



Бойко Юлій Миколайович,
професор кафедри телекомунікацій та радіотехніки факультету програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем Хмельницького національного університету, доктор технічних наук, професор.



Шинкарук Олег Миколайович,
ректор Національної академії ДПС України ім. Богдана Хмельницького, доктор технічних наук, професор, Академік Академії наук прикладної радіоелектроніки, відмінник освіти України, заслужений працівник освіти України, генерал-майор.



Карпова Леся Вікторівна,
доцент кафедри телекомунікацій та радіотехніки факультету програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем Хмельницького національного університету, кандидат технічних наук, доцент.



Чесановський Іван Іванович,
начальник кафедри телекомунікацій та радіотехніки Національної академії ДПС України ім. Богдана Хмельницького, кандидат технічних наук, доцент, підполковник.

НАУКОВО-ПРИКЛАДНІ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ У РАДІОТЕХНІЧНИХ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЗА НАЯВНОСТІ ЗАВАД

**Бойко Ю. М., Шинкарук О. М.,
Карпова Л. В., Чесановський І. І.**

НАУКОВО-ПРИКЛАДНІ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ У РАДІОТЕХНІЧНИХ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЗА НАЯВНОСТІ ЗАВАД



Бойко Ю. М.,
Шинкарук О. М.,
Карпова Л. В.,
Чесановський І. І.

**Науково-прикладні питання
забезпечення роздільної здатності
і ефективності обробки сигналів
у радіотехнічних та телекомунікаційних системах
за наявності завад**

Монографія

Хмельницький 2019

УДК: 621.372:621.39

ББК: 32.84

НЗ4

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Хмельницького національного університету,
протокол № 7 від 31.01.2019*

Рецензенти:

- Дружинін В. А.** – д-р техн. наук., проф., зав. кафедри радіоприймання та оброблення сигналів, Національний технічний університет України «КПІ» ім. Ігоря Сікорського;
- Гаврилко Є. В.** – д-р техн. наук, проф. кафедри телекомунікаційних систем та мереж, Державний університет телекомунікацій (м. Київ);
- Мартинюк В. В.** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри телекомунікацій та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Хмельницький національний університет.

Матеріали подані в авторській редакції

- НЗ4 Науково-прикладні питання забезпечення роздільної здатності і ефективності обробки сигналів у радіотехнічних та телекомунікаційних системах за наявності завад : монографія / Ю. М. Бойко, О. М. Шинкарук, Л. В. Карпова, І. І. Чесановський. – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 218 с.
ISBN 978-966-330-340-6

Подано результати теоретико-прикладних досліджень щодо вдосконалення методів обробки некогерентних імпульсних радіолокаційних сигналів та розробки структурно-алгоритмічних рішень існуючих і перспективних РТЗ. Проаналізовані сигнально-кодові конструкції для підвищення завадостійкості телекомунікаційних каналів передачі інформації.

Для фахівців, науковців, викладачів і студентів спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка».

УДК: 621.372:621.39

ББК: 32.84

ISBN 978-966-330-340-6

© Бойко Ю. М., Шинкарук О. М.,
Карпова Л. В., Чесановський І. І., 2019
© ХНУ, оригінал-макет, 2019

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Daubechies I. Wavelets on Irregular Point Sets / I. Daubechies, I. Guskov, P. Schroder, W. Sweldens // Philadelphia Transactions Royal Society. – London A. – 1999. – № 13. – P. 1–16.
2. Gorbunova A. Model Order Selection of the Target Doppler Spectrum» / A. Gorbunova, Y. Kuznetsov // 18th International Conference on International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2010. – Vilnius, Lithuania. June 2010. – Pp. 776–779.
3. Gordon W. B. Far-Field Approximations to the Kirchhoff – Helmholtz Representations of Scattered Fields / W. B. Gordon // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – 1975. – V. AP-23. – № 5. – P. 864–866.
4. Munoz-Ferreras J. M. «On the Doppler Spreading Effect for the Range-Instantaneous-Doppler Technique in Inverse Synthetic Aperture Radar Imagery» / Munoz-Ferreras J. M., Perez-Martinez F. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 7, No. 1, pp. 180–184, Jan. 2010.
5. Jian-Ying Li. Radar Cross Sections of Aircraft F1 17: Computation Using Fast Multipole Method and Measurement Using Compact Range / Li Jian-Ying, Li Le-Wei, Yeo Tat-Soon, Gan Yeow-Beng // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – 2002. – V. 23, № 2. – P. 128–132.
6. Boyko J. Conceptual features of application of facilities of adaptive filtration are in the tasks of authentication of noise of communication channels / J. Boyko, J. Babiy, L. Karpova // International Conference TCSET' 2010 – LUIU – Slavsko, Ukraine, February 23–27, 2010. – 299.
7. Konovalyuk M. Moving Multy-Scatterer Target Parametric Identification Using Radar Image» / M. Konovalyuk, Y. Kuznetsov, A. Baev // 18th International Conference on International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2010, Vilnius, Lithuania, June 2010. – Pp. 524–527.
8. Ling F. L. Shooting and bouncing rays: Calculating the RCS of an arbitrarily shaped cavity / F. L. Ling, R. C. Chou, S. W. Lee // IEEE Transactions Antennas and Propagation. – 1989. – V. 37. – Feb. – P. 194–205.

9. Wax M. Detection of signals by information theoretic criteria» / M. Wax, T. Kailath // *IEEE Trans., Acoust. Speech, Signal Processing*, Apr. 1985. – Vol. ASSP – 33. – Pp. 387–392.
10. Method Based on Physical Optics for the Computation of the Radar Cross Section Including Diffraction and Double Effects of Metallic and Absorbing Bodies Modeled With Parametric Surfaces / Saez de Adana F., I. Gonzales, O. Gutierrez, P. Lozano, M. F. Catedra // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. – 2004. – V. 52. – № 12. – P. 3295–3303.
11. Shyh-Kang Jeng. Near-Field Scattering by Physical Theory of Diffraction and Shooting and Bouncing Rays / Shyh-Kang Jeng // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. – 1998. – V. 46. – № 4. – P. 551–558.
12. Taflov A. *Advances in Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain method* / A. Taflov. – New York : Artech House. – 2000.
13. Tapan K. Sarkar. «Using the Matrix Pencil Method to estimate the parameters of a sum of complex exponentials» / Tapan K. Sarkar and Odilon Pereira // *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, February 1995. – Vol. 37. – No. 1. – Pp. 48–55.
14. Chen V. C. 1999. Available [Electronic resource] / V. C. Chen. – Mode of access: <http://airborne.nrl.navy.mil/~vchen/tftsa.html>.
15. Victor C. Chen / *Time-Frequency transforms for radar imaging and signal analysis* / Victor C. Chen, Hao Ling. – London : Artech House, 2002. – 234 p.
16. Volakis J. *Finite Element Method for Electromagnetics* / J. Volakis, A. Chatterjee, L. Kempel. – Piscataway. – N.J., Wiley-IEEE Press, 1998. – 368 p.
17. Zorin D. Interpolation Subdivision for Meshes with Arbitrary Topology / D. Zorin, P. Schroder, W. Sweldens // *Proceedings of the 23 Annual Conference on Computer Graphics (SIGGRAPH'96)*. – New Orleans, LA USA. – 1996. – August 4–9. – P. 189–192.
18. Адхам Салим Аль-Муаз Модель радиолокационного портрета цели в РЛС малой дальности с многочастотным зондирующим сигналом / Адхам Салим Аль-Муаз, Шаляпин С. В. // *Доклады БГУИР*. – 2007. – № 1. – С. 61–66.
19. Айфичер Эмануил С. Цифровая обработка сигналов: практический поход / Эмануил С. Айфичер, Бари У. Джервис ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2004. – 992 с., ил.

20. Альтман Дж. Устройства сверхвысоких частот / Дж. Альтман ; пер. с англ. – М. : Мир, 1968. – 488 с.
21. Анищенко Н. Н. Цифровое моделирование и обработка переходных характеристик объектов в оптической локационной системе наведения / Н. Н. Анищенко, Л. В. Лабунец // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2002. – Т. 7, № 8. – С. 60–77.
22. Антонью А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование / А. Антонью ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1983. – 320 с., ил.
23. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник / С. И. Баскаков. – М. : Высшая школа, 1983. – 536 с.
24. Бенжамин Р. Анализ радио- и гидролокационных сигналов / Р. Бенжамин ; пер. с англ. О. Казакова и А. Лившиц. – М. : Воениздат, 1969. – 256 с.
25. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов / Р. Блейхут ; пер. с англ. – М. : Мир, 1989. – 448 с., ил.
26. Богданович В. А. Теория устойчивого обнаружения, различения и оценивания сигналов / В. А. Богданович, А. Г. Вострецов. – М. : Физматлит, 2004. – 320 с.
27. Борзов А. Б. Цифровое моделирование входных сигналов систем ближней радиолокации от сложных радиолокационных сцен / А. Б. Борзов, А. В. Соколов, В. Б. Сучков // Успехи современной радиоэлектроники. – 2004. – № 9–10. – С. 38–62.
28. Борзов А. Б. Анализ вторичного излучения элементарных отражателей сложных радиолокационных сцен [Электронный ресурс] / А. Б. Борзов, А. В. Соколов, В. Б. Сучков // Конверсия в машиностроении. – 1999. – № 2. – С. 6–11. – Режим доступа: <http://www.cplire.ru/joined/iso/lecture8/text.html#1>
29. Брейсуэлл Р. Преобразование Хартли / Р. Брейсуэлл ; пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 175 с., ил.
30. Ільницький Л. Я. Пристрої надвисоких частот та антени : навч. посіб. / Л. Я. Ільницький, Л. В. Сібрुक, О. А. Щербина. – Київ : НАУ, 2013. – 188 с.
31. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособ. / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М. : Высшая школа, 2000. – 480 с., ил.
32. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения : учеб. пособ. / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – 2-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2000. – 383 с., ил.

33. Вопросы перспективной радиолокации : монография / под ред. А. В. Соколова. – М. : Радиотехника, 2003. – 512 с.
34. Воробьев С. Н. Эффективное обнаружение детерминированных сигналов : монография / С. Н. Воробьев. – СПб. : СПбГУАП, 2003. – 139 с.
35. Воробьев С. Н. Эффективное обнаружение детерминированных сигналов : монография / С. Н. Воробьев. – СПб. : СПбГУАП, 2003. – 139 с.
36. Голд. Б. Цифровая обработка сигналов / Б. Голд., Ч. Рейдер ; пер. с англ., под ред. А. М. Трахтмана. – М. : Сов. радио, 1973. – 368 с.
37. Гольденберг Л. М. Цифровая обработка сигналов : справочник / Л. М. Гольденберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. – М. : Радио и связь, 1985. – 312 с.
38. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы / И. С. Гоноровский : учебник для вузов. – 4-е изд., перер. и доп. – М. : Радио и связь, 1986. – 512 с.
39. Горелик А. Л. Селекция и распознавание на основе локационной информации / А. Л. Горелик, Ю. Л. Барабаш, О. В. Кривошеев, С. С. Эпштейн ; под ред. А. Л. Горелика. – М. : Радио и связь, 1990. – 240 с.
40. Грибанов Ю. И. Спектральный анализ случайных процессов / Ю. И. Грибанов, В. Л. Мальков. – М. : Энергия, 1974. – 240 с., ил.
41. Гринев А. Ю. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток : учеб. пособ. / В. С. Филиппов, Л. И. Пономарев, А. Ю. Гринев [и др.] ; под ред. Д. И. Воскреенского. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Радио и связь, 1994. – 592 с., ил.
42. Даджион Д. Цифровая обработка многомерных сигналов / Д. Даджион, Р. Мерсеро ; пер. с англ. – М. : Мир, 1988. – 488 с.
43. Дмитриев В. А. Основы применения технических средств наблюдения пограничных войск / В. А. Дмитриев. – М. : ГУПВ КГБ СССР, 1991. – 288 с.
44. Дорожко В. М. Иммитационная модель радиолокационного эхо-сигнала / В. М. Дорожко // Дальневосточный математический журнал. – 2001. – Т. 2, № 1. – С. 98–113.
45. Зайцев Г. В. Бесквадратурная цифровая обработка радиолокационных сигналов / Г. В. Зайцев // Вопросы специальной радио-

електроніки. Серія: Радиолокаційна техніка. – 1988. – Вип. 15. – С. 38–59.

46. Зайцев Т. В. Методи побудови цифрових спектроаналізаторів, усуваючих вплив розбалансованих квадратурних каналів АЦП / Т. В. Зайцев, І. Б. Цыпин // Вопросы специальной радиоэлектроники. Серія: Радиолокаційна техніка. – 1980. – Вип. 9. – С. 33–45.

47. Залманзон Л. А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях / Л. А. Залманзон. – М.: Наука, 1989. – 496 с.

48. Зверев В. А. Выделение сигналов из помех численными методами / В. А. Зверев, А. А. Стромков. – Н. Новгород : ИПФ РАН, 2001. – 188 с.

49. Карпова Л. В. Удосконалення методів узгодженої фільтрації вузькосмугових сигналів на основі підходів локально-базисного аналізу / І. І. Чесановський, Л. В. Карпова, Д. О. Левчунець // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2015. – № 6. – С. 192–196.

50. Карпова Л. В. Підвищення завадостійкості передачі даних в багаточастотних радіоканалах за рахунок адаптивного кодування / І. І. Чесановський, Л. В. Карпова, С. А. Баран // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – № 2. – С. 294–297.

51. Карпова Л. В. Аналіз шляхів підвищення точності дієлькометричних вимірювачів вологості / Л. В. Карпова, О. М. Шинкарук, І. С. Пятін // Збірник наукових праць ВІКНУ ім. Т. Шевченка. – 2009. – № 74. – С. 75–82.

52. Карпова Л. В. Метод підвищення ступеня розрізнення ехо-сигналів при вирішенні задач активної та напівактивної радіолокації на основі кореляційного оцінювання квадратурної флюктуаційної складової // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2010. – № 4. – С. 72–76.

53. Карпова Л. В. Методи багатоантенної зв'язи в умовах помехової ситуаційної неопределенності / Л. В. Карпова, О. Н. Шинкарук, Б. Б. Поспелов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2010. – № 5. – С. 170–175.

54. Карпова Л. В. Оцінка потенційного ступеня розрізнення імпульсних зондуючих радіосигналів з урахуванням кутової неста-

більності генератора НВЧ / Л. В. Карпова, О. А. Мясішев, І. І. Чесановський // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2010. – № 2. – С. 72–78.

55. Карпова Л. В. Трансформування невизначеності імпульсних радіосигналів з урахуванням амплітудно-частотних флуктуацій / Л. В. Карпова, О. М. Шинкарук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. Технічні науки. – Вінниця, 2011. – № 3. – С. 217–221.

56. Карпова Л. В. Трансформування функції невизначеності імпульсних радіосигналів з урахуванням флуктуаційної складової в їх комплексній обвідній / Л. В. Карпова // Радіотехніка. – Харків, 2010. – № 163. – С. 223–229.

57. Карпова Л. В. Обробка імпульсних радіолокаційних сигналів на основі амплітудно-частотних флуктуацій / Л. В. Карпова, О. М. Шинкарук, В. М. Швачій // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2011. – № 1. – С. 153–157.

58. Карташов В. М. Особенности обработки квазинепрерывных сигналов в радиоакустических системах / В. М. Карташов, А. Ю. Бурыгин // Радиоэлектроника и информатика. – 2005. – № 4. – С. 4–7.

59. Кондратенков Г. С. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли : учеб. пособ. для вузов / Г. С. Кондратенков, А. Ю. Фролов ; под ред. Г. С. Кондратенкова. – М. : Радіотехніка, 2005. – 368 с.

60. Коновалюк М. А. Идентификация объектов сложной формы в сверхкороткоимпульсной радиолокации / М. А. Коновалюк, Ю. В. Кузнецов, А. Б. Баев // Радиолокация и радиосвязь : материалы III Всерос. конф. (ИРЭ РАН, 26–29 октября 2009 г.) : тез. докл. – С. 932–936.

61. Кравченко В. Ф. Алгебра логики, атомарные функции и вейвлеты в физических приложениях / В. Ф. Кравченко, В. Л. Рвачев. – М. : ФИЗМАЛИТ, 2006. – 416 с.

62. Круг П. Г. Процессоры цифровой обработки сигналов : учеб. пособ. / П. Г. Круг. – М. : изд-во МЭИ, 2001. – 128 с.

63. Кудрявцев Л. Д. Курс математического анализа : учеб. для вузов. В 3 т. / Л. Д. Кудрявцев. – М. : Высшая школа, 1989. – Т. 3. – 352 с.

64. Кузнецов Ю. В. Определение параметров многоточечных целей по спектру радиолокационного изображения / Ю. В. Куз-

нецов, А. Б. Баев, М. А. Коновалок // Вестник МАИ. – 2005. – № 3. – Т. 17. – С. 193–198.

65. Кузьмин С. З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию / С. З. Кузьмин. – Киев : изд-во КВЦ, 2000. – 428 с.

66. Баскаков А. И. Зондирующие радиолокационные сигналы : учеб. пособ. / А. И. Баскаков, Т. С. Жутяева, Ю. И. Лукашенко. – М. : ИД «МЭИ», 2011. – 56 с.

67. КуперДж. Вероятностные методы анализа сигналов и систем / Дж. Купер, К. Макгиллем ; пер. с англ. – М. : Мир, 1989. – 376 с., ил.

68. Лабунец Л. В. Математическое и физическое моделирование переходных характеристик 3D-объектов в однопозиционной системе оптической локации / Л. В. Лабунец // Радиотехника и электроника. – 2002. – Т. 47. – № 3. – С. 308–321.

69. Лабунец Л. В. Теория и методы цифрового моделирования полей целей и сигналов в оптических и радиолокационных автономных информационных системах : дис. д-ра техн. наук / Л. В. Лабунец. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 333 с.

70. Лаговский Б. А. Многопараметрическая оптимизация характеристик неоднородных покрытий и определение их эффективных параметров : дис. д-ра техн. наук / Б. А. Лаговский. – М. : МИРЭА, 2005. – 298 с.

71. Устройства СВЧ и антенны : учебник / Д. И. Воскресенский, В. Л. Гостюхин, В. М. Максимов [и др.] ; под ред. Д. И. Воскресенского. – М. : Радиотехника, 2006. – 376 с.

72. Мікроелектроніка НВЧ : навч. посіб. Ч. 1. Елементи та пристрої НВЧ-тракту / І. Н. Бондаренко. – Харків : ХНУРЕ, 2017. – 152 с.

73. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. В 2 т. / Ж. Макс ; пер с фр. – М. : Мир, 1983. – Т. 1. – 312 с.

74. Методики оперативно-тактических расчетов в пограничных войсках : учеб. пособ. В 2 ч. – М. : ГУПВ КГБ СССР, Высшие пограничные ордена Ленина Краснознаменные командные курсы КГБ СССР, 1985. – 248 с.

75. Мирский Г. Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов / Г. Я. Мирский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1972. – 456 с.

76. Небабин В. Г. Методы и техника радиолокационного распознавания / В. Г. Небабин, В. В. Сергеев. – М. : Радио и связь, 1984. – 152 с.

77. НРЛС Наяда-5. Техническое описание ЛА1.000.062-05 ТО.

78. Нуссбаумер Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток / Г. Нуссбаумер ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1985. – 248 с., ил.

79. Оппенгейм А. В. Цифровая обработка сигналов / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. с англ. ; под ред. С. Я. Шаца. – М. : Связь, 1979. – 416 с., ил.

80. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты / В. И. Борисов, В. М. Зинчук, А. Е. Лимарев [и др.]. – М. : Радио и связь, 2000. – 384 с., ил.

81. Потапов А. А. Фракталы в радиофизике и радиолокации / А. А. Потапов. – М. : Логос, 2002. – 664 с.

82. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд ; пер. с англ. – М. : Мир, 1978. – 835 с., ил.

83. Радиопередающие устройства / под ред. Г. А. Зейтленка. – М. : Связь, 1961. – 543 с.

84. Сумик М. М. Основи теорії радіотехнічних систем : навч. посіб. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – 240 с.

85. Радиотехнические системы : учебник / под ред. Ю. М. Казаринова. – М. : Высшая школа, 1990. – 496 с.

86. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник / С. И. Баскаков. – 4-е изд., испр. и доп. – М., 2016. – 519 с.

87. Решетников А. В. Анализ факторов, оказывающих влияние на эффективность применения РЛС Пограничных войск по назначению / А. В. Решетников, В. Г. Щука // Сборник научно-методических работ. – Хмельницкий : изд-во Академии ПВУ, 1997. – № 3, ч. 2. – С. 57–62.

88. Решетников О. В. Використання теорії масового обслуговування для визначення оптимального варіанта застосування електро-сигналізаційного комплексу Прикордонних військ / О. В. Решетников // Сборник научно-методических работ. – 1996. – № 2, ч. 2. – Хмельницкий : изд-во Академии ПВУ. – С. 29–33.

89. Саврасов Ю. С. Оптимальные решения / Ю. С. Саврасов. – М. : Радио и связь, 2000. – 152 с., ил.

90. Садомский А. С. Приемо-передающие устройства и системы связи : учеб. пособ. / А. С. Садомский. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 243 с.
91. Саломатин С. Б. Компьютерное моделирование и обработка нестационарных сигналов : метод. пособ. к лаборатор. работе по курсу «Цифровая обработка сигналов» / С. Б. Саломатин, А. И. Бурак. – Мн. : БГУИР, 2004. – 36 с., ил.
92. Свистов В. М. Радиолокационные сигналы и их обработка / В. М. Свистов. – М. : Сов. радио, 1977. – 448 с.
93. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. – СПб. : Питер, 2005. – 604 с.
94. Сосулин Ю. Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации : учеб. пособ. / Ю. Г. Сосулин. – М. : Радио и связь, 1992. – 304 с.
95. Справочник по основам радиолокационной техники / под ред. В. В. Дружинина. – М. : Воениздат, 1987. – 768 с.
96. Справочник по радиолокации / под ред. М. Скольника ; пер. с англ. (в 4 т.) ; под общ. ред. К. Н. Трофимова. Т. 1. Основы радиолокации / под ред. Я. С. Иццоки. – М. : Сов. радио, 1976. – 456 с., ил.
97. Справочник по радиолокации / под ред. М. Скольника ; пер. с англ. (в 4 т.) ; под общ. ред. К. Н. Трофимова. Т. 3. Радиолокационные устройства и системы / под ред. А. С. Винницкого. – М. : Сов. радио, 1978. – 528 с., ил.
98. Стратонович Р. Л. Принципы адаптивного приёма / Р. Л. Стратонович. – М. : Советское радио, 1973. – 144 с.
99. Тафлов А. Б. Численное моделирование рассеяния электромагнитных волн и вычисление эффективной площади отражения целей конечно-разностным методом во временной области / А. Б. Тафлов, К. Р. Умашанкар // ТИИЭР. – 1989. – Т. 77, № 5. – С. 57–75.
100. Теоретические основы радиолокации : учеб. пособ. / под ред. Я. Д. Ширмана. – М. : Сов. радио, 1970. – 560 с.
101. Теоретические основы радиолокации : учеб. пособ. / А. А. Коростелев, Н. Ф. Клюев, Ю. А. Мельник ; под ред. В. Е. Дулевича. – М. : Сов. радио, 1978. – 608 с.
102. Устройства СВЧ : учеб. пособие / под ред. Д. М. Сазонова. – М. : Высшая школа, 1981. – 295 с.
103. Уфимцев П. Я. Метод краевых волн в физической теории дифракции / П. Я. Уфимцев. – М. : Советское радио. – 1962. –

243 с.; Michaeli A. Equivalent Edge Currents for Arbitrary Aspects of Observation / A. Michaeli // IEEE Transactions Antennas and Propagation. – 1989. – V. AP-32. – Mar. – P. 252–258.

104. Федоров Н. Д. Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы : учеб. для вузов / Н. Д. Федоров. – М. : Атомиздат, 1979. – 288 с.

105. Финкельштейн М. И. Основы радиолокации : учебник / М. И. Финкельштейн. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1983. – 536 с., ил.

106. Хеминг Р. В. Цифровые фильтры / Р. В. Хеминг. – М. : Сов. радио, 1980. – 224 с., ил.

107. Чесановський І. І. Прийом та обробка імпульсних радіолокаційних сигналів на основі аналізу їх внутрішньої фазочастотної нестабільності / І. І. Чесановський // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Т. Шевченка. – Київ, 2009. – Вип. № 24. – С. 4–5.

108. Чумаков Н. М. Оценка эффективности сложных технических устройств / Н. М. Чумаков, Е. И. Серебряный. – М. : Сов. радио, 1980. – 192 с.

109. Ширман Я. Д. Разрешение и сжатие сигналов / Я. Д. Ширман. – М. : Сов. радио, 1974. – 360 с.

110. Ширман Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос. – М. : Радио и связь, 1981. – 416 с.

111. Бойко Ю. М. Теоретичні аспекти підвищення завадостійкості й ефективності обробки сигналів в радіотехнічних пристроях та засобах телекомунікаційних систем за наявності завад : монографія / Ю. М. Бойко, В. А. Дружинінін, С. В. Толюпа. – Київ : Логос, 2018. – 227 с.

112. Бойко Ю. М. Можливості турбокодів щодо підвищення енергетичного виграшу в каналах передавання інформації / Ю. М. Бойко // Зв'язок. – 2016. – № 2. – С. 16–25.

113. Rappaport T. S. Wireless communications: principles and practice / T. S. Rappaport. – New Jersey: Prentice Hall, 1996. – 641 p.

114. Boiko J. Productivity of telecommunication systems with modified signal-code constructions / J. Boiko, I. Kovtun, S. Petrashchuk // 2017 Proc. 4th IEEE International Scientific-Practical Conf. Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T). – Kharkov, 2017. – Pp. 173–178.

115. Бойко Ю. М. Дослідження ефективності алгоритмів канального кодування в захищених телекомунікаційних системах передавання інформації / Ю. М. Бойко, Д. А. Макаришкін, О. І. Пасічник // Зв'язок. – Київ, 2016. – № 5. – С. 56–67.
116. Lu E. H. New time-domain decoder for correcting both errors and erasures of Reed-Solomon codes / E. H. Lu, T. C. Chen, C.W.Shih // ETRI J. – 2016. –Vol. 38, no. 4. – P. 612–621.
117. Шинкарук О. М. Приймання та оброблення сигналів : навч. посіб. / О. М. Шинкарук, В. І. Правда, Ю. М. Бойко. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – 365 с.
118. Бойко Ю. М. Формування та дослідження телекомунікаційної системи з каскадним кодуванням із використанням турбокодів / Ю. М. Бойко // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – Київ, 2016. – № 4. – С. 29–41.
119. Roth R. M. Long cyclic codes over GF(4) and GF(8) better than BCH codes in the high-rate region / R. M. Roth, A. Zeh // IEEE Trans. Inform. Theory. – 2017. –Vol. 63, no. 1. – P. 150–158.
120. Бойко Ю. М. Застосування завадостійких сигнально-кодових конструкцій в телекомунікаційних системах з частотною маніпуляцією / Ю. М. Бойко, О. І. Єрмоєнко, А. О. Гайда // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – Київ, 2017. – № 3 (56). – С. 49–63.
121. Reed I. Reed-Solomon Codes. Error-Control Coding for Data Networks. The Springer International Series in Engineering and Computer Science / I. Reed, X. Chen. – Boston, MA : Springer, 2017. – Vol. 508. – Pp. 233–284.
122. Бойко Ю. М. Ефективність сигнально-кової конструкції з частотною маніпуляцією в телекомунікаційному каналі зв'язку / Ю. М. Бойко, О. І. Єрмоєнко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 2. – С. 150–163.
123. Boiko J. Signal Processing in Telecommunications with Forward Correction of Errors / J. Boiko, O. Eromenko // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. – 2018. – 11 (3). – P. 868–877.
124. Parhomey I. R. Features of digital signal processing in the information control systems of multipositional radar / I. R. Parhomey, J. M. Boiko, O. I. Eromenko // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. – 2016. – Vol. 77, nr. 2. – P. 75–84.
125. Бойко Ю. М. Особливості квазікогерентної обробки сигналів у засобах телекомунікацій з частотною маніпуляцією /

Ю. М. Бойко, І. С. Пятін // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – Київ, 2018. – № 1 (58). – С. 27–39.

126. Бойко Ю. М. Синтез і аналіз інформаційно-управляючих систем синхронізації засобів телекомунікацій / Ю. М. Бойко // Адаптивні системи автоматичного управління : міжвідом. науч.-техн. зб. / Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського». – Київ, 2017. – Вип. 1'(30). – С. 8–28.

127. Martynyuk, V. The Analysis of Periodic Signal Detection Method Based on Duffing System Chaotic Dynamics / V. Martynyuk, Y. Havrylko, J. Voiko, M. Fedula // Visnyk NTUU KPI Seriia – Radio-tekhnika Radioarapa to buduvannia. – 2018. – (74). – P. 5–10.

128. Бойко Ю. М. Аналіз ефективності декодування самоортогональних кодів у телекомунікаційних каналах із фазовою маніпуляцією / Ю. М. Бойко, О. І. Єрмоєнко, О. В. Костенко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2018. – № 6, т. 1. – С. 76–84.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	3
---------------------------------	---

Вступ.....	5
------------	---

Розділ 1.

Аналіз існуючих методів обробки радіолокаційних ехо-сигналів

1.1. Аналіз стану питання обробки сигналів у завданнях радіолокації.....	11
1.2. Аналіз математичних моделей оптимальної обробки сигналів у задачах радіолокації.....	17
1.3. Невідповідності математичних моделей оптимальної обробки	27
Висновки до розділу	31

Розділ 2.

Розробка математичної моделі з урахуванням флуктуаційних складових у їх комплексній обвідній

2.1. Дослідження процесів у роботі імпульсних генераторів НВЧ, що спричиняють амплітудну нестабільність	33
2.2. Визначення впливу навантаження на частоту і фазу коливачів генератора НВЧ	36
2.3. Нестабільність частоти магнетрона при модуляції прямокутним імпульсом	40
2.4. Статистична модель сигналів, модульованих випадковим процесом за амплітудою	44
2.5. Формалізоване подання імпульсних зондуючих сигналів з флуктуаційною кутовою модуляцією	52
2.6. Розробка удосконаленої математичної моделі зондуючих сигналів з урахуванням амплітудних та кутових флуктуацій	57
Висновки до розділу	67

Розділ 3.

Розробка методу підвищення роздільної здатності РЛЗ на основі алгоритму кореляційного оцінювання

3.1. Розробка математичної моделі радіолокаційного ехо-сигналу	69
3.2. Формулювання загальних принципів моделювання радіолокаційних ехо-сигналів активної радіолокації.....	73
3.3. Розробка моделі радіолокаційного ехо-сигналу з урахуванням множини можливих чинників зондування	76
3.4. Імітаційне дослідження отриманої моделі та перевірка збіжності отриманих результатів	84

3.5. Розробка методу підвищення роздільної здатності РЛС на основі алгоритму автокореляційного оцінювання	89
3.6. Оцінка потенційного виграшу у відношенні сигнал/шум при застосуванні методу	96
Висновки до розділу	107

Розділ 4.

Синтез функцій невизначеності, структурно-схематичні рішення і техніко-економічне обґрунтування

4.1. Синтез функцій невизначеності складних радіолокаційних сигналів.....	109
4.1.1. Трансформування функції невизначеності з урахуванням внутрішньої фазочастотної нестабільності	110
4.1.2. Аналітичні вирази функції невизначеності сигналів з урахуванням недетермінованих складових	114
4.2. Аналіз отриманих виразів функцій невизначеності	119
4.3. Розробка структурно-схематичних рішень щодо застосування розробленого методу	126
4.3.1. Вибір методу побудови пристрою підсилення і аналого-цифрового перетворення сигналів	129
4.3.2. Розрахунок параметрів фільтра попередньої селекції	130
4.3.3. Вибір частотних співвідношень.....	133
4.3.4. Вибір аналого-цифрового перетворювача	135
4.3.5. Автоматичне регулювання підсилення	137
4.4. Техніко-економічна оцінка реалізації запропонованих методів і технічних рішень.....	138
Висновки до розділу	141

Розділ 5.

Формування сигнально-кодових конструкцій у телекомунікаційних системах з цифровою модуляцією

5.1. Математичний опис сигналів цифрової частотної модуляції	143
5.2. Синтез квазіоптимальних пристроїв формування та оброблення сигналів з частотною маніпуляцією	150
5.3. Синтез пристрою приймання та оброблення маніпульованих сигналів при мінімізації спотворень бітових посилок	159
5.4. Дослідження ефективності застосування завадостійких сигнально-кодових конструкцій з частотною маніпуляцією	167
5.5. Визначення енергетичного виграшу від застосування кодування у телекомунікаційних системах з частотною маніпуляцією	179
Висновки до розділу	189
Висновки	193
Список використаних джерел	197
Додатки	209

Наукове видання

*Бойко Юлій Миколайович,
Шинкарук Олег Миколайович,
Карпова Леся Вікторівна,
Чесановський Іван Іванович*

**Науково-прикладні питання забезпечення
роздільної здатності і ефективності обробки сигналів
у радіотехнічних та телекомунікаційних системах
за наявності завад**

Відповідальний за випуск: **В. С. Яремчук**

Художнє оформлення обкладинки: **О. В. Бобровський**

Технічне редагування, коректування і верстка: **О. В. Чопенко**

Підписано до друку 27.02.2019.

Формат 30×42/2. Папір офс. Гарн. Times New Roman.

Друк різнографією. Ум. друк. арк. – 12,83. Обл.-вид. арк. – 10,00.

Тираж 100. Зам. № 17/19

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі ХНУ.

29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1.

Свідоцтво про внесення в Державний реєстр,

серія ДК № 4489 від 18.02.2013 р.