

УДК 621.317.6

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОКОРЕЛЯЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕЯКИХ СИСТЕМ ОРТОГОНАЛЬНИХ ДВОРІВНЕВИХ СИГНАЛІВ ТА ПОРОДЖЕНИХ СИСТЕМ ОРТОГОНАЛЬНИХ ДВОРІВНЕВИХ СИГНАЛІВ

© Романюк Вадим, 2006

Хмельницький національний університет,
кафедра прикладної математики

Наведено результати дослідження автокореляційних характеристик відомих систем ортогональних дворівневих сигналів порівняно з деякими породженими системами ортогональних дворівневих сигналів.

Вказано на апроксимативну сталість рівня бічних пелюсток автокореляційних характеристик породжених систем ортогональних дворівневих сигналів.

Представлено результати дослідження автокореляційних характеристик відомих систем ортогональних дворівневих сигналів в порівнянні з деякими породженими системами ортогональних дворівневих сигналів. Указано на апроксимативне постійство рівня бокових пелюсток автокореляційних характеристик породжених систем ортогональних дворівневих сигналів.

There have been represented the exploration results of autocorrelational characteristics of the known orthogonal two-level signals systems in comparison with some generated orthogonal two-level signals systems. It has been pointed at approximate constancy of the side lobes level of autocorrelational characteristics of generated orthogonal two-level signals systems.

Вступ. Кореляційні характеристики сигналів, які використовуються для вимірювання відстаней до об'єктів та пеленгування, повинні мати якомога менший рівень бічних пелюсток [1–4]. Добре відомі сигнали Баркера у цьому аспекті є практично ідеальними для їхнього використання для таких вимірювань [1, 4]. Проте якщо одночасно виконують декілька вимірювань або ідентифікують групу відбитих від об'єктів сигналів, необхідно визначити та ідентифікувати групи попарно ортогональних або квазіортогональних сигналів. Тому дослідження кореляційних характеристик таких груп сигналів і вибір оптимальної групи за критерієм мінімально можливого рівня бічних пелюсток автокореляційної характеристики (АКХ) є доволі актуальною задачею в галузі багатоканальних вимірювань [5–8]. З огляду на легкість формування як вимірювальні сигнали дуже часто застосовують дворівневі сигнали, що подібні до сигналів Баркера, але, на відміну від них, можуть бути попарно ортогональними.

Мета досліджень. Метою досліджень є вибір оптимальної системи ортогональних дворівневих сигналів за критерієм їхньої вузькокорельованості, що може бути використано у багатовимірних комплексах.

Основна частина. АКХ дворівневого L -бітного сигналу $s(t)$ тривалістю T_0 можна обчислити як

$$A_s(n) = \sum_{l=1}^L s(l)s(l+n) \quad \forall n = \overline{0, L-1}, \quad (1)$$

де $|s(t)| = 1$, $s(l)$ – значення амплітуди сигналу на l -й частині його тривалості T_0 , яку надалі приймемо за кількість інтервалів постійності (біт) L . А побудова графіка АКХ здійснюється згідно з

$$A_s(\tau) = [A_s(m+1) - A_s(m)]\tau + (m+1)A_s(m) - mA_s(m+1), \quad (2)$$

де $m \leq \tau \leq (m+1)$, $m = \overline{-L, L-1}$. Тоді нормована АКХ

$$a_s(\tau) = \frac{A_s(\tau)}{L}. \quad (3)$$

Нині АКХ системи дворівневих попарно ортогональних сигналів Уолша $\{\text{wal}(w, t)\}_{w=0}^{2^M-1}$, де $M = \overline{1, \infty}$, досліджені достатньо глибоко. На рис. 1–4 показано побудовані за (1)–(3) АКХ 32 сигналів Уолша $\{\text{wal}(w, t)\}_{w=32}^{63}$, $M = 6$. Але у роботах [9, 10] представлена сім'я восьми систем $\left\{ \left\{ s_u(w, t) \right\}_{w=0}^{2^N-1} \right\}_{u=1}^8$ попарно ортогональних сигналів, де $N = \overline{3, \infty}$, серед яких немає ні сигналів Уолша, ні інвертованих сигналів Уолша. Побудовані за (1)–(3) АКХ 32 сигналів системи $\{s_l(w, t)\}_{w=32}^{63}$,

$N=6$, показано на рис. 5–8, які є характерними для АКХ сигналів усіх восьми систем $\left\{ \left\{ s_u(w, t) \right\}_{w=0}^{2^N-1} \right\}_{u=1}^8$. З побудо-

ваних кореляційних характеристик видно, що для сигналів цих систем рівень їхніх бічних пелюсток АКХ дещо менший від рівня бічних пелюсток АКХ сигналів Уолша.

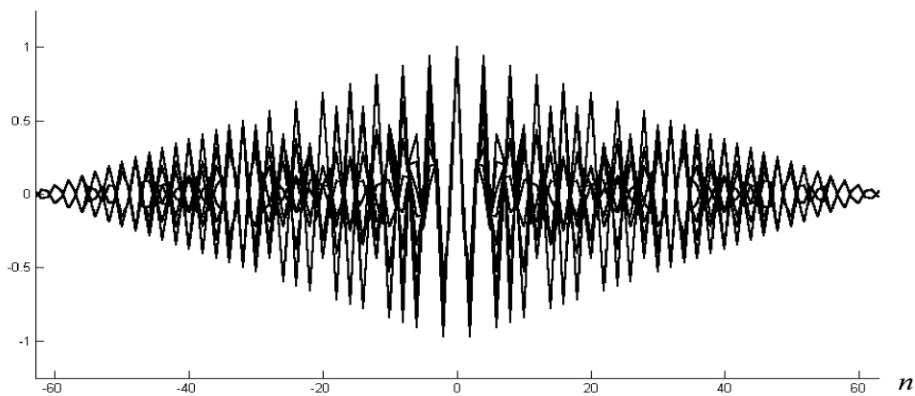


Рис. 1. АКХ послідовностей Уолша $\left\{ \text{wal} \left(w, \frac{t}{T_0} \right) \right\}_{w=32}^{39}$

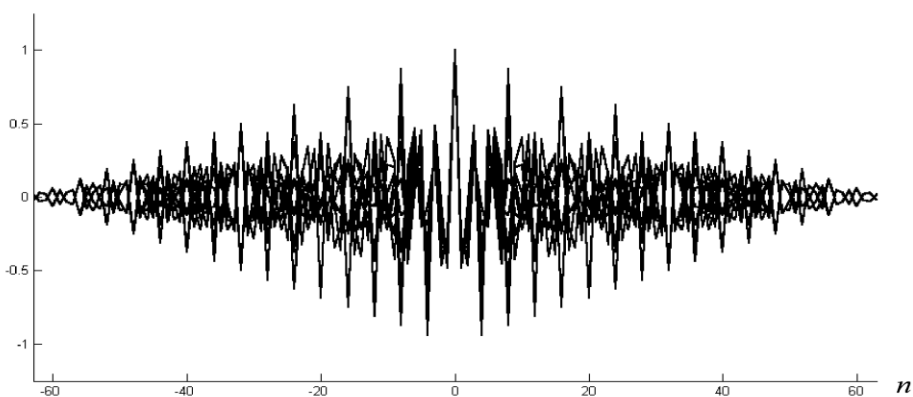


Рис. 2. АКХ послідовностей Уолша $\left\{ \text{wal} \left(w, \frac{t}{T_0} \right) \right\}_{w=40}^{47}$

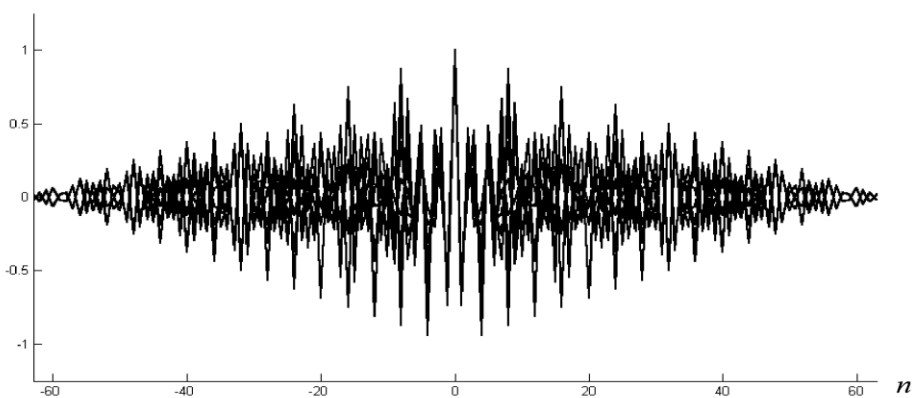


Рис. 3. АКХ послідовностей Уолша $\left\{ \text{wal} \left(w, \frac{t}{T_0} \right) \right\}_{w=48}^{55}$

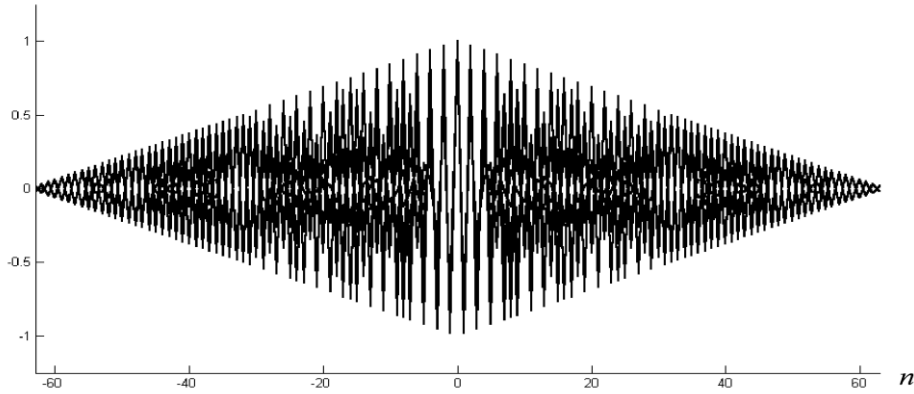


Рис. 4. АКХ послідовностей Уолша $\left\{ \text{wal} \left(w, \frac{t}{T_0} \right) \right\}_{w=56}^{63}$

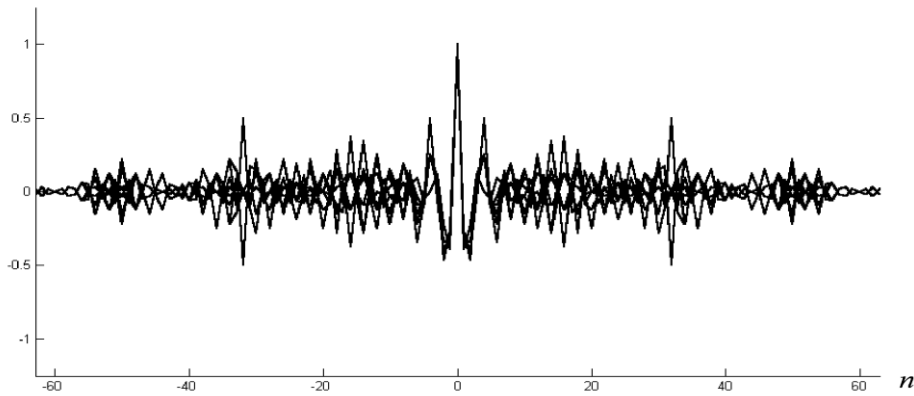


Рис. 5. АКХ послідовностей $\left\{ s_1 \left(w, \frac{t}{T_0} \right) \right\}_{w=32}^{39}$

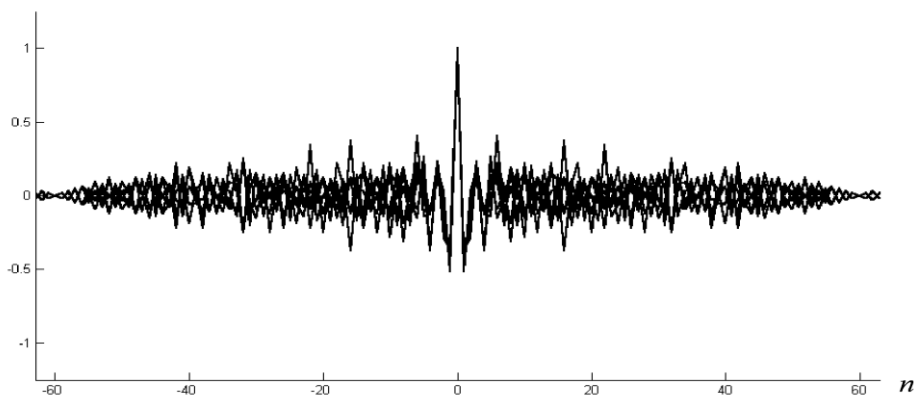


Рис. 6. АКХ послідовностей $\left\{ s_1 \left(w, \frac{t}{T_0} \right) \right\}_{w=40}^{47}$

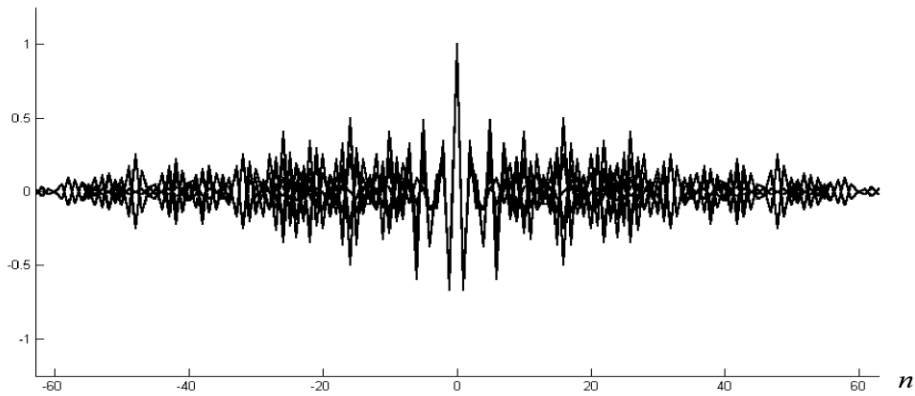


Рис. 7. АКХ послідовностей $\left\{s_1\left(w, \frac{t}{T_0}\right)\right\}_{w=48}^{55}$

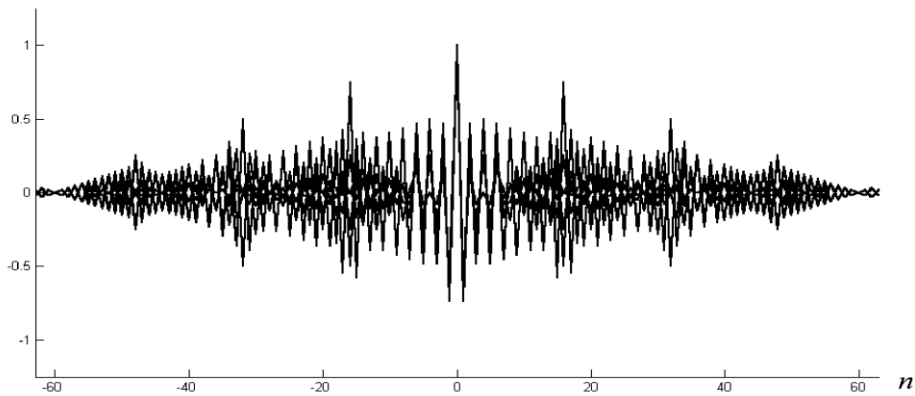


Рис. 8. АКХ послідовностей $\left\{s_1\left(w, \frac{t}{T_0}\right)\right\}_{w=56}^{63}$

Ще менший рівень бічних пелюсток мають АКХ дворівневих шумоподібних сигналів (псевдовипадкових послідовностей) [2, 4–8]. При перемноженні одного такого шумоподібного сигналу $\xi(t)$ з попарно ортогональними сигналами отримують породжену систему також ортогональних сигналів [5, 11], а

їхні АКХ мають рівень бічних пелюсток, що приблизно дорівнює рівню бічних пелюсток АКХ вихідного шумоподібного сигналу. Приклад такого сигналу наведено на рис. 9, а на рис. 10–13 показано АКХ системи ортогональних сигналів

$$g_{k+1}(t) = \text{wal}(k, t)\xi(t), k = \overline{0, 31}. \quad (4)$$

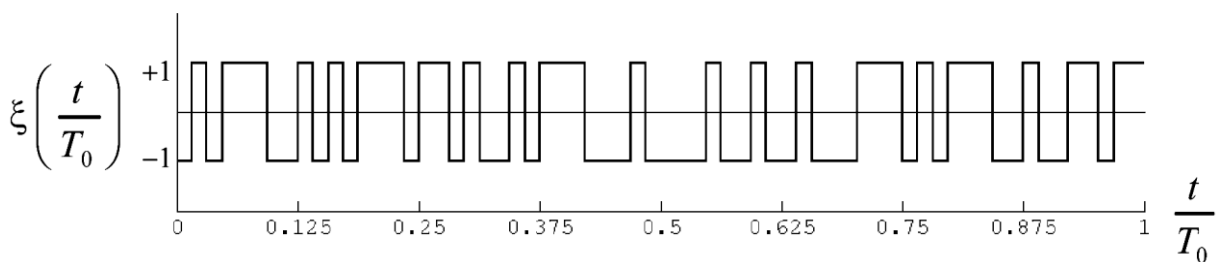


Рис. 9. Вихідний шумоподібний дворівневий сигнал $\xi\left(\frac{t}{T_0}\right)$

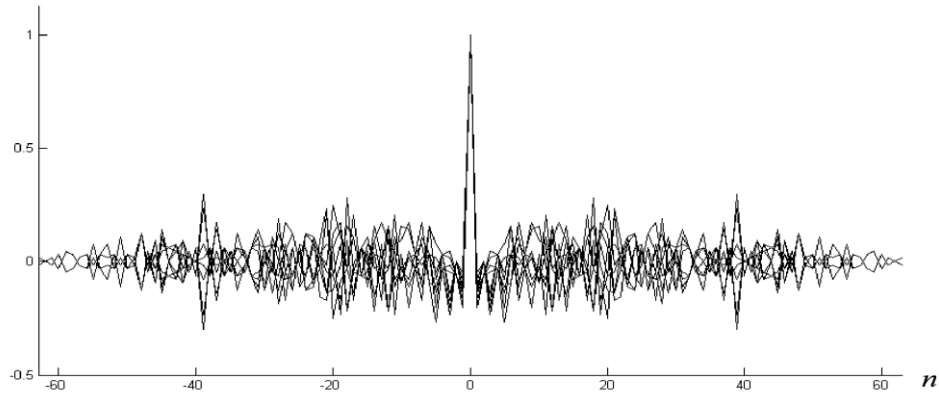


Рис. 10. АКХ послідовностей $\left\{g_m\left(\frac{t}{T_0}\right)\right\}_{m=1}^8$

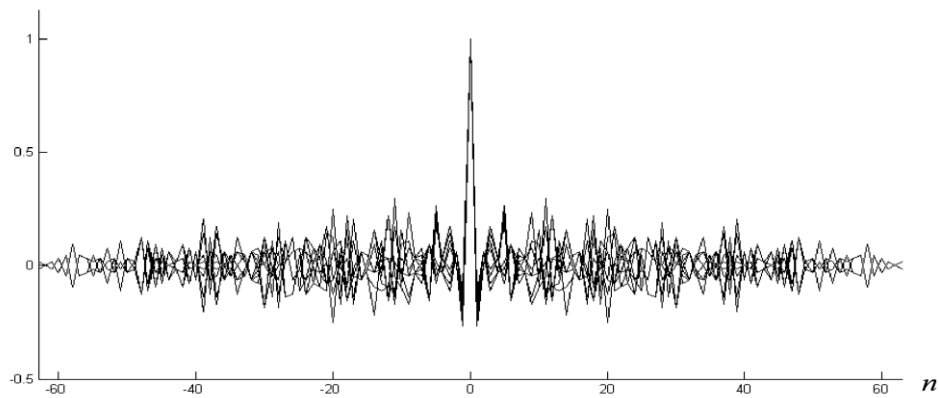


Рис. 11. АКХ послідовностей $\left\{g_m\left(\frac{t}{T_0}\right)\right\}_{m=9}^{16}$

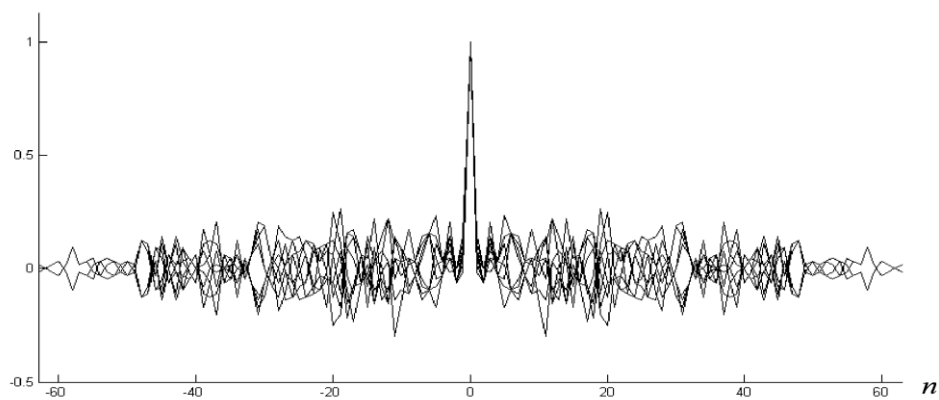


Рис. 12. АКХ послідовностей $\left\{g_m\left(\frac{t}{T_0}\right)\right\}_{m=17}^{24}$

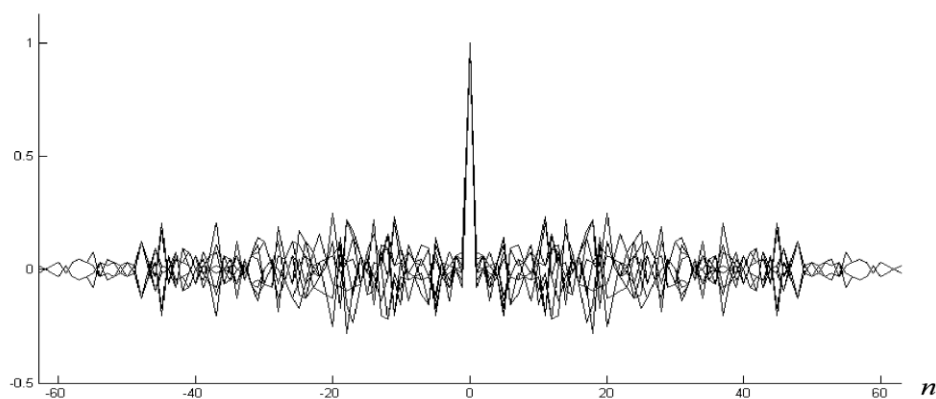


Рис. 13. АКХ послідовностей $\left\{ g_m \left(\frac{t}{T_0} \right) \right\}_{m=25}^{32}$

Багаторазове моделювання формування дворівневих шумоподібних сигналів у середовищі MATLAB 6.1 з подальшим формуванням породжених систем дворівневих сигналів виду (4) показало, що рівень бічних пелюсток АКХ цих сигналів залишається практично сталим і доволі малим, що може бути використано під час багатоканальних вимірювань з попарно ортогональними сигналами.

Висновок. Отримати поліпшені кореляційні властивості системи попарно ортогональних дворівневих сигналів можна, помноживши кожен сигнал цієї системи на псевдовипадкову послідовність. Дослідження довели, що рівень бічних пелюсток АКХ сигналів породженої системи стає близьким до рівня бічних пелюсток АКХ вихідної псевдовипадкової послідовності. Це може бути застосовано у системах багатоканального вимірювання, де необхідно мати попарно ортогональні сигнали з вузьким інтервалом кореляції. Отже, використання розглянутих у цій роботі сигналів систем, які породжені від систем $\{wal(w, t)\}_{w=0}^{2^M-1}$ або $\left\{ \left\{ s_u(w, t) \right\}_{w=0}^{2^N-1} \right\}_{u=1}^8$, надасть можливість підвищити роздільну здатність комплексів багатоканального вимірювання.

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М., 2003. 2. Романюк В.В. Кореляційні функції бінарних послідовностей // Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції “Наука і освіта ‘2005”. Том 62. Техніка. – Дніпропетровськ, 2005. – С. 33–35. 3. Романюк В.В. Переваги та недоліки систем ортогональних сигналів з двома і трьома рівнями квантування миттєвого значення // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2005. – № 1. – С. 200 – 204. 4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М., 2003. 5. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М., 1978. 6. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов. – М., 1970. 7. Пенін П.И. Системы передачи цифровой информации: Учеб. пособие для вузов. – М., 1976. 8. Пенін П.И., Филиппов Л.И. Радиотехнические системы передачи информации. – М., 1984. 9. Романюк В.В. Розробка та дослідження ортогональних кодів поза базисом функцій Уолша // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2004. – № 2 (8). – С. 194 – 198. 10. Романюк В.В. Системи ортогональних бінарних функцій, серед яких немає прямих та інвертованих функцій Уолша ненульового порядку // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2005. – № 1 (9). – С. 257 – 263. 11. Романюк В.В., Троцишин І.В. Дослідження рівня розбалансованості породжених базисів бінарних функцій // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 1. – С. 166 – 170.