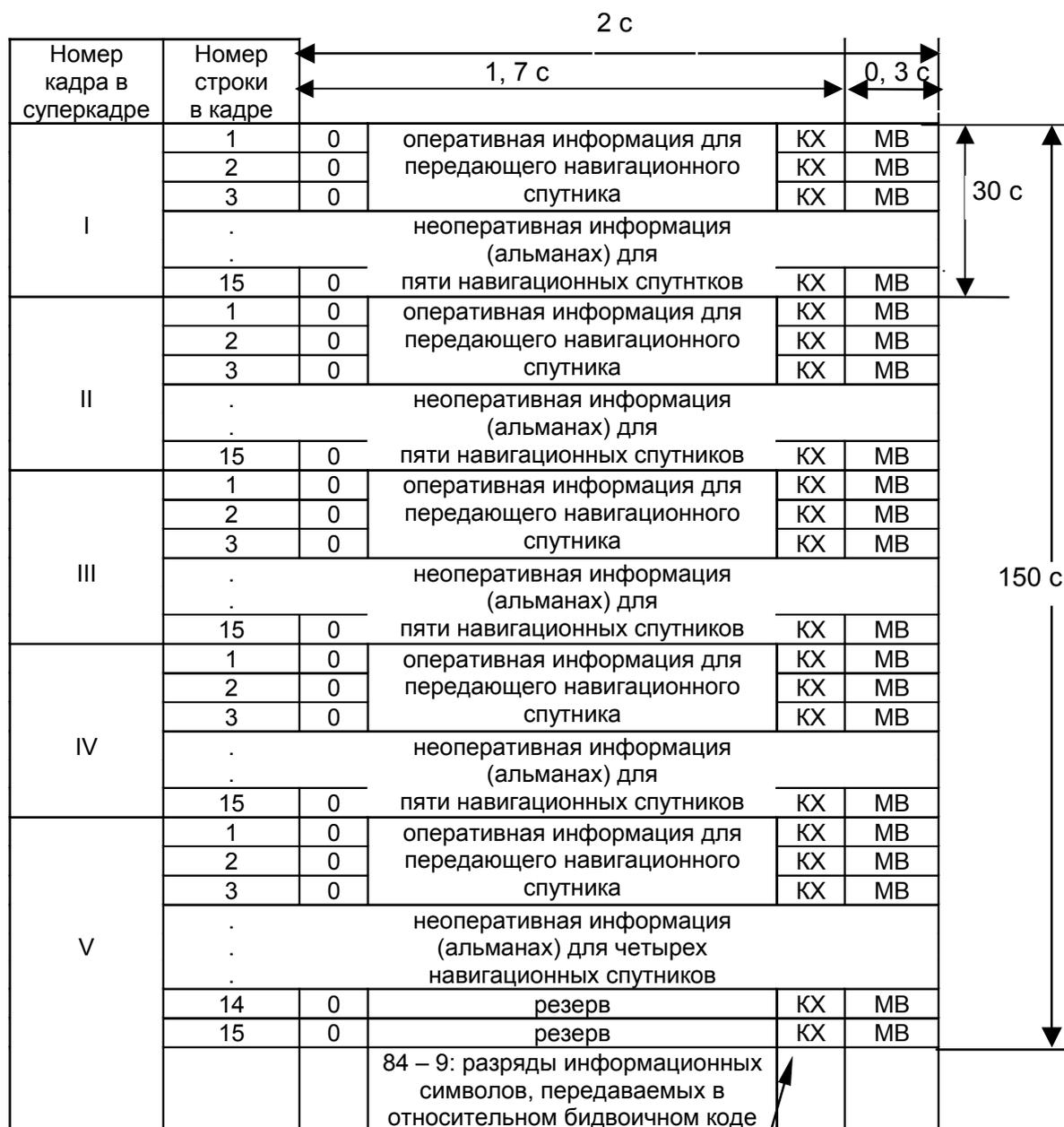
- оцифровку меток времени навигационного спутника;
- сдвиг шкалы времени навигационного спутника относительно шкалы времени ГЛОНАСС;
- относительное отличие несущей частоты излучаемого навигационного радиосигнала от номинального значения;
- эфемериды навигационного спутника.

Неоперативная информация содержит:

- альманах всех спутников (альманах состояния);
- сдвиг шкалы времени каждого навигационного спутника относительно шкалы времени ГЛОНАСС (альманах фаз);
- параметры орбит всех навигационных спутников (альманах орбит);
- сдвиг шкалы времени ГЛОНАСС относительно UTC(SU).

В пределах каждого *суперкадра* передается полный объем неоперативной информации (альманах) для всех 24 навигационных спутника ГЛОНАСС.

На рис. 6.1. приведена структура *суперкадра* с указанием номеров кадров в суперкадре и номеров строк в кадрах.



8 – 1: разряды символов кода Хэмминга

Рис. 6.1. Структура суперкадра навигационного сообщения ГЛОНАСС

Структура кадра, состоящая из 15 строк изображена на рис. 6.2, а и рис. 6.2, б.

Навигационные кадры с первого по четвертый идентичны. В кадре 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.

№ Строчки (P2 ¹)	1	m ⁴	2	P1	2	t _k	12	x _n '(t _b)	24	x _n ''(t _b)	5	x _n (t _b)	27	KX	8	MB	
	2	m ⁴	B _n	3	t _b	7		y _n '(t _b)	24	y _n ''(t _b)	5	y _n (t _b)	27	KX	8	MB	
(P3 ¹)	3	m ⁴				γ _n (t _b)	11	z _n '(t _b)	24	z _n ''(t _b)	5	z _n (t _b)	27	KX	8	MB	
	4	m ⁴				τ _n (t _b)	22	Δτ _n	5	E _n	5						
	5	m ⁴				N ^A	11	τ _c	32			N ₄	5	τ _{GPS}	22	l _n	
(C _n)	6	m ⁴	M _n ²	2	n ^A	5	τ _n ^A	10	λ _n ^A	21	Δi _n ^A	18	ε _n ^A	15	KX	8	MB
	7	m ⁴				ω _n ^A	16	t _{λ_n^A}	21	ΔT _n ^A	22	ΔT _n ^{A 7}	H _n ^{A 5}	l _n	KX	8	MB
	8	m ⁴	M _n ²	2	n ^A	5	τ _n ^A	10	λ _n ^A	21	Δi _n ^A	18	ε _n ^A	15	KX	8	MB
	9	m ⁴				ω _n ^A	16	t _{λ_n^A}	21	ΔT _n ^A	22	ΔT _n ^{A 7}	H _n ^{A 5}	l _n	KX	8	MB
	10	m ⁴	M _n ²	2	n ^A	5	τ _n ^A	10	λ _n ^A	21	Δi _n ^A	18	ε _n ^A	15	KX	8	MB
	11	m ⁴				ω _n ^A	16	t _{λ_n^A}	21	ΔT _n ^A	22	ΔT _n ^{A 7}	H _n ^{A 5}	l _n	KX	8	MB
	12	m ⁴	M _n ²	2	n ^A	5	τ _n ^A	10	λ _n ^A	21	Δi _n ^A	18	ε _n ^A	15	KX	8	MB
	13	m ⁴				ω _n ^A	16	t _{λ_n^A}	21	ΔT _n ^A	22	ΔT _n ^{A 7}	H _n ^{A 5}	l _n	KX	8	MB
	14	m ⁴	M _n ²	2	n ^A	5	τ _n ^A	10	λ _n ^A	21	Δi _n ^A	18	ε _n ^A	15	KX	8	MB
	15	m ⁴				ω _n ^A	16	t _{λ_n^A}	21	ΔT _n ^A	22	ΔT _n ^{A 7}	H _n ^{A 5}	l _n	KX	8	MB

Рис. 6.2,а. Структура навигационных кадров с 1-го по 4-й

№ Строк (P2 ¹)	1	m ⁴	2	P1	2	t _k	12	x _n '(t _b)	24	x _n ''(t _b)	5	x _n '''(t _b)	27	KX	8	MB									
	2	m ⁴	B _n	3	t _b	7		y _n '(t _b)	24	y _n ''(t _b)	5	y _n '''(t _b)	27	KX	8	MB									
(P3 ¹)	3	m ⁴		γ _n (t _b)	11	2	P	1	z _n '(t _b)	24	z _n ''(t _b)	5	z _n '''(t _b)	27	KX	8	MB								
	4	m ⁴		τ _n (t _b)	22	Δτ _n	5	E _n	5		P4	12	FT	4	3	N _T	11	n	5	M	2	KX	8	MB	
(C _n)	5	m ⁴		N ^A	11	τ _e	32		N ₄	5	τ _{GPS}	22										KX	8	MB	
	6	m ⁴	M _n ²	n ^A	5	τ _n ^A	10	λ _n ^A	21	Δi _n ^A	18	ε _n ^A	15									KX	8	MB	
	7	m ⁴		ω _n ^A	16	τ _{λ_n^A}	21	ΔT _n ^A	22	ΔT _n ^A	7	H _n ^A	5	I _n								KX	8	MB	
	8	m ⁴	M _n ²	n ^A	5	τ _n ^A	10	λ _n ^A	21	Δi _n ^A	18	ε _n ^A	15										KX	8	MB
	9	m ⁴		ω _n ^A	16	τ _{λ_n^A}	21	ΔT _n ^A	22	ΔT _n ^A	7	H _n ^A	5	I _n									KX	8	MB
	10	m ⁴	M _n ²	n ^A	5	τ _n ^A	10	λ _n ^A	21	Δi _n ^A	18	ε _n ^A	15										KX	8	MB
	11	m ⁴		ω _n ^A	16	τ _{λ_n^A}	21	ΔT _n ^A	22	ΔT _n ^A	7	H _n ^A	5	I _n									KX	8	MB
	12	m ⁴	M _n ²	n ^A	5	τ _n ^A	10	λ _n ^A	21	Δi _n ^A	18	ε _n ^A	15										KX	8	MB
	13	m ⁴		ω _n ^A	16	τ _{λ_n^A}	21	ΔT _n ^A	22	ΔT _n ^A	7	H _n ^A	5	I _n									KX	8	MB
	14	m ⁴		B ₁	11	B ₂	10	KP	2														KX	8	MB
	15	m ⁴												I _n									KX	8	MB

Рис. 6.2,б. Структура навигационных кадров (5-й кадр)

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.

6.2. Структура и содержание строк в кадре сигналов ГЛОНАСС

Структура информационной строки изображена на рис. 6.3. Каждая строка содержит двоичные символы цифровой информации (ЦИ) и метку времени. Длительность строки ЦИ равна 2 с, из них 0,3 с в конце строки занимает укороченная псевдослучайная последовательность метки времени (ПСПМВ), состоящая из 30-ти символов длительностью 10 мс каждый. Оставшуюся часть строки (1,7 с) занимает ЦИ с символьной частотой 50 Гц, сложенная по модулю два с меандром двойной символьной частоты 100 Гц (бидвоичный код).

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".



Рис. 6.3. Структура информационной строки сигнала ГЛОНАСС

Структура строк 1-15 для 1-5 кадров и содержание, передаваемой навигационной информации приведены на рис. 6. 4- 6. 11.

8	8	8	8	8	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48		
5	4	3	2	1																																			
0	m				P1 (2)	t_k (12)												x_n(t_b) (24)																					
	Номер строки в навигационном кадре				Резерв	признак смены оперативной информации	время начала кадра внутри текущих суток, исчисляемое в шкале бортового времени. Начало суток по бортовому времени спутника совпадает с началом очередного суперкадра.												составляющие вектора скорости n-го навигационного спутника в системе координат ПЗ-90 на момент времени t _b ...																				

4	4	4	4	4	4	4	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
7	6	5	4	3	2	1	..					x_n(t_b) (27)																										
x_n(t_b) (24)							x_n(t_b) (5)																															
составляющие вектора скорости n-го навигационного спутника на момент времени t _b							составляющие ускорения n-го спутника на момент времени t _b					координаты n-го навигационного спутника в системе координат ПЗ-90 на момент времени t _b ;																										

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Код Хемминга								Метка времени																													

Рис. 6.4. Структура 1 строки для (1- 4) кадров суперкадра

85	84	83	82	81	8	7	78	77	7	7	7	7	7	7	70	6	6	6	6	65	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	48
0	m				B_n (3)	P2	t_b (7)							(5)	y_n(t_b) ... (24) (41-64)																								
	Номер строки в навигационном кадре					признак четности	порядковый номер временного интервала внутри текущих суток по шкале системного времени ГЛОНАСС, к середине которого относится передаваемая в кадре оперативная информация							Резерв	составляющие вектора скорости n-го навигационного спутника в системе координат ПЗ-90 на момент времени t _b ...																								

4	4	4	4	4	4	4	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
7	6	5	4	3	2	1	..					y_n(t_b) (27) (9-35)																										
y_n(t_b) (24) (41-64)							y_n(t_b) (5)																															
составляющие вектора скорости n-го навигационного спутника на							составляющие ускорения n-го навигационно					координаты n-го навигационного спутника в системе координат ПЗ-90 на момент времени t _b ;																										

момент времени $t_b...$	го спутника на момент времени t_b	
-------------------------	-------------------------------------	--

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Код Хемминга								Метка времени																													

Рис. 6.5. Структура 2-й строки для (1- 4) кадров суперкадра

8	8	8	8	8	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48
5	4	3	2	1	PЗ	$\gamma_n(t_k)$ (11) (65-76)												(2)	P	I_n	$z_n(t_b) \dots$ (24) (41-64)																
0	m (4)					Номер строки в навигационном кадре												Резерв	<small>признак резерва работы НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ</small>	<small>признак резерва работы НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ</small>	составляющие вектора скорости n-го НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ в системе координат ПЗ-90 на момент времени $t_b \dots$																

4	4	4	4	4	4	4	4	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
7	6	5	4	3	2	1	$z_n(t_b)$ (24) (41-64)				$z_n(t_b)$ (5)				$z_n(t_b)$ (27) (9-35)																								
составляющие вектора скорости n-го НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ на момент времени $t_b \dots$							составляющие ускорения n-го НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ на момент времени t_b				координаты n-го навигационного спутника в системе координат ПЗ-90 на момент времени t_b																												

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Код Хемминга								Метка времени																													

Рис. 6.6. Структура 3-й строки для (1- 4) кадров суперкадра

8	8	8	8	8	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48		
5	4	3	2	1	$\tau_n(t_b)$ (22)												$\Delta\tau_n$ (5)					E_n (5)																	
0	m (4)				Номер строки в навигационном кадре												сдвиг шкалы времени n-го спутника t_n относительно шкалы времени системы ГЛОНАСС t_c												смещение излучаемого навигационного радиосигнала					"возраст" оперативной информации					

4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	35	34	33	32	31	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	9
(14) (35-48)													P4	F_T (4)				(3)	N_T (11)											n (5)				M(2)	
Резерв													признак смена состояния	фактор точности измерений				Резерв	текущая дата											номер навигационного спутника				модификация спутников	

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Код Хемминга										Метка времени																											

Рис. 6.7. Структура 4-й строки для (1- 4) кадров суперкадра

8	8	8	8	8	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48		
5	m (4)				N^A (11)											τ_c ... (32)																							
	Номер строки в навигационном кадре				календарный номер суток внутри четырех-летнего периода от начала високосного года											поправка к шкале времени системы ГЛОНАСС относительно UTC(SU). Поправка τ _c дана на начало суток с номером N ^A																							

47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
... τ_c (32)											1	N₄ (5)					τ_{GPS} (22)																		l_n			
поправка к шкале времени системы ГЛОНАСС относительно UTC(SU). Поправка τ _c дана на начало суток с номером N ^A											Резерв	номер четырехлетнего периода, первый год нулевого четырехлетия соответствует 1996 году					поправка на расхождение системных шкал времени GPS(T _{GPS}) и ГЛОНАСС (T _{ГЛ}) в соответствии со следующим выражением: $T_{GPS} - T_{ГЛ} = \Delta T + \tau_{GPS}$																		признак недостоверности кадра			

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Код Хемминга										Метка времени																											

Рис. 6.8. Структура 5-й строки для (1- 4) кадров суперкадра

8	8	8	8	81	80	7	78	7	7	7	7	73	7	7	7	6	6	6	6	6	6	63	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	48
6	m (4)				C_n^A	M_n^A (2)		n^A (5)					τ_n^{A7} (10)										λ_n^{A5} (21) ...															

--	--

Рис. 6.10. Структура 7, 9, 11, 13, 15 строки для (1- 4) кадров суперкадра, 7, 9, 11, 13 - строки для 5 кадра суперкадра

8	8	8	8	8	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48
$\bar{\theta}$	4	3	m^2	1	V_1 (11)											V_2 (10)										K_p (2)		(49) (9-57)									
Номер строки в навигационном кадре				коэффициент для определения ΔUT_1 , равный величине расхождения всемирного и координированного времени на начало текущих суток											коэффициент для определения ΔUT_1 , равный величине суточного изменения расхождения ΔUT_1										признак ожидаемой секундной коррекции шкалы UTC на величину ± 1 с.		Резерв										

47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
(49) (9-57)																																						
Резерв																																						

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Код Хемминга								Метка времени																													

Рис. 6.11. Структура 14 строки для 5 кадра суперкадра

6.3. Оперативная информация навигационного сообщения системы ГЛОНАСС

Слово **m** - номер строки в навигационном кадре.

Слово **t_к** - 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 **V_n** – признак достоверности кадра n-го навигационного спутника. 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_б** – 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_б** определяются значением слова **P1**.

Слово **P** – признак режима работы навигационного спутника по частотно-временной информации (ЧВИ)⁽¹⁾. При **P = 1** ЧВИ рассчитывается на борту навигационного спутника; при **P = 0** ЧВИ рассчитывается подсистемой контроля и управления и закладывается на борт навигационного спутника.

Слово **P1** - признак смены оперативной информации; признак сообщает величину интервала времени между значениями **t_б** (мин) в данном и предыдущем кадрах, как показано в таблице 6.1

Таблица 6.1. Значения слова P1

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

Слово **P2** - признак нечетности ("1") или четности ("0") числового значения слова **t_б** (для интервалов 30 или 60 минут).

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, смена состояния "1" или "0" которого означает, что в данном кадре передается обновленная эфемеридная или частотно-временная информация ⁽¹⁾.

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

Слово **n** – номер навигационного спутника, излучающего навигационный сигнал ⁽¹⁾ и соответствующий его рабочей точке.

Слово **F_T** – фактор точности измерений, характеризующий в виде эквивалентной ошибки ошибку набора данных, излучаемых в навигационном сообщении на момент времени t_b , как показано в таблице 6. 2. ⁽¹⁾.

Таблица 6.2- Значения слова F_T

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 **Δτ_n** – смещение излучаемого навигационного радиосигнала поддиапазона L2 относительно навигационного радиосигнала поддиапазона L1 для n-го навигационного спутника:

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

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

Слово **M** – модификация навигационного спутника, излучающего данный навигационный сигнал. Значение "00" означает навигационные спутники ГЛОНАСС, "01" – навигационные спутники ГЛОНАСС-М ⁽¹⁾.

Слово **γ_n (t_b)** - относительное отклонение прогнозируемого значения несущей частоты излучаемого радиосигнала n-го спутника от номинального значения на момент времени t_b

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

где:

$f_n(t_b)$ - прогнозируемое значение несущей частоты излучаемого радиосигнала n-го спутника с учетом гравитационного и релятивистского эффектов на момент времени t_b ;

f_{nn} - номинальное значение несущей частоты радиосигнала n-го спутника.

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 навигационного спутника; $I_n = 1$ означает факт непригодности данного спутника для навигации.

Слова $x_n(t_b)$, $y_n(t_b)$, $z_n(t_b)$ - координаты n-го навигационного спутника 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 навигационного спутника 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 навигационного спутника в системе координат ПЗ-90 на момент времени t_b , обусловленные действием Луны и Солнца.

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

Размещение слов оперативной информации навигационного сообщения в кадре представлено в таблице 6.3

Таблица 6.3. Размещение оперативной информации

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

Слово	Количество разрядов	Номер строки в кадре	Номера разрядов в строке
$x_n(t_b)$	27	1	9 - 35
$y_n(t_b)$	27	2	9 - 35
$z_n(t_b)$	27	3	9 - 35
$\dot{x}_n(t_b)$	24	1	41 - 64
$\dot{y}_n(t_b)$	24	2	41 - 64
$\dot{z}_n(t_b)$	24	3	41 - 64
$\ddot{x}_n(t_b)$	5	1	36 - 40
$\ddot{y}_n(t_b)$	5	2	36 - 40
$\ddot{z}_n(t_b)$	5	3	36 - 40
P	1	3	66
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
l_n	1	3,5,7,9,11,13,15	65 (3-я строка), 9 (5,7,9,11,13,15 строки)

Разрядность, единицы измерения и диапазон значений слов оперативной информации навигационного сообщения даны в таблице 6.4.

Таблица 6.4. 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;1	безразмерная
$\gamma_n(t_b)$ ⁽²⁾	11	2^{-40}	$\pm 2^{-30}$	безразмерная
$\tau_n(t_b)$ ⁽²⁾	22	2^{-30}	$\pm 2^{-9}$	с
$x_n(t_b), y_n(t_b), z_n(t_b)$ ⁽²⁾	27	2^{-11}	$\pm 2,7 \cdot 10^4$	км

$\dot{x}_n(t_b), \dot{y}_n(t_b), \dot{z}_n(t_b)$ ⁽²⁾	24	2^{-20}	$\pm 4,3$	км/с
$\ddot{x}_n(t_b), \ddot{y}_n(t_b), \ddot{z}_n(t_b)$ ⁽²⁾	5	2^{-30}	$\pm 6,2 \cdot 10^{-9}$	км/с ²
B_n	3	1	0...7	безразмерная
P ⁽¹⁾	1	1	0;1	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}	$\pm 13,97 \cdot 10^{-9}$	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

Примечания:

⁽¹⁾: - данные слова планируется ввести в навигационное сообщение спутника ГЛОНАСС-М.

⁽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 “-”.

6.4. Альманах ГЛОНАСС

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.

Альманах ГЛОНАСС распределяется по строкам и кадрам согласно таблицы 6.5 и таблицы 6.6.

Таблица 6.5. Размещение альманаха в кадре навигационного сообщения

Слово*	Число разрядов	Номера строк в кадре ⁽¹⁾	Номера разрядов в строках
τ_c	32	5	38 –
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
$t_{\lambda n}^A$	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
$\dot{\Delta T}_n^A$	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

Примечание:

⁽¹⁾: - даны номера строк первых четырёх кадров суперкадра; в пятом кадре строки 14 и 15 не содержат параметров альманаха.

Таблица 6.6- Распределение альманаха системы ГЛОНАСС по кадрам

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

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

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

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

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

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

где:

ΔT – целая часть, а τ_{GPS} – дробная часть расхождения шкал времени, выраженного в секундах. Целая часть расхождения ΔT определяется потребителем из навигационного сообщения системы GPS ⁽¹⁾.

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).

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

Слово H_n^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 наклонения орбиты для спутника с номером n^A на момент $t_{\lambda n}^A$ (среднее значение наклонения орбиты принимается 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 навигационного спутника ⁽¹⁾; "00" – ГЛОНАСС, "01" – ГЛОНАСС-М.

Слово **B1** – коэффициент для определения $\Delta UT1$, равный величине расхождения всемирного и координированного времени на начало текущих суток ⁽¹⁾.

Слово **B2** – коэффициент для определения $\Delta UT1$, равный величине суточного изменения расхождения $\Delta UT1$ ⁽¹⁾.

Слово **KP** – признак ожидаемой секундной коррекции шкалы UTC на величину ± 1 с, как показано в таблице 6.7 ⁽¹⁾.

Таблица 6.7. Значения слова КР

КР	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 **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 (первые 5 недель) передается один из перечисленных признаков, если решение уже принято, или код 10, если решение о коррекции шкалы UTC не принято.

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, 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), согласно таблице 6.8.

Таблица 6.8. 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

Разрядность, единицы измерения и диапазон значений слов альманаха ГЛОНАСС приведены в таблице 6.9

Таблица 6.9. Значения слов альманаха ГЛОНАСС

Слово*	Число разрядов	Цена младшего разряда	Диапазон значений	Единица измерения
τ_c ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁴⁾	28	2^{-27}	± 1	с
τ_{GPS} ⁽¹⁾⁽²⁾	22	2^{-30}	$\pm 1,9 \cdot 10^{-3}$	с
N_4 ⁽¹⁾	5	1	0-31	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
λ_n^A ⁽²⁾	21	2^{-20}	± 1	полуцикл
$t_{\lambda_n^A}$	21	2^{-5}	0...44100	с
Δi_n^A ⁽²⁾	18	2^{-20}	$\pm 0,067$	полуцикл
ΔT_n^A ⁽²⁾	22	2^{-9}	$\pm 3,6 \cdot 10^3$	с/виток
$\Delta \dot{T}_n^A$ ⁽²⁾	7	2^{-14}	$\pm 2^{-8}$	с/виток ²
ε_n^A	15	2^{-20}	0...0,03	безразмерная
ω_n^A ⁽²⁾	16	2^{-15}	± 1	полуцикл
M_n^A ⁽¹⁾	2	1	0,1	безразмерная
$B1$ ⁽¹⁾⁽²⁾	11	2^{-10}	$\pm 0,9$	с
$B2$ ⁽¹⁾⁽²⁾	10	2^{-16}	$(-4,5...3,5) \cdot 10^{-3}$	с/ССС.
KP ⁽¹⁾	2	1	0,1	безразмерная
τ_n^A ⁽²⁾	10	2^{-18}	$\pm 1,9 \cdot 10^{-3}$	с
C_n^A	1	1	0...1	безразмерная

Примечания:

(1) данные слова планируется ввести в навигационные сообщения навигационных спутников ГЛОНАСС-М;

(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 "-";

(3) отрицательные значения номера несущей частоты в кадре обозначаются в соответствии с таблицей 6. 10;

(4) предполагается увеличить цену младшего разряда слова τ_c до 2^{-31} с (то есть до 0.46 нс) за счет увеличения в навигационном сообщении спутника ГЛОНАСС-М разрядности τ_c с 28 до 32 разрядов. Слово будет расположено в 5-ой, 20-ой, 35-ой, 50-ой и 65-ой строках суперкадра с 38-го по 69 разряд.

Таблица 6.10. Обозначение несущей частоты

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

6.5. Резервные разряды в суперкадре

Резервные разряды в суперкадре предусмотрены на случай введения 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 6.11.

Таблица 6.11. Размещение резервных разрядов

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	67 – 68	2
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

6.6. 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 ($b_{85}, b_{84}, \dots, b_{10}, b_9$); а младшие 8 разрядов - проверочные символы ($\beta_8, \beta_7, \dots, \beta_2, \beta_1$).

Для исправления однократных ошибок в 85-разрядных кодовых строках формируются контрольные суммы C_1, C_2, \dots, C_7 , а для обнаружения двукратных (и большего четного числа) ошибок формируется контрольная сумма C_Σ . Правила формирования контрольных сумм C_1, \dots, C_7 и C_Σ при проверке достоверности информации в строке приведены в таблице 6. 12.

Таблица 6.12. 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); $C_1, C_2, \dots, C_7, C_\Sigma$ - контрольные суммы; $C_1 = \beta_1 \oplus [\sum_i b_i]_{\text{mod } 2}$ $i = 9, 10, 12, 13, 15, 17, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 63, 65, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84.$ $C_2 = \beta_2 \oplus [\sum_j b_j]_{\text{mod } 2}$ $j = 9, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 36, 37, 40, 41, 44, 45, 48, 49, 52, 53, 56, 57, 60, 61, 64, 65, 67, 68, 71, 72, 75, 76, 79, 80, 83, 84.$ $C_3 = \beta_3 \oplus [\sum_k b_k]_{\text{mod } 2}$ $k = 10-12, 16-19, 23-26, 31-34, 38-41, 46-49, 54-57, 62-65, 69-72, 77-80, 85.$ $C_4 = \beta_4 \oplus [\sum_l b_l]_{\text{mod } 2}$ $l = 13-19, 27-34, 42-49, 58-65, 73-80.$ $C_5 = \beta_5 \oplus [\sum_m b_m]_{\text{mod } 2}$ $m = 20-34, 50-65, 81-85.$ $C_6 = \beta_6 \oplus \left[\sum_{n=35}^{65} b_n \right]_{\text{mod } 2}$ $C_7 = \beta_7 \oplus \left[\sum_{p=66}^{85} b_p \right]_{\text{mod } 2}$ $C_\Sigma = \left[\sum_{q=1}^8 \beta_q \right]_{\text{mod } 2} \oplus \left[\sum_{q=9}^{85} b_q \right]_{\text{mod } 2}$
--

Правила исправления одиночных и обнаружения кратных искажений символов информации:

а) строка считается неискаженной, если все контрольные суммы C_1, \dots, C_7 и сумма C_Σ равны нулю, либо лишь одна из контрольных сумм C_1, \dots, C_7 равна единице и при этом $C_\Sigma = 1$;

б) если две или более контрольных сумм C_1, \dots, C_7 равны единице и $C_\Sigma = 1$, то символ $b_{\text{икор}}$ исправляется на противоположный символ в разряде с порядковым номером

$$i_{\text{кор}} = C_7 C_6 C_5 C_4 C_3 C_2 C_1 + 8 - K, \text{ при условии, что } i_{\text{кор}} \leq 85,$$

где:

$C_7 C_6 C_5 C_4 C_3 C_2 C_1$ - двоичное число, сформированное из контрольных сумм C_1, \dots, C_7 (все двоичные числа записаны младшими разрядами вправо);

K - номер старшей из отличных от нуля контрольных сумм.

Если по формуле для $i_{\text{кор}}$ получается $i_{\text{кор}} > 85$, 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 $C_\Sigma = 0$, либо все суммы C_1, \dots, C_7 равны нулю, но $C_\Sigma = 1$, то фиксируется факт наличия кратных ошибок и фраза бракуется.

