

ДЕРЖАВНА ПРИКОРДОННА СЛУЖБА УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ
УКРАЇНИ ІМЕНІ Б. ХМЕЛЬНИЦЬКОГО**

**ОСВІТНЬО-НАУКОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ
ПРАВООХОРОННИХ ОРГАНІВ
І ВІЙСЬКОВИХ ФОРМУВАНЬ УКРАЇНИ**

**II Всеукраїнська науково-практична конференція
(20 листопада 2009 року)**

Серія: Військово-технічні науки



до заданого ярусу, переміщуються вздовж проходу і зупиняються навпроти потрібної комірки. Вила заходять під тару, піднімають її, витягують зі стелажа та повертаються до пульта управління, де вантаж знімають.

При завантаженні нових виробів цикл такий: вантаж подається в комірку та опускається на стелаж,

після чого кран-штабелер повертається до пульта управління.

Отже, використання автоматизованих складів дозволить механізувати й автоматизувати складські роботи та дасть можливість використовувати всю висоту приміщень.

ОЦІНЮВАННЯ ДОППЛЕРІВСЬКОГО ЗСУВУ ЧАСТОТИ ОРТОГОНАЛЬНОГО ЧАСТОТНОГО ДИСКРЕТНОГО МУЛЬТИПЛЕКСУВАННЯ СИГНАЛІВ ПРИ ДЕЦИМАЦІЇ ВІДЛІКІВ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

В. І. Слюсар
О. О. Троцько

Реалізація потенційних можливостей методу ортогонального частотного дискретного мультиплексування сигналів (OFDM) при забезпеченні зв'язку з БПЛА можлива за рахунок урахування величини доплерівських зрушень частот піднесучих. Для цього пропонується використовувати попередню компенсацію проявів ефекту Допплера шляхом адаптивної зміни номіналів частот сигналів при їхньому цифровому синтезі у передавачі згідно з методом [1]. Необхідне для цього оцінювання доплерівських зрушень частоти на етапі входження у зв'язок може здійснюватися на основі запропонованого авторами [2] методу, що базується на використанні суми кількох пілот-сигналів і додаткового стробування (децимації) відліків АЦП. З метою скорочення кількості невідомих, що підлягають оцінюванню, важливо забезпечити когерентність усіх пілот-сигналів, формуючи їх з однаковою початковою фазою й рівними за величиною амплітудами. Крім того, спрощення процедури оцінювання досягається нормуванням номіналів сигналів піднесучих пілот-сигналів до певної реперної (опірної) частоти у вигляді:

$$\omega_{\partial m} = 2\pi k_m f_0 \left(1 + \frac{V_r}{c}\right) = \omega_m \cdot d, \quad (1)$$

де k_m – коефіцієнт нормування частоти m -го пілот-сигналу, V_r – радіальна швидкість мобільного об'єкта відносно прийомного засобу, c – швидкість світла.

У виразі (1) оцінюванню підлягає лише єдина невідома d , що визначає радіальну швидкість мобільного об'єкта.

Системі рівнянь для визначення частот пілот-сигналів, що мають однакові амплітуди, можна поставити у відповідність такий функціонал:

$$F = \sum_{i=1}^R \left\{ W_i^c - a^c \sum_{m=1}^M G_i(\omega_m d) \cdot Q(\omega_m d) \right\}^2 + \sum_{i=1}^R \left\{ W_i^s - a^s \sum_{m=1}^M G_i(\omega_m d) \cdot Q(\omega_m d) \right\}^2 = \min, \quad (2)$$

де $G_i(\omega_m d) = \left[\sin([\omega_m d - w_i] T \tau) \right] \left[\sin([\omega_m d - w_i] \tau) \right]^{-1}$ – значення амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) i -го фільтра, синтезованого за допомогою швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) на частоті $\omega_m d$; w_i – центральна частота АЧХ i -го фільтра ШПФ за умови $w_i \cdot \tau = \pi/2$; τ – період дискретизації АЦП; T – кількість відліків, що накопичуються в межах одного стробу; $Q(\omega_m d) = \left[\sin([\omega_m d - w_c] T \tau) \right] \left[\sin([\omega_m d - w_c] \tau) \right]^{-1}$ – значення АЧХ цифрового фільтра додаткового стробування (децимації) відліків АЦП на частоті $\omega_m d$; M – кількість пілот-сигналів; a^c (a^s) – квадратурні складові їхньої амплітуди; W_i^c (W_i^s) – квадратурні складові напруг по виходах фільтрів ШПФ.

Для визначення потенційно досяжної дисперсії оцінок невідомої величини d варто скористатися нерівністю Крамера-Рао. З цієї метою необхідно ви-

значити математичні очікування других похідних функціоналу (2) та сформувані з них інформаційну матрицю Фішера. Її обернення дозволяє одержати граничні значення дисперсії σ_d шуканої величини d . Через громіздкість аналітичних викладень для обернення зазначеної матриці автори використовували пакет Mathcad. При цьому варіювання вихідних даних дозволяє детально відстежити залежність дисперсії σ_d від параметрів пілот-сигналів у широких межах.

Список використаної літератури

1. Заявка на видачу патенту України на корисну модель № u200909212 від 07.09.2009. МПК G01S7/36, H03D13/00. Спосіб випереджувальної компенсації ефекту Доплера при передачі OFDM сигналів // В. І. Слюсар, О. О. Троцько
2. Слюсар В. И. Метод оценивания доплеровского смещения частоты по сумме гармонических сигналов с дополнительным стробированием отсчетов АЦП : V Міжнародна науково-технічна конференція "Сучасні інформаційно-комунікаційні технології" COMINFO'2009-Livadia (05-09 жовтня 2009 р., тези доповідей) / В. И. Слюсар, А. А. Троцько. – Крим, Ялта, Лівадія.

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ ПРОЦЕДУРИ ДЕЦИМАЦІЇ ВІДЛІКІВ N-OFDM СИГНАЛІВ

В. І. Слюсар
М. В. Малярчук

Розширення смуги пропускання каналів зв'язку вимагає, крім іншого, скорочення часу стаціонарності пакетів сигналів і підвищення частоти дискретизації сигналів. При застосуванні цифрових антенних решіток це породжує труднощі у формуванні цифрової діаграми спрямованості антенної системи у темпі надходження відліків АЦП. Для подолання даної проблеми варто використовувати операцію додаткового стробування (децимації) відліків АЦП. З метою підвищення завадозахищеності системи зв'язку авторами були запропоновані удосконалені методи додаткового стробування відліків АЦП [1], відмінністю яких є використання попередньої цифрової фільтрації у режимі "ковзного вікна" згідно з відомим виразом [2]

$$U_t^c = U_t - 11 \cdot U_{t+2} + 15 \cdot U_{t+4} - 5 \cdot U_{t+6},$$

$$U_t^s = 5 \cdot U_{t+1} - 15 \cdot U_{t+3} + 11 \cdot U_{t+5} - U_{t+7}, \quad (1)$$

де t – порядковий номер відліку АЦП, U_t^c, U_t^s – квадратурні складові напруг.

За результатами моделювання доведено, що поліпшена завадостійкість удосконаленого у зазначений спосіб методу додаткового стробування відліків АЦП спостерігається лише при тривалостях стробів 8 та 16 відліків АЦП (рис. 1, 2). Зокрема, на рис. 1 наведено модулі АЧХ процедури (1) (лінія 1) відомого алгоритму одноканальної децимації (пунктирна лінія) та удосконаленої децимації, що передбачає попередню фільтрацію (1) (суцільна лінія), для випадку довжини стробу 8 відліків АЦП. При збільшенні довжини стробу придушення бічних пелюстків АЧХ спо-

стерігається лише для частотних регіонів, істотно віддалених від головних максимумів АЧХ (див. рис. 3 для 32 відліків у стробі). Ця обставина спонукала авторів до пошуку альтернативних варіантів попередньої фільтрації, що використовують в обробці більше 8 відліків АЦП. Перший з таких варіантів був синтезований для 10-відлікового ковзного вікна й записується у вигляді:

$$U_t^c = U_t - 7,075 \cdot U_{t+2} + 1,687 \cdot U_{t+4} - 4 \cdot U_{t+6} + 4,384 \cdot U_{t+8},$$

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

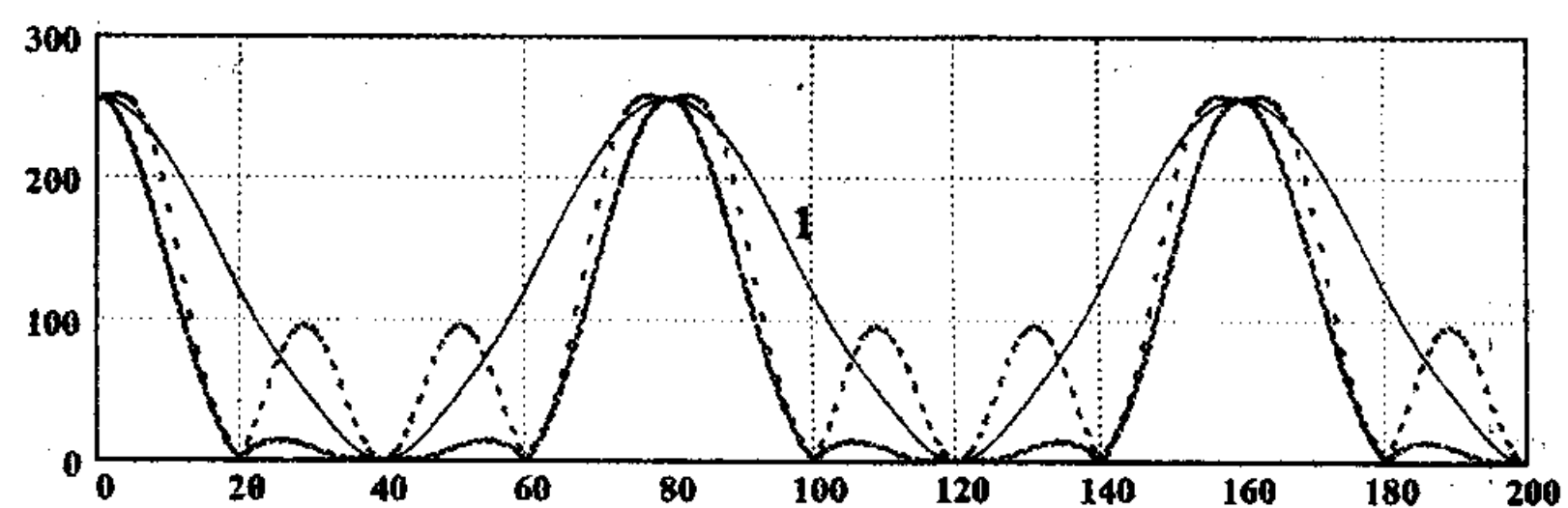


Рис. 1

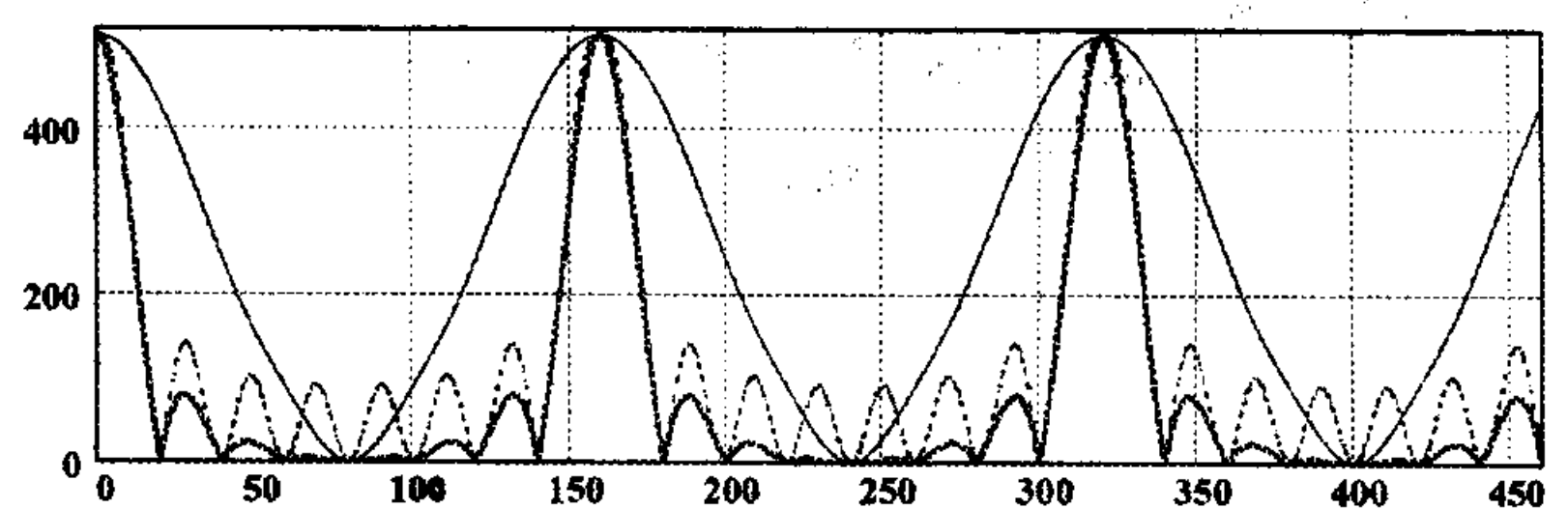


Рис. 2

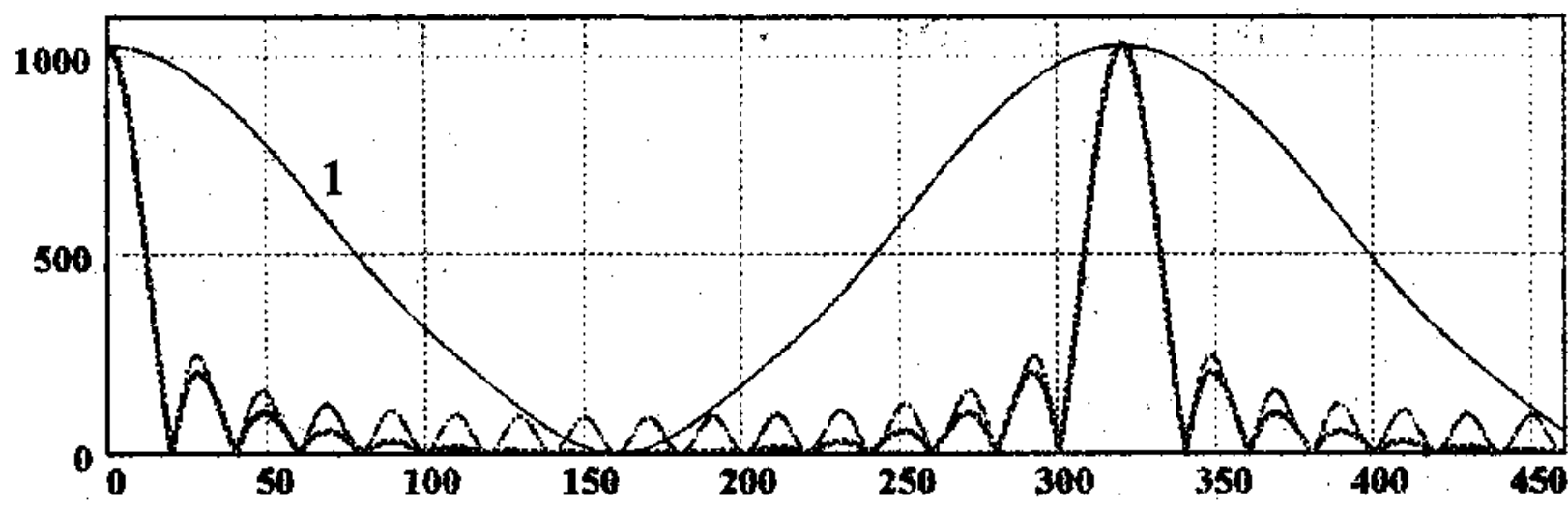


Рис. 3

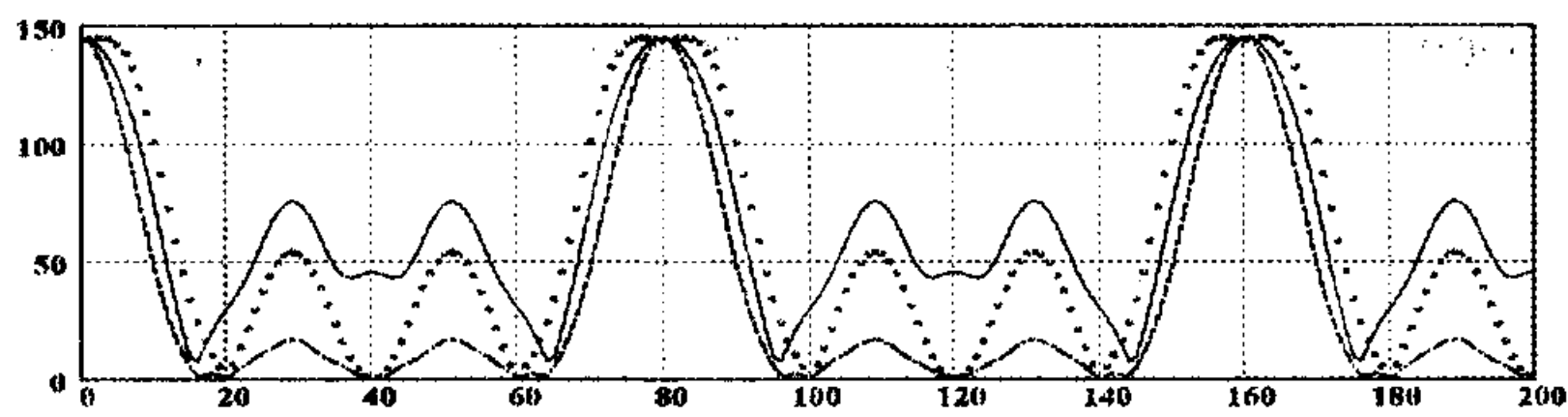


Рис. 4

Вагові коефіцієнти в (2) отримані із дотриманням рекомендацій [3] шляхом рішення в пакеті Mathcad системи рівнянь:

$$\begin{aligned}
 a+3b+5c+7d+9e &= 2e+4d+6c+8b+10a; \\
 a+3^2b+5^2c+7^2d+9^2e &= 2^2e+4^2d+6^2c+8^2b+10^2a; \\
 a+3^3b+5^3c+7^3d+9^3e &= 2^3e+4^3d+6^3c+8^3b+10^3a; \\
 a+3^4b+5^4c+7^4d+9^4e &= 2^4e+4^4d+6^4c+8^4b+10^4a; \\
 a+3^5b+5^5c+7^5d+9^5e &= 2^5e+4^5d+6^5c+8^5b+10^5a,
 \end{aligned} \quad (3)$$

відносно невідомих вагових коефіцієнтів a, b, c, d, e .

Про ефективність застосування процедури фільтрації (2) дозволяють судити АЧХ відповідного фільтра, наведені на рис. 4 для 8-відлікового стробу, рис. 5 – для 16-відлікового стробу та рис. 6 – для довжини стробу 32 відліки АЦП. На них верхня лінія відповідає АЧХ

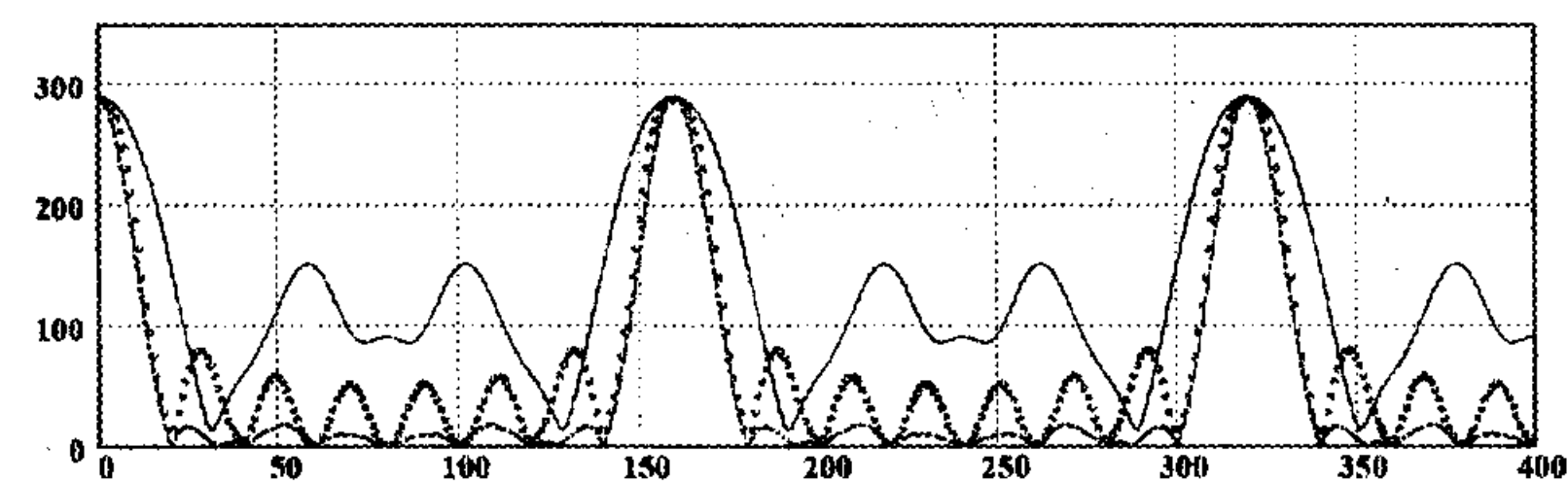


Рис. 5

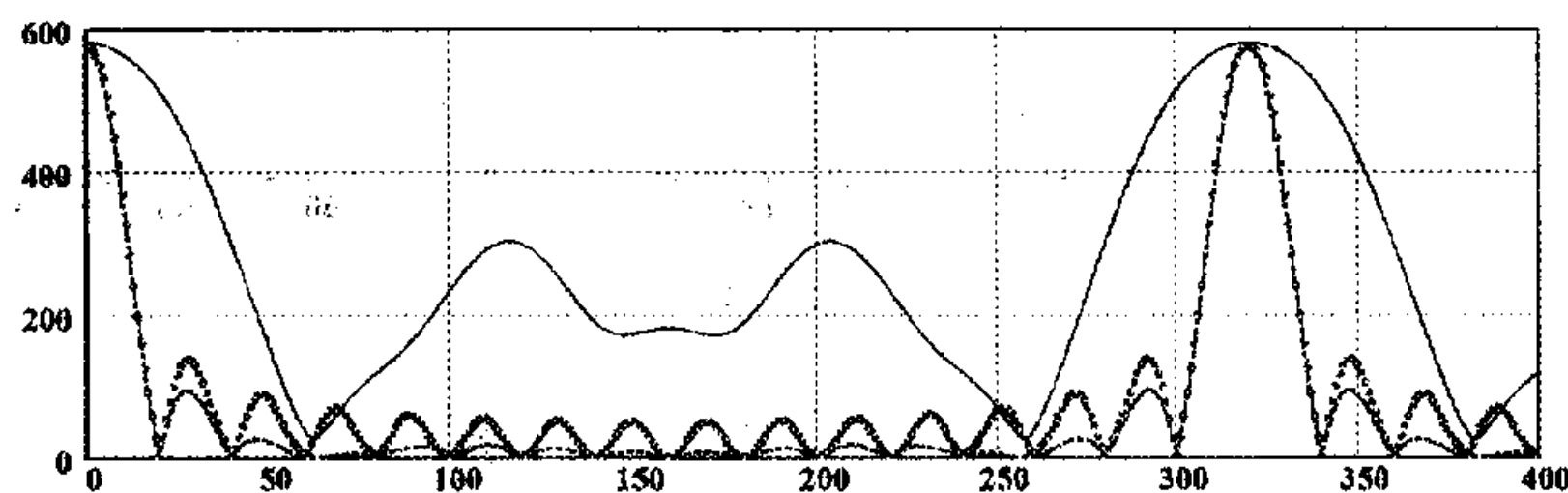


Рис. 6

процедури 10-відлікового ковзного вікна (2), пунктирна лінія – відомому алгоритму одноканальної децимації і нижня лінія – удосконаленій децимації, що використовує попередню фільтрацію за співвідношеннями (2). Зіставлення з результатами обробки на основі 8-відлікового ковзного вікна дозволяє зробити висновок про вираш 10-відлікової фільтрації у складі процедури децимації за рівнем придушення перших бічних пелюстків АЧХ, величина яких найбільш критична для досягнення високої завадозахищеності каналу зв'язку. При цьому 8-відліковий варіант дозволяє також суттєво звузити головну пелюстку АЧХ.

Слід зазначити, що система рівнянь (3) має безліч рішень, і досліджений тут набір коефіцієнтів (2) аж ніяк не є найкращим. При подальшій оптимізації значень коефіцієнтів (2) необхідно домагатися мінімізації бічних пелюстків АЧХ процедури ковзного вікна.

Становить інтерес також синтез аналогічних варіантів фільтрації при розмірності ковзного вікна 12, 14 та 16 відліків АЦП. Наприклад, для отримання процедури ковзного вікна 16-го порядку необхідно розв'язати систему з 8 рівнянь:

$$\begin{aligned}
 a+3b+5c+7d+9e+11f+13g+15h &= \\
 &= 2h+4g+6f+8e+10d+12c+14b+16a; \\
 a+3^2b+5^2c+7^2d+9^2e+11^2f+13^2g+15^2h &= \\
 &= 2^3h+4^2g+6^2f+8^2e+10^2d+12^2c+14^2b+16^2a; \\
 a+3^3b+5^3c+7^3d+9^3e+11^3f+13^3g+15^3h &= \\
 &= 2^3h+4^3g+6^3f+8^3e+10^3d+12^3c+14^3b+16^3a; \\
 &\vdots \\
 a+3^8b+5^8c+7^8d+9^8e+11^8f+13^8g+15^8h &= \\
 &= 2^8h+4^8g+6^8f+8^8e+10^8d+12^8c+14^8b+16^8a,
 \end{aligned}$$

з невідомими коефіцієнтами a, b, c, d, e, f, g, h .

Результати проведених досліджень дозволили підтвердити висунуту гіпотезу про ефективність збільшення розмірності попереднього фільтра формування квадратурних складових сигналів для підвищення завадозахищеності каналу зв'язку.

Список використаної літератури

1. Заявка на видачу патенту України на корисну модель № u200909210 від 07.09.2009. МПК7 G01S7/36, H03D13/00. Спосіб додаткового стробування відліків аналого-цифрового перетворювача // В. І. Слюсар, М. В. Малярчук.
2. Jan-Erik Eklund and Ragnar Arvidsson. A Multiple Sampling, Single AD Conversion Technique for Demodulation in CMOS. // IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 31, No. 12, December 1996. – Pp. 1987 – 1994.

<i>Подолян О. Ю.</i> Вибір показників якості транспортних засобів, значимих для ефективної оперативно-службової діяльності підрозділів органів охорони державного кордону	94
<i>Прокопенко Є. В.</i> Методика автоматичного розпізнавання оптичних образів в оптико-електронних системах	96
<i>Пустовєтов В. М.</i> Розробка математичної моделі технічного обслуговування за станом автомобільних транспортних засобів органів охорони державного кордону з використанням часової та структурної надмірностей	97
<i>Расстригін О. О.</i> Методологічні основи теоретичної оцінки загальної гідродинаміки транспортних засобів водного базування	98
<i>Ріпа С. В.</i> Спеціальні заходи щодо пошуку порушників прикордонного законодавства на ділянці відділу прикордонної служби, порядок ведення, сили та засоби, що залучаються	99
<i>Савченко О. О.</i> Розрахунок корпоративної системи зв'язку з використанням мережевої телефонії відділу Держприкордонслужби України	100
<i>Салун О. М.</i> Фактори, які впливають на охорону державного кордону відділом прикордонної служби на річковій ділянці при ускладненні обстановки	100
<i>Сендецький М. М.</i> Визначення показника мобільності технічних засобів Державної спеціальної служби транспорту	103
<i>Сівак В. А.</i> Модель оцінки безпеки агрегатів (систем) автотранспортних засобів і технологічного устаткування	104
<i>Сінкевич В. М.</i> Застосування автоматизованих складів у підрозділах Держприкордонслужби України	105
<i>Слюсар В. І., Троцько О. О.</i> Оцінювання доплерівського зсуву частоти ортогонального частотного дискретного мультиплексування сигналів при децимації відліків аналого-цифрового перетворювача	106
<i>Слюсар В. І., Малярчук М. В.</i> Метод підвищення завадозахищеності процедури децимації відліків N-OFDM сигналів	107
<i>Сторожук В. Ф.</i> Рекомендації начальнику відділу прикордонної служби щодо порядку виконання завдань дільничними інспекторами прикордонної служби	109
<i>Стрельбіцький М. А., Мул Д. А.</i> Конструктивні елементи моделі системного захисту інформації в інтегрованій інформаційно-телекомунікаційній системі Державної прикордонної служби України	111
<i>Ткач В. В.</i> Експериментальні дослідження впливу зовнішнього електростатичного поля на змащувальні властивості моторних мастил і знос деталей двигуна внутрішнього згорання	112
<i>Трасковецька Л. М.</i> Інтегральні перетворення для задач математичного моделювання масопереносу в неоднорідному чотирьохскладовому середовищі	113
<i>Тробюк В. І.</i> Практичні засади комплексного підходу до питань застосування зброї	114
<i>Фугело М. А.</i> Інноваційні теорії математичного забезпечення у військовій справі	114
<i>Цибровський М. Ю.</i> Рекомендації щодо визначення рейтингів органів (підрозділів) охорони державного кордону за результатами оперативно-службової діяльності	116

Морозов Ігор Євгенович – Академія внутрішніх військ МВС України.

Музика Валерій Петрович – Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Мул Дмитро Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Овчаренко В'ячеслав Володимирович – Академія внутрішніх військ МВС України.

Осадчий Віктор Павлович – Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Осташевський Сергій Анатолійович – кандидат технічних наук, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Паламарчук Юрій Станіславович – кандидат військових наук, доцент, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Підгайчук Світлана Ярославівна – кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Плеханов Андрій Вікторович – кандидат психологічних наук, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Побережний Андрій Анатолійович – Академія внутрішніх військ МВС України.

Подолян Олександр Юрійович – Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Прокопенко Євгеній Володимирович – Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Пустовєтов Володимир Михайлович – Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Радіонов Геннадій Олександрович – Академія внутрішніх військ МВС України.

Расстригін Олександр Олексійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Рачок Роман Васильович – кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Ріпа Сергій Васильович – Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Савченко Олександр Олексійович – кандидат військових наук, доцент, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Сапун Олександр Миколайович – Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Сендецький Микола Миколайович – Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Сівак Вадим Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Сінкевич Валентин Михайлович – Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Слюсар Вадим Іванович – доктор технічних наук, професор, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Собченко Володимир Андрійович – Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Сторожук Валерій Федорович – кандидат військових наук, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Стрельбіцький Михайло Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Стрижак Юрій Іванович – Адміністрація Державної прикордонної служби України.

Ткач В'ячеслав Володимирович – Донецький юридичний інститут Луганського Державного університету внутрішніх справ.

Трасковецька Лілія Михайлівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національна академія Державної прикордонної служби імені Богдана Хмельницького.

Третяк В'ячеслав Федорович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Науковий центр Повітряних сил Харківського університету Повітряних сил імені Івана Кожедуба.

Тробюк Віктор Іванович – кандидат психологічних наук, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

Троцько Олександр Олександрович – Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут".