



### Литература

1. Bortfeldt, A.; Wäscher, G. (2013): Constraints in container loading - A state-of-the-art review. In: European Journal of Operational Research 229, 1-20.
2. Jens Egeblad, Benny K. Nielsen, Allan Odgaard. Fast neighborhood search for two and three-dimensional nesting problems. European Journal of Operational Research 183 (2007) 1249–1266.
3. Stoyan Yu., Gil M., Scheithauer G., Pankratov A. Packing non-convex polytopes into a parallelepiped. TU Dresden, 2004.-32с.- (Preprint MATH-NM-06-2004)
4. Ягудин Р.Р. Решение задачи оптимизации упаковки многогранников в параллелепипедную область на основе построения годографа вектор-функции плотного размещения // Научно-технические ведомости. Санкт-петербургский государственный политехнический университет. Системный анализ и управление, 5 (157), г.Санкт-Петербург, 2012 – С.58-63.

Г.С. Воронков

## СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ С ОРТОГОНАЛЬНЫМ ЧАСТОТНЫМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Одним из основных направлений развития современных систем беспроводной связи является увеличение скорости передачи в эфире [1,2]. Однако, наряду с этим, большое внимание также уделяется энергоэффективности систем [3]. При этом повышение скорости передачи данных требует увеличения мощности передатчиков для повышения отношения сигнал-шум, что негативно сказывается на энергоэффективности. В то же время, известны и активно применяются в различных системах передачи так называемые дифференциальные методы [4]. Дифференциальный метод позволяет передать в канал связи не сигнал, а разность между сигналом и его предсказанным значением, генерируемым экстраполятором. Это позволяет уменьшить динамический диапазон передаваемого сигнала, уменьшив тем самым канальную скорость, не потеряв при этом в объёме принятой информации. Можно говорить, что речь идёт о способе сжатия информации. Суть дифференциального метода проиллюстрирована на рисунке 1.

В многоканальной системе использование дифференциального метода требует либо установки экстраполятора в каждый из каналов, либо координирования экстраполяторов. Обобщённую структуру системы с использованием OFDM и дифференциальной обработки приведена на рисунке 2.

В приведённой схеме предложены два способа обработки, условно можно их обозначить как «преобразование по входу» и «преобразование по выходу». Следует дополнительно отметить, что для систем с OFDM координирование



предусматривает не только объединение функционала нескольких экстраполяторов в одном блоке, но и сохранение ортогональности квадратурных составляющих комплексной огибающей сигнала.

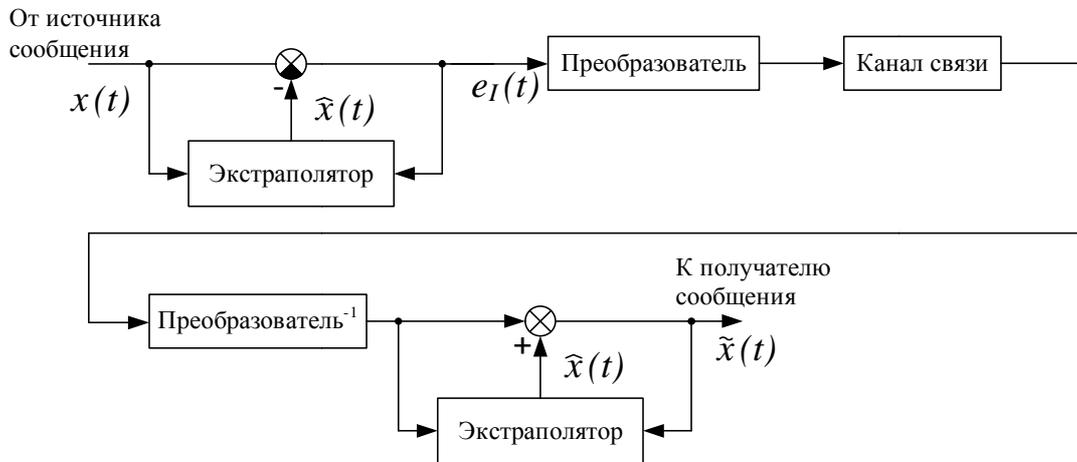
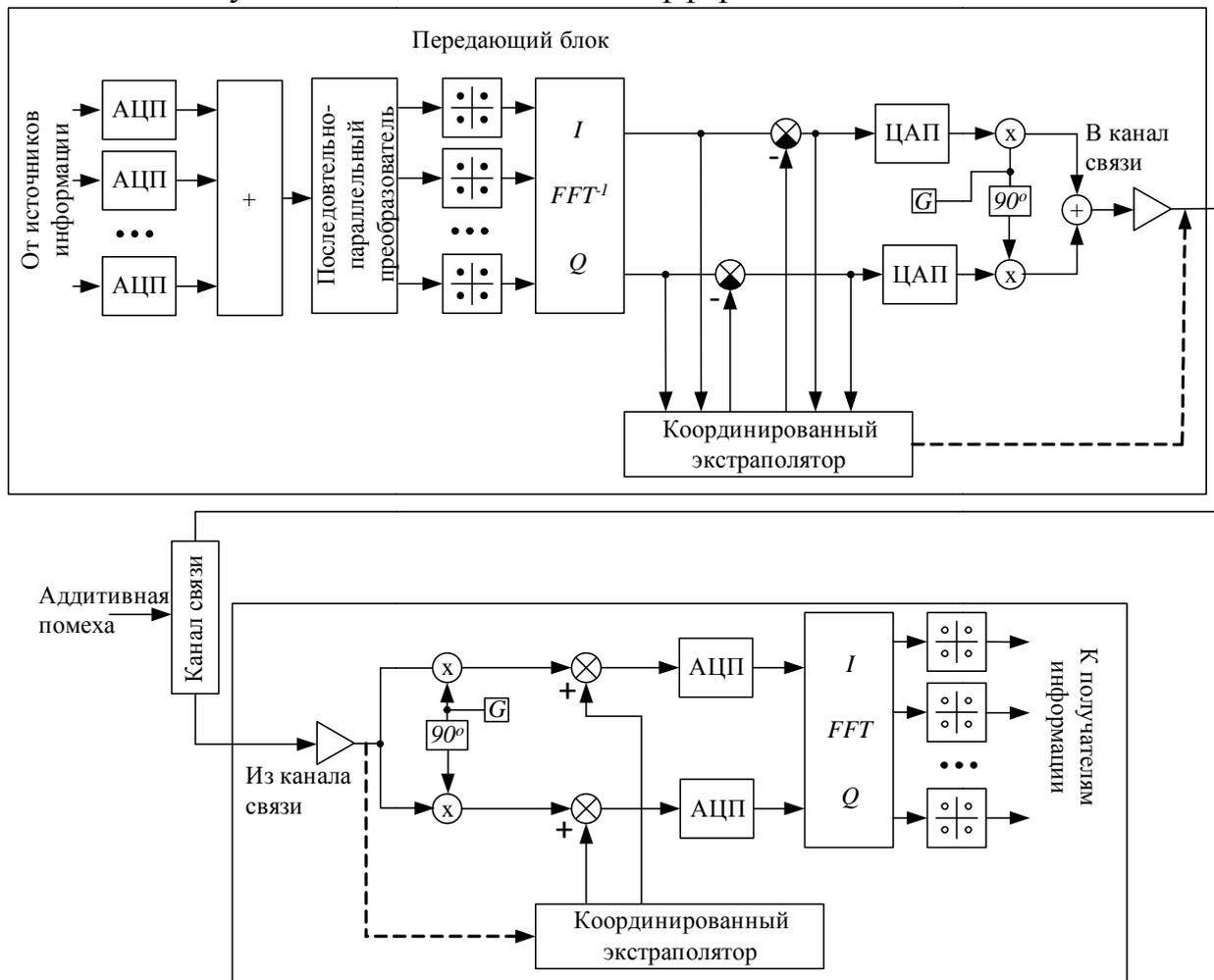


Рисунок 1 – Использование дифференциального метода



- - передача по каналу вторичного уплотнения
- $G$  - генератор несущей частоты
- $\begin{matrix} \circ & \circ \\ \hline \circ & \circ \end{matrix}$  - квадратурный демодулятор
- $\begin{matrix} \circ & \circ \\ \hline \circ & \circ \end{matrix}$  - квадратурный модулятор

Рисунок 2 – Обобщённая структура тракта OFDM при использовании дифференциальной схемы преобразования



Наиболее очевидным решением задачи экстраполяции является использование схемы «по входу» на основе фильтра Калмана-Бьюси. Этот вариант позволит учесть канальную помеху напрямую в модели и позволяет обрабатывать нестационарные сигналы. Однако использование такой схемы приведёт к большим ошибкам экстраполяции на начальных этапах работы, при этом необходимо будет накладывать дополнительные условия с целью сохранения устойчивости системы, поскольку в системе появится положительная обратная связь. Более предпочтительным является экстраполирование «по выходу» на основе фильтра Винера. Это решение также позволит учесть канальную помеху, однако не создает проблемы устойчивости системы.

### Литература

1. Fundamentals of 5G Mobile Networks Edited Jonathan Rodriguez© 2015 John Wiley & Sons, Ltd.
2. Шахнович, И. В. Современные технологии беспроводной связи / И. В. Шахнович .— Изд. 2-е, испр. и доп. — М. : Техносфера, 2006 .— 288 с.
3. Energy Efficient Smart Phones for 5G Networks by Ayman Radwan © 2015 Springer.
4. Филатов, П.Е. Разработка группового кодека с дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией сигналов для многоканальных энергодефицитных систем передачи данных / И.В. Кузнецов, А.Н. Гимаев., П.Е. Филатов // Журнал Радиотехника. – 2015. – № 2. – С. 87-91.

Г.С. Воронков

### ВОЗМОЖНОСТИ ВТОРИЧНОГО УПЛОТНЕНИЯ В СИСТЕМАХ С ОРТОГОНАЛЬНЫМ ЧАСТОТНЫМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Системы с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDM) широко используются в современной технике связи для увеличения скорости передачи данных в беспроводных системах. В работах [1,2] предложен способ повышения энергоэффективности OFDM-систем на основе дифференциальных методов, при котором за счёт использования экстраполятора уменьшается динамический диапазон сигнала, передаваемого в канал. Обобщённая структура системы с использованием OFDM и дифференциального преобразования «по выходу» при этом приведена на рисунке 1.

Как видно, для корректной работы предлагаемой схемы необходима передача параметров экстраполятора на приёмную сторону. Исходя из структуры OFDM-кадра [3,4] можно предложить различные способы решения указанной задачи.

Первый заключается во включении информации о параметрах экстраполятора в сам OFDM-символ. Чтобы избежать при этом снижения скорости пе-