

Сигналы радионавигационной системы ГЛОНАСС

Частоты сигналов в поддиапазоне L1: $f_{k1} = f_{01} + K\Delta f_1$ и в поддиапазоне L2: $f_{k2} = f_{02} + K\Delta f_2$,

где $f_{01} = 1602$ МГц; $\Delta f_1 = 562,5$ кГц, для поддиапазона L1;

$f_{02} = 1246$ МГц; $\Delta f_2 = 437,5$ кГц, для поддиапазона L2; $K = -7, -6, \dots, 6$.

Отношение рабочих частот L1 и L2 $f_{k2} / f_{k1} = 7/9$. Поляризация – правая круговая.

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

Формирование модулирующей последовательности и дальномерного кода

Модулирующая последовательность – сумма по модулю 2 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.

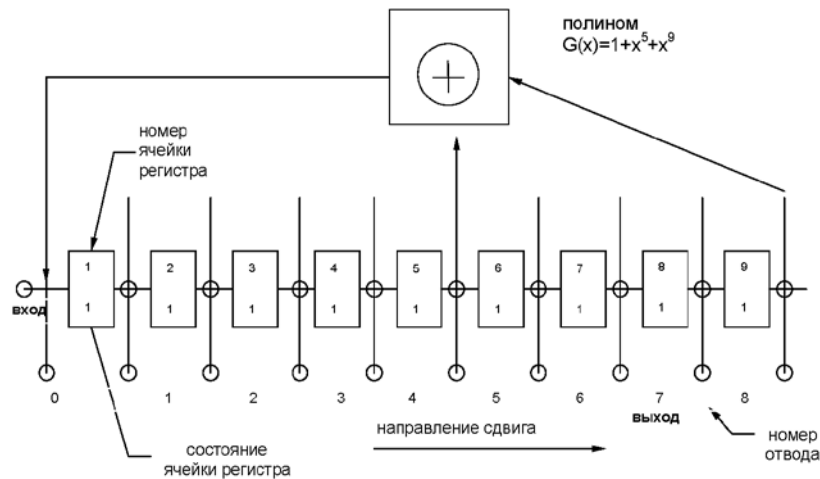


Рис. 1. Структура регистра сдвига, формирующего дальномерный код

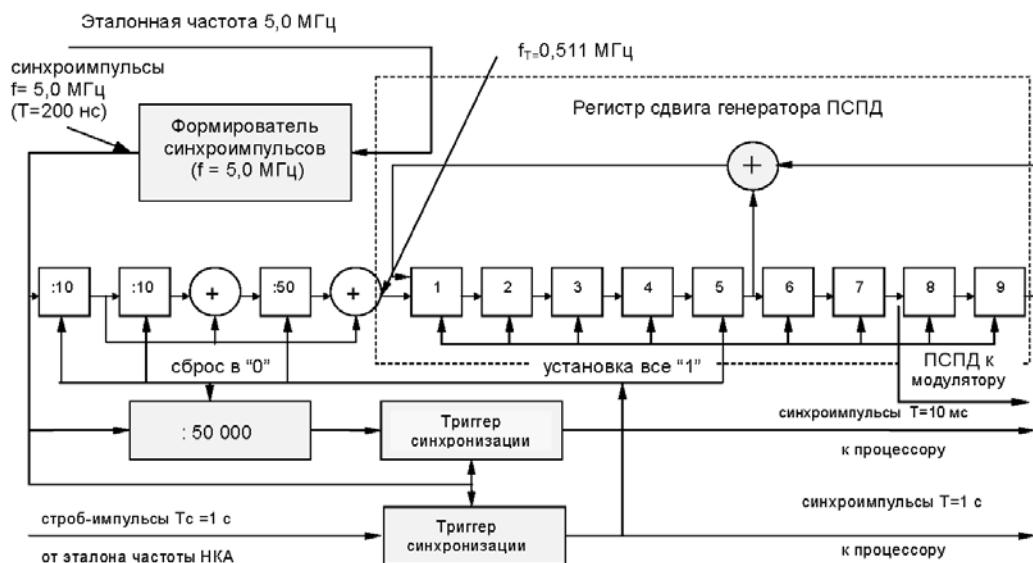


Рис. 2. Схема формирования дальномерного кода ПСПД и синхроимпульсов

Формирование навигационного сообщения

Навигационное сообщение передается строками по 2 с : 1,7 с – цифровая информация, 0,3 с – двоичный код метки времени.

Цифровая информация – сумма по модулю 2 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 – укороченная ПС последовательность длиной 30 символов с длительностью символов 10 мс, соответствующая образуемому полиному $g(x) = 1 + x^3 + x^5$

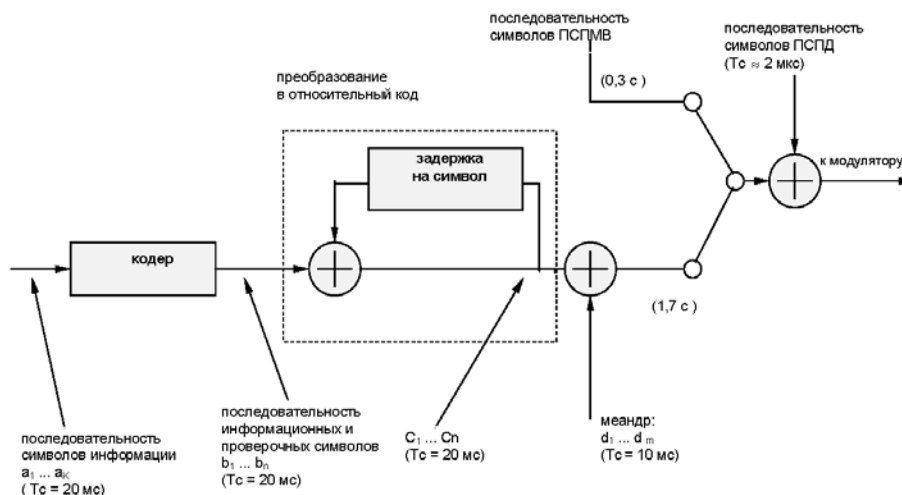


Рис. 3. Структурная схема формирования последовательности данных

Структура навигационного сообщения

Оперативная информация:

- 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.

Навигационное сообщение передается в виде потока цифровой информации (ЦИ), состоящей из суперкадров, кадров и строк с проверочными символами кода Хемминга

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.

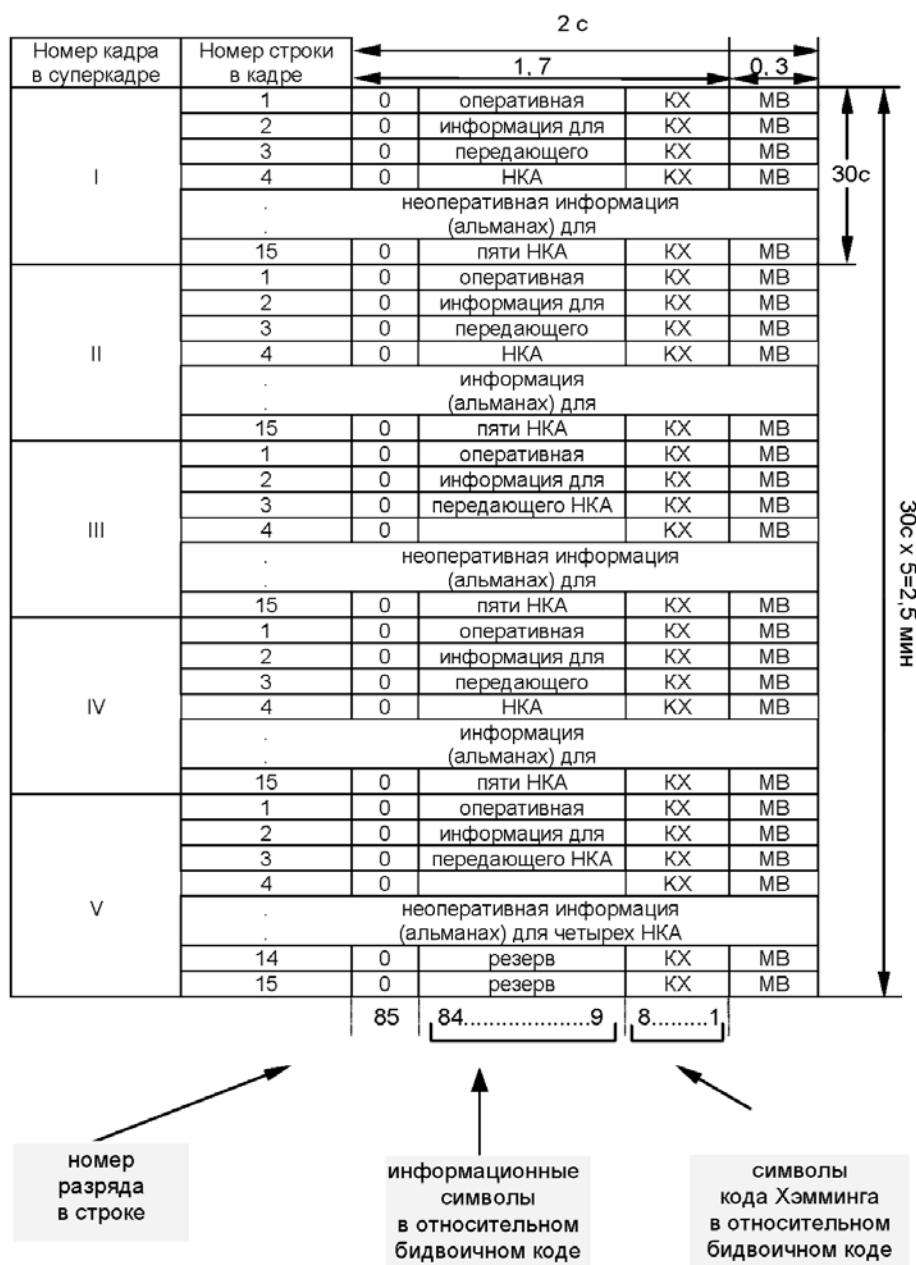


Рис. 4. Структура суперкадра

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

Оперативная информация навигационного сообщения и эфемериды НКА

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 НКА. Аппаратурой потребителя анализируется только старший разряд этого слова, "1" в котором обозначает факт непригодности данного спутника для проведения сеансов измерений;

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 частотно-временной информации, зависит от способа передачи (ретрансляции) параметров τ_c и τ_{GPS} ;

Слово P1 – признак смены оперативной информации; признак сообщает величину интервала времени между значениями t_b (0, 30, 45 или 60 мин) в данном и предыдущем кадрах

Слово P2 – признак нечетности ("1") или четности ("0") числового значения слова t_b (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 того, что на текущем интервале времени t_b средствами подсистемы контроля и управления на НКА заложена (1) или не заложена (0) обновленная эфемеридная или частотно-временная информация.

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

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

Слово F_T – фактор точности измерений, характеризующий в виде эквивалентной ошибки прогнозируемую ошибку измерения псевдодалности, обусловленную набором данных (эфемеридная и частотно-временная информация), излучаемых в навигационном сообщении на момент времени t_b . (минимальна $\sigma = 1$ м при $F_T = 1$, максимальна $\sigma = 512$ м при $F_T = 14$);

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} – аппаратурные задержки в соответствующих поддиапазонах;

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

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 , вычисляемое с учетом гравитационного и релятивистского эффектов

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

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

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

Слова $x_n(t_b)$, $y_n(t_b)$, $z_n(t_b)$ – координаты n-го НКА в системе координат ПЗ-90 на момент 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 (в сутках), прошедший от момента расчета (закладки) оперативной информации до момента времени t_b для n-го спутника. Слово E_n формируется на борту НКА

Неоперативная информация навигационного сообщения, альманах системы 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.

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.

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. 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);

Слово p - 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 ;

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

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

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

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

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

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

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

"01" - ГЛОНАСС-М;

Слова В1 и В2 - 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: $\Delta UT1 = UT1 - UTC(SU)$.

Слово В1 – величина $\Delta UT1$ на начало суток с номером N^A , измеряется в секундах.

Слово В2 – скорость изменения параметра $\Delta UT1$, измеряется в секундах за средние солнечные сутки (с/ссс).

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

Слово КР – признак ожидаемой секундной коррекции шкалы UTC на величину ± 1 с, как показано в таблице:

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 до принятия решения передается признак 10 (решение ещё не принято), а после принятия решения передается 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;

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

Алгоритм проверки достоверности информации в строке

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 .

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 $b_{i_{кор}}$ исправляется на противоположный символ в разряде с порядковым номером $i_{кор} = C_7 C_6 C_5 C_4 C_3 C_2 C_1 + 8 - K$, при условии, что $i_{кор} \leq 85$, 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 $i_{кор}$ получается $i_{кор} > 85$, то 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.