

**Міністерство транспорту та зв'язку України
Державний університет
інформаційно – комунікаційних технологій**

**МАТЕРІАЛИ
VI НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«Сучасні тенденції розвитку технологій
в інфокомунікаціях та освіті»**

05-06 листопада 2009 року

м. Київ

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ПРОЦЕДУРА ДЕЦИМАЦИИ ОТСЧЕТОВ N-OFDM СИГНАЛОВ С ПОВЫШЕННОЙ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТЬЮ

Слюсар В.И., д.т.н., профессор.

ЦНИИ ВВТ

Малярчук М.В.

ВИТИ НТУУ 'КПИ'^a

Переход к использованию на борту беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), осуществляющих мониторинг местности, телекамер высокой четкости выдвигает жесткие требования к пропускной способности каналов связи. Так, согласно стандарту НАТО STANAG 4609, использование 10-битного представления пикселей с максимальным разрешением изображения $1920 \times 1080 \times 60p$ и транспортной среды H.264 L4.1 требует пропускной способности 50 Мбит/с на каждый источник соответствующих видеоданных.

Расширение полосы пропускания каналов связи с БПЛА требует, помимо прочего, сокращения времени стационарности пакетов сигналов N-OFDM. В условиях использования цифровых антенных решеток и технологии MIMO это порождает трудности в формировании цифровой диаграммы направленности антенной решетки в темпе поступления отсчетов АЦП. Для решения данной проблемы следует использовать операцию дополнительного стробирования (децимации) отсчетов АЦП. Однако известным вариантам выполнения данной операции в случае одноканального построения схемы аналого-цифрового преобразования присущ высокий уровень боковых лепестков амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) цифрового децимирующего фильтра (ЦДФ), что снижает помехозащищенность системы связи с БПЛА. Поэтому авторами были предложены усовершенствованные методы дополнительного стробирования отсчетов АЦП [1, 2], отличием которых является использование предварительной цифровой фильтрации отсчетов в режиме "скользящего окна" согласно известным из [3] выражениям:

$$U_i^c = U_i - 11 \cdot U_{i+2} + 15 \cdot U_{i+4} - 5 \cdot U_{i+6}, \quad U_i^s = 5 \cdot U_{i+1} - 15 \cdot U_{i+3} + 11 \cdot U_{i+5} - U_{i+7}, \quad (1)$$

де i - порядковый номер отсчета АЦП, U_i^c , U_i^s - квадратурные составляющие напряжений.

По результатам моделирования подтверждено, что улучшенная помехозащищенность усовершенствованного метода дополнительного стробирования отсчетов АЦП с учетом (1) отчетливо наблюдается лишь в случае длины строка 8 и 16 отсчетов АЦП (рис. 1, 2). Так, на рис. 1 приведены модули АЧХ процедуры (1) (линия 1), известного алгоритма одноканального ЦДФ (пунктирная линия) и усовершенствованного ЦДФ, предусматривающего предварительную фильтрацию (1) (сплошная линия), для длины строка 8 отсчетов АЦП. При увеличении длины строка эффективное подавление боковых лепестков АЧХ ЦДФ наблюдается лишь для частотных регионов, существенно отдаленных от главных максимумов АЧХ (см. рис. 3 для 32

отсчетного строба). Это обстоятельство побудило авторов к поиску альтернативных вариантов процедуры (1), использующих в обработке более 8 отсчетов АЦП. Один из таких вариантов был синтезирован для 10-отсчетного скользящего окна и записывается в виде:

$$U_i^o = U_i - 7,075 \cdot U_{i+2} + 1,687 \cdot U_{i+4} - 4 \cdot U_{i+6} + 4,384 \cdot U_{i+8},$$

$$U_i^s = -4,384 \cdot U_{i+1} + 4 \cdot U_{i+3} - 1,687 \cdot U_{i+5} + 7,075 \cdot U_{i+7} - U_{i+9}. \quad (2)$$

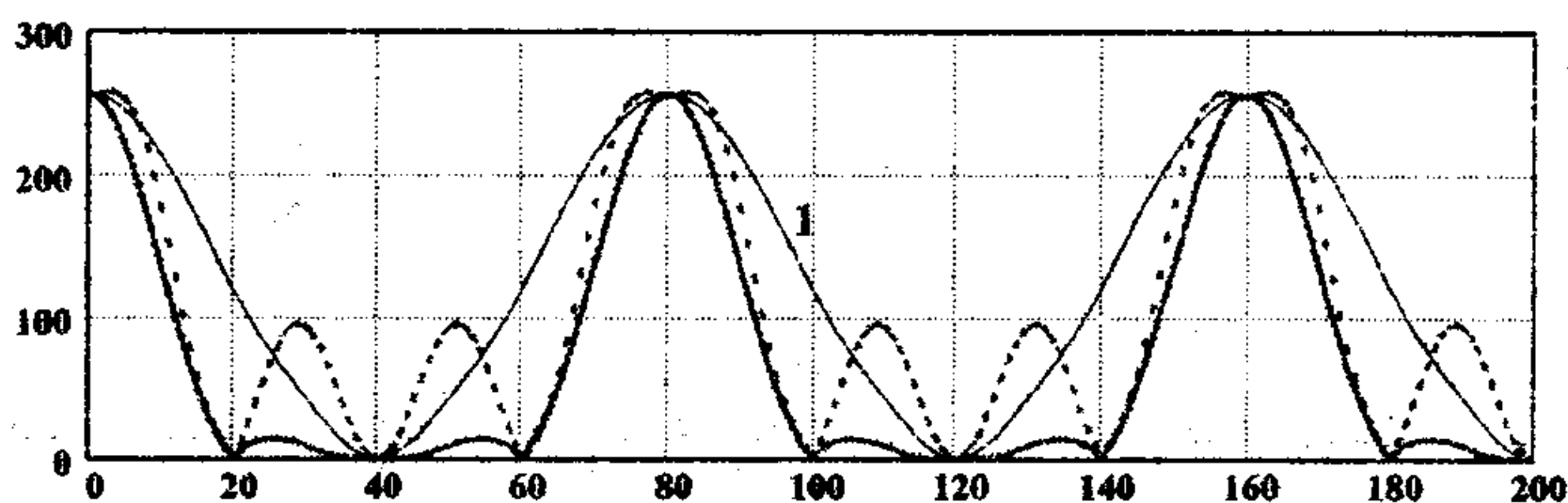


Рис. 1.

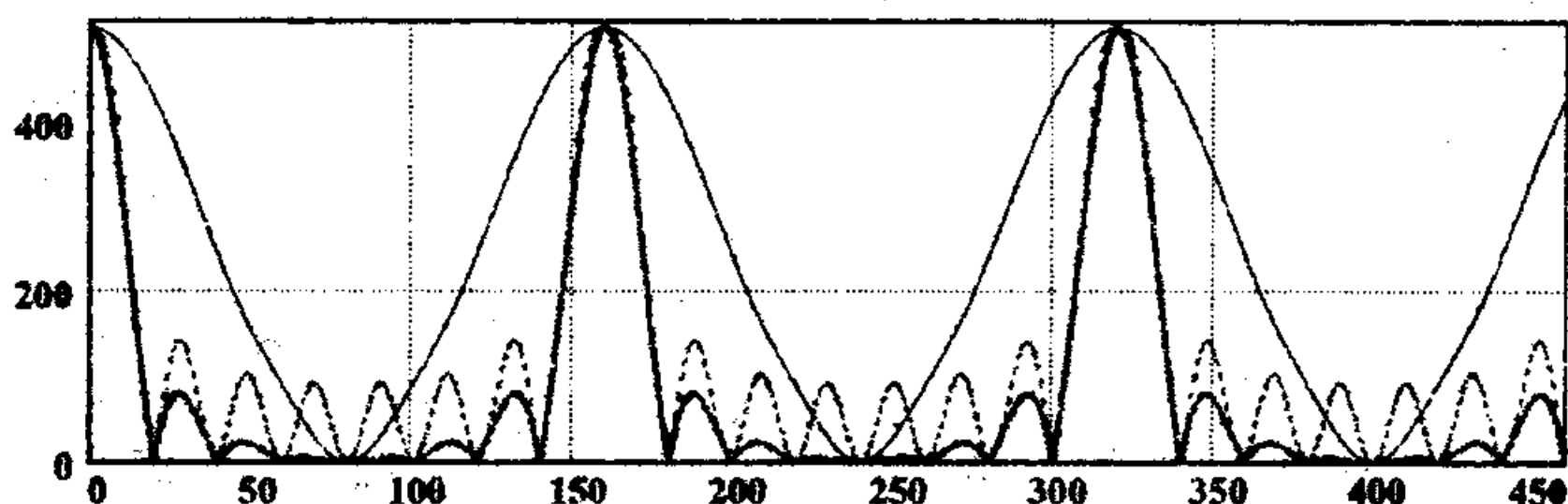


Рис. 2.

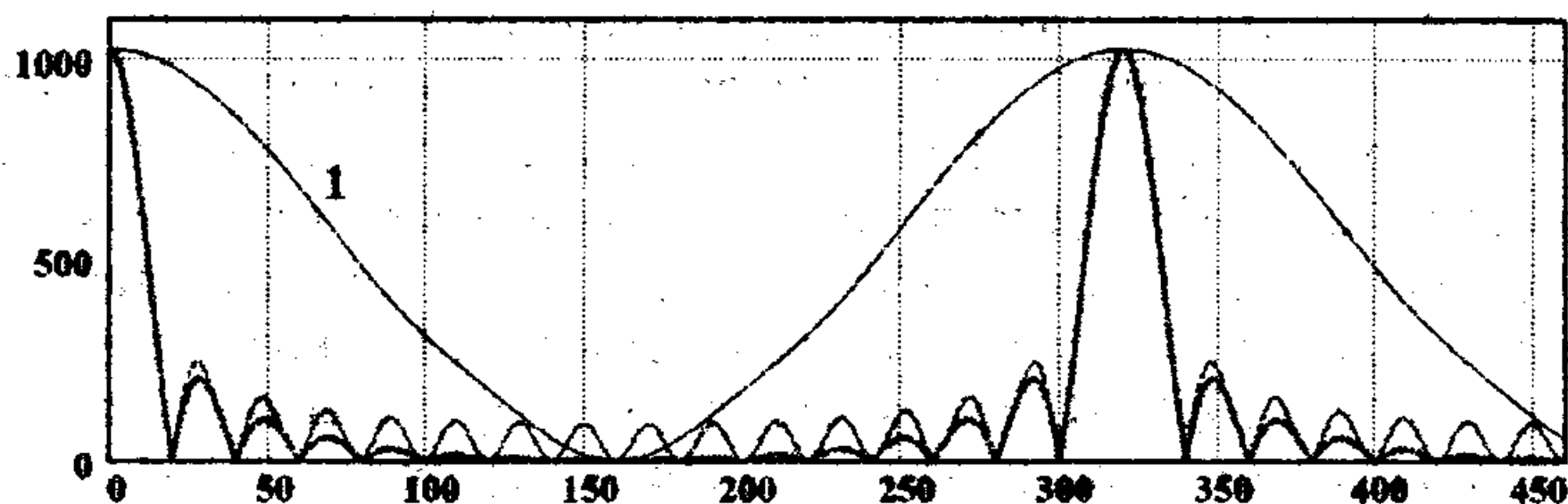


Рис. 3.

Весовые коэффициенты в (2) были получены, следуя рекомендациям [3], путем решения в пакете Mathcad системы уравнений:

$$a + 3b + 5c + 7d + 9e = 2e + 4d + 6c + 8b + 10a;$$

$$a + 9b + 25c + 49d + 81e = 4e + 16d + 36c + 64b + 100a;$$

$$a + 27b + 125c + 343d + 729e = 8e + 64d + 216c + 512b + 1000a;$$

$$a + 81b + 625c + 2401d + 6561e = 16e + 256d + 1296c + 4096b + 10000a;$$

$$a + 243b + 3125c + 16807d + 59049e = 32e + 1024d + 7776c + 32768b + 100000a,$$

(3)

относительно неизвестных весовых коэффициентов a, b, c, d, e .

Об эффективности применения процедуры фильтрации (2) позволяют судить АЧХ соответствующего фильтра, приведенные на рис. 4 для 16-отсчетного строба ЦДФ и рис. 5 и для 32-отсчетного строба. На них верхняя линия соответствует АЧХ процедуры 10-отсчетного скользящего окна (2), пунктирная линия и известному алгоритму одноканального ЦДФ и нижняя

линия - усовершенствованному ЦДФ, использующему предварительную фильтрацию по соотношениям (2). Сопоставление с результатами обработки на основе 8-отсчетного скользящего окна позволяет сделать вывод о выигрыше 10-отсчетной фильтрации в составе процедуры ЦДФ в отношении подавления первых боковых лепестков АЧХ, уровень которых наиболее критичен для достижения высокой помехозащищенности канала связи.

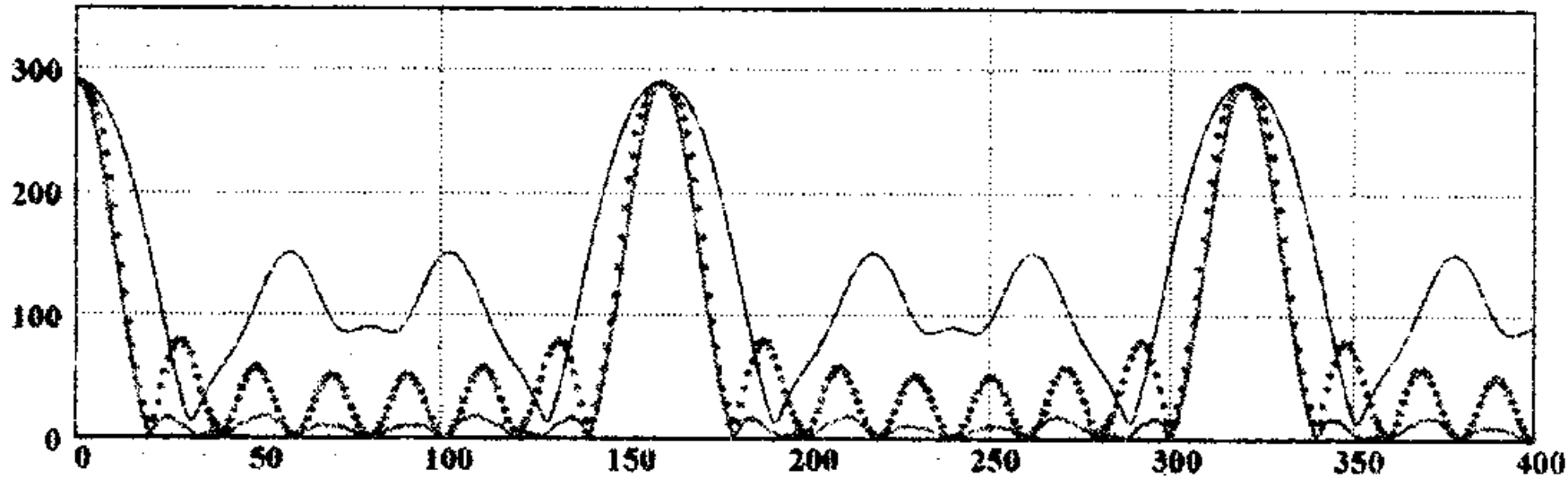


Рис. 4

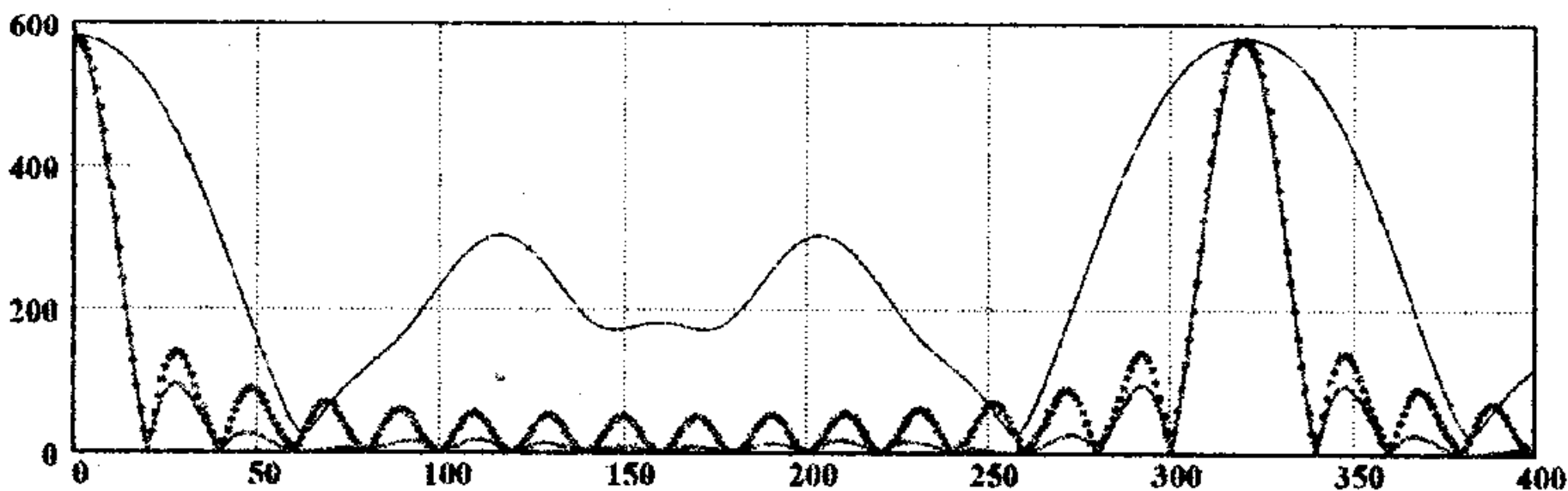


Рис. 5

Следует отметить, что система уравнений (3) имеет множество решений, и исследованный здесь набор коэффициентов (2) отнюдь не является самым лучшим. При дальнейшей оптимизации значений коэффициентов (2) необходимо добиваться минимизации боковых лепестков АЧХ процедуры скользящего окна. Представляет интерес также синтез аналогичных вариантов фильтрации при размерности скользящего окна 12, 14 и 16 отсчетов АЦП. В целом результаты проведенных исследований позволили подтвердить выдвинутую ранее гипотезу об эффективности увеличения размерности предварительного фильтра формирования квадратурных составляющих N-OFDM сигналов для повышения помехозащищенности ЦДФ и всего канала связи с БПЛА.

Литература

1. Заявка на выдачу патенту України на корисну модель № u200909210 від 07.09.2009. МПК⁷ G01S7/36, H03D13/00. Спосіб додаткового стробування відліків аналого-цифрового перетворювача. //Слюсар В.І., Малярчук М.В.
2. Заявка на выдачу патенту України на корисну модель № u200909211 від 07.09.2009. МПК⁷ G01S7/36, H03D13/00. Спосіб додаткового стробування відліків аналого-цифрового перетворювача. //Слюсар В.І., Малярчук М.В.
3. Jan-Erik Eklund and Ragnar Arvidsson. A Multiple Sampling, Single A/D Conversion Technique for Demodulation in CMOS.// IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 31, No. 12, December 1996. pp. 1987-1994. - http://iroi.seu.edu.cn/jssc9697/data/31_12_08.PDF.