

# **Новые сигналы в спутниковых радионавигационных системах нового поколения**

Заседание секции № 2 НТС Россвязи  
28 марта 2017г.

Зав. кафедрой МТУ (МИРЭА)  
С.М. Ярлыкова

# Тенденции развития СРНС

- определение местоположения осуществляется в комплексе с СРНС других стран;
- необходимая точность позиционирования составляет менее метра при реализации единых принципов формирования применяемых сигналов на всех функционирующих СРНС;
- СРНС других стран находятся в стадии перехода на СРНС нового поколения.

# Цели

- ❑ Обеспечить потенциально более высокую помехоустойчивость и точность СРНС, использующих меандровые ШПС
- ❑ Обеспечить более эффективное использование частотного спектра в L диапазоне в условиях заметно растущего числа гражданских и военных пользователей СРНС и, в частности, обеспечение возможности одновременного функционирования навигационных систем со старыми и новыми радиосигналами, что достигается благодаря «расщеплению» спектра

# Применяемые сигналы в СРНС нового поколения

- Применение AltBOC–сигналов (Alternative binary offset carrier modulated signals) предусматривается в спутниковых радионавигационных системах (СРНС) нового поколения (в частности, Galileo и, как предполагается, Compass).
- Примеры навигационной аппаратуры потребителей (НАП), предназначенной для приема и обработки, в частности, AltBOC–сигналов систем Galileo (диапазон частот E5) и Compass/BeiDou-2 (диапазон частот B2).
  - НАП типа TRIUMPH-VS компании JavadGNSS (США), способная принимать AltBOC–сигналы СРНС Galileo и Compass/BeiDou-2. Аппаратура содержит 216 каналов приема и имеет массу 1,7 кг.
  - Геодезическая НАП типа Leica Viva GNSS GS15 компании Leica Geosystems AG (Швейцария), имеющая 120 каналов приема и массу 1,34 кг, которая также способна принимать AltBOC–сигналы систем Galileo и Compass .
- Значения параметров AltBOC-сигналов СРНС Galileo:  $f_n = 1191,795$  МГц; тип модуляции AltBOC (15,10);  $f_c = 10,23$  МГц;  $f_m = 15,345$  МГц;  $f_{оп} = 1,023$  МГц;  $\tau_c = 0,098$  мкс.

# Технические характеристики сигнала E1 системы Galileo

№ п/п	Характеристики Компоненты	Компонента E1-B (OS)	Компонента E1-C (OS)	Компонента E1-A (PRS)
1	Несущая частота $f_H$ , МГц	$f_H = 1575,42$ МГц		
2	Опорная (базовая) частота $f_{оп}$ , МГц	$f_{оп} = 1,023$ МГц		
3	Тип модуляции	СВОС(6,1,1/11,+)	СВОС(6,1,1/11,-)	cosВОС(15,2.5)
4	Частота следования элементов ППСП $f_c$ , МГц	$f_{c-B} = 1,023$ МГц	$f_{c-C} = 1,023$ МГц	$f_{c-A} = 2,5 f_{оп} = 2,5575$ МГц
5	Длительность элементов ППСП $\tau_c = 1/f_c$ , мкс	$\tau_{c-B} \approx 0,9775$ мкс	$\tau_{c-C} \approx 0,9775$ мкс	$\tau_{c-A} \approx 0,391$ мкс
6	Частота МПК $f_M$ , МГц	Два типа МПК: $f_{M1} = f_{оп} = 1,023$ МГц, $f_{M2} = 6f_{оп} = 6,138$ МГц	Два типа МПК: $f_{M1} = f_{оп} = 1,023$ МГц, $f_{M2} = 6f_{оп} = 6,138$ МГц	$f_{M-A} = 15f_{оп} = 15,345$ МГц
7	Длительность меандровых импульсов $\tau_M = 1/2f_M$ мкс	Два типа меандровых импульсов: $\tau_{M1} \approx 0,4887$ мкс, $\tau_{M2} \approx 0,08146$ мкс	Два типа меандровых импульсов: $\tau_{M1} \approx 0,4887$ мкс, $\tau_{M2} \approx 0,08146$ мкс	$\tau_{M-A} \approx 0,0326$ мкс
8	Период МПК $T_M = 2\tau_M = 1/f_M$ , мкс	Два МПК: $T_{M1} \approx 0,9775$ мкс, $T_{M2} \approx 0,1629$ мкс	Два МПК: $T_{M1} \approx 0,9775$ мкс, $T_{M2} \approx 0,1629$ мкс	$T_{M-A} \approx 0,0652$ мкс
9	Коэффициент расширения спектра $L$	$L_B = 4092$	$L_C = 4092$	$L_A = 25575$
10	Длительность периода ППСП $T_L = L\tau_c$ , мс	$T_{L-B} = 4$ мс	$T_{L-C} = 4$ мс	$T_{L-A} = 10$ мс

# Применяемые сигналы в СРНС нового поколения

- ВОС (binary offset carrier modulated) - сигналы
- МВОС-сигналы (Multiplexed ВОС):
  - ТМВОС-сигналы (Time-Multiplexed ВОС)
  - СВООС-сигналы (Composite ВООС)
  - AltВООС-сигналы (Alternative ВООС)
- GВООС–сигналы (Generalized binary offset carrier modulated signals) – обобщенные ВООС–сигналы

# AltВОС–сигналы

➤ Особенность AltВОС–сигналов состоит в том, что они позволяют передавать на одной несущей частоте два различных навигационных сообщения.

➤ AltВОС-сигналы делятся на следующие группы:

- двухкомпонентные (простейшие),
- четырехкомпонентные полные (полные с непостоянной огибающей)
- восьмикомпонентные полные (полные с постоянной огибающей).

Для практики предназначается третья группа AltВОС-сигналов.

$$s(t) = A_r d_{Alt-П4}(t) \exp[i(\omega_H t + \varphi_0)] \quad (1)$$

- полный AltВОС-сигнал (в комплексной форме записи);

$$A_r = \sqrt{2P_{cp}} \quad - \text{ амплитуда радиосигнала на выходе передатчика}$$

$$d_{Alt-П4}(t) = [g_{L-I}(t)\vartheta_L(t) + ig_{L-Q}(t)]r_k^*(t) + [g_{U-I}(t)\vartheta_U(t) + ig_{U-Q}(t)]r_k(t) \quad (2)$$

- модулирующая функция (МФ) четырёхкомпонентного полного AltВОС–сигнала, являющаяся комплекснозначной функцией

# Графики КФ элемента МФ AltBOS-сигналов при коэффициентах $N_M = 2$ и $3$

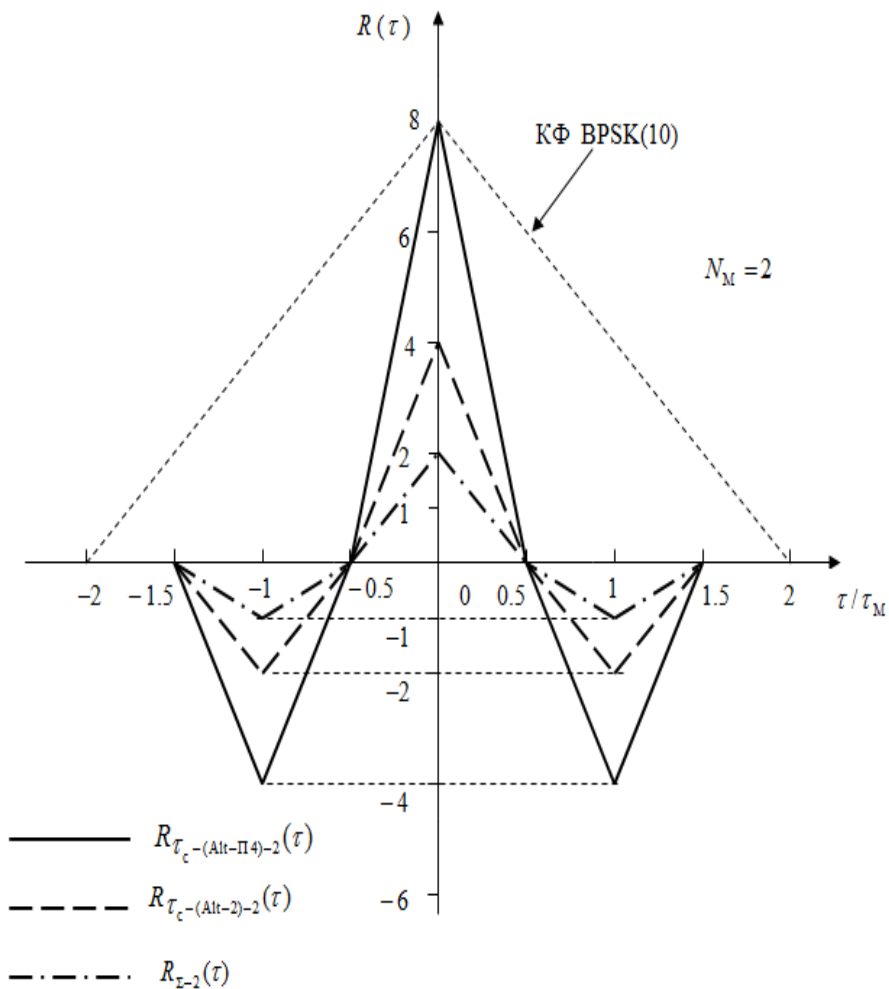


Рис.4

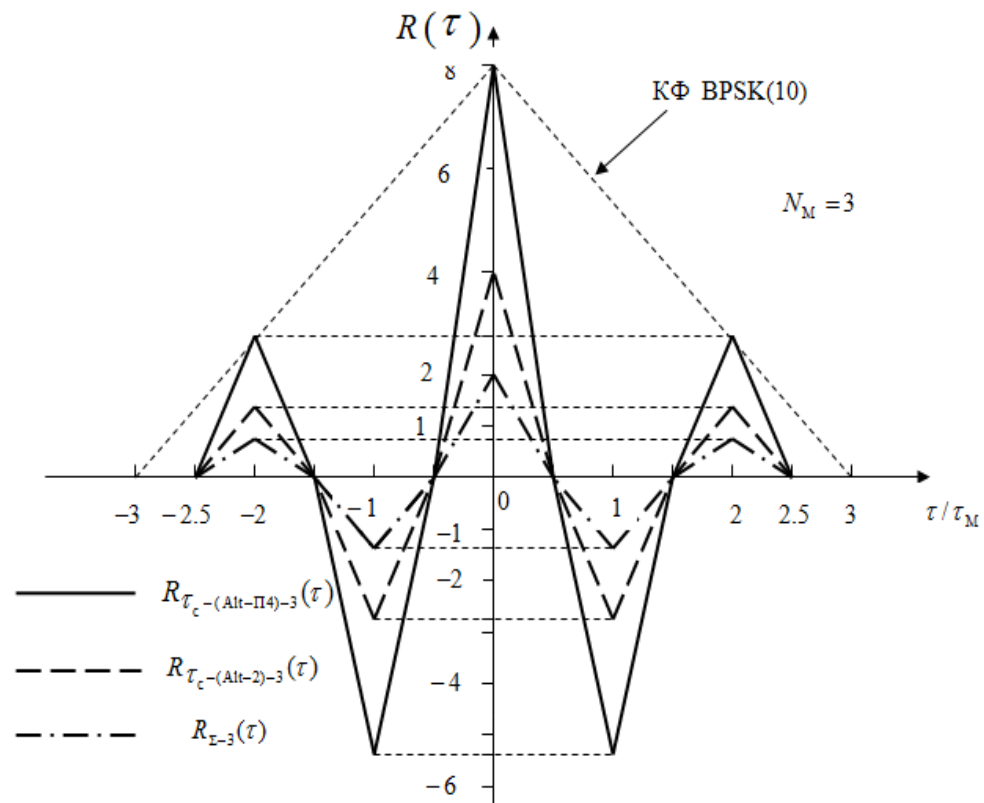


Рис.5



# График КФ элемента МФ AltBOS-сигналов при коэффициенте $N_M = 4$

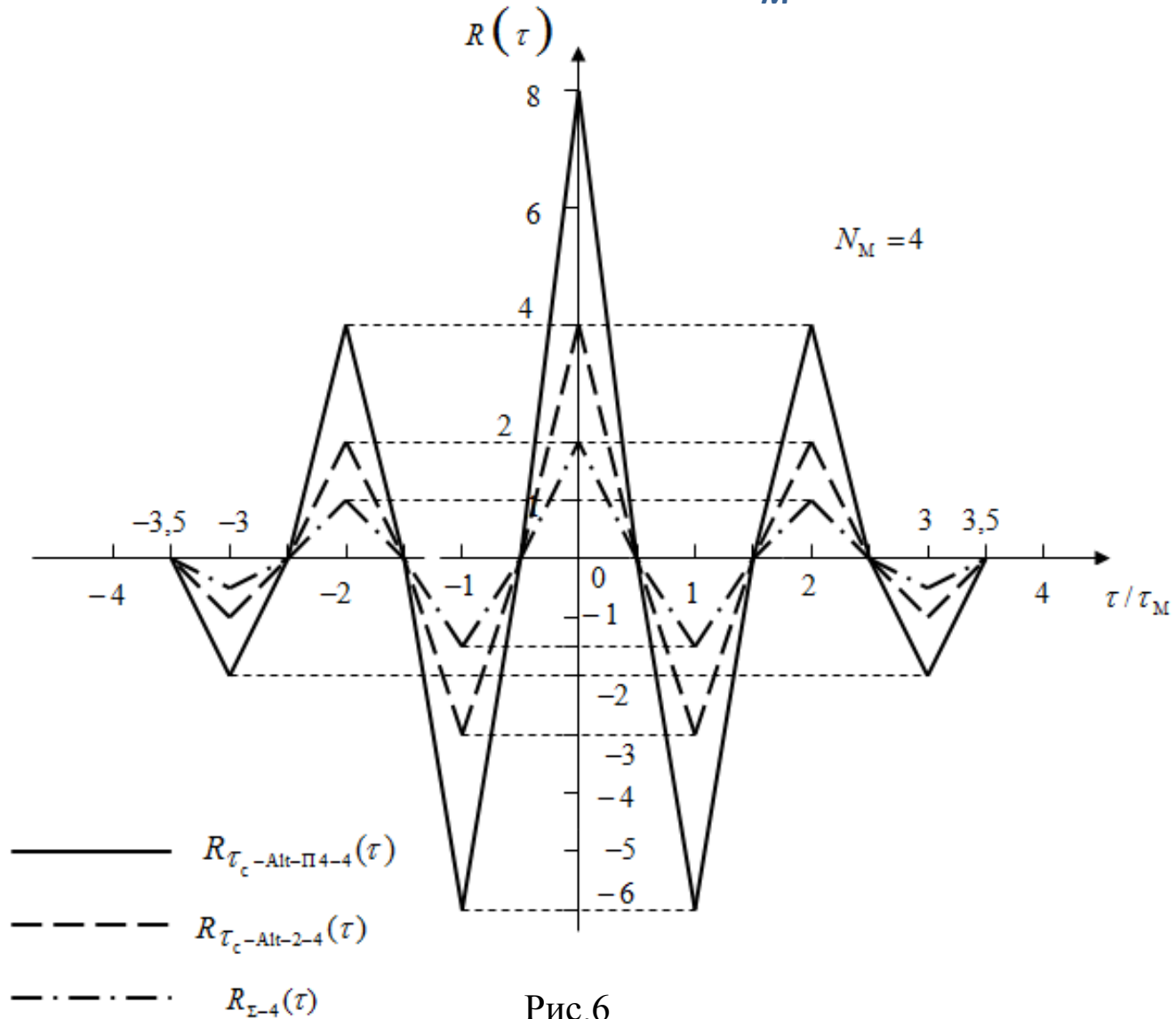


Рис.6

## Выводы

- Применение новых форм сигналов позволяет применительно к СРНС грядущего поколения количественно рассчитать потенциальные характеристики точности слежения за последовательностями дальномерного кода и оценить разрешающую способность сигналов в условиях многолучёвости.
- Позволяет обеспечить однозначное слежение за основным пиком КФ и минимизировала бы вероятность захвата её боковых (ложных) пиков.
- Обеспечить более эффективное использование частотного спектра в L диапазоне и возможность одновременного функционирования навигационных систем со старыми и новыми радиосигналами

# Выводы

- Применение таких форм навигационных сигналов позволит повысить эффективность алгоритмов их совместного обнаружения и оценки параметров задержки по времени и частоте
- Использование предложенных сигналов не ограничивается СРНС. Они могут применяться там, где необходима повышенная помехозащищенность или повышенная точность измерения задержки сигналов по времени
- Новое поколение среднеорбитальных спутниковых радионавигационных систем (СРНС) в настоящее время переходит от стадии теоретических исследований к стадии практического применения, побуждает поставить вопрос необходимости применения новых классов сигналов и в системе ГЛОНАСС