

УДК 004.9

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОФЕССОРА ЛОСЕВА В.В.
В 1968–1990 ГГ. В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ РАДИОСИСТЕМ**¹В.К. КОНОПЕЛЬКО, ²А.И. МИТЮХИН

¹*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

²*Институт информационных технологий Белорусского государственного университета
информатики и радиоэлектроники, Козлова, 28, Минск, 220037, Беларусь*

Представлены результаты практического воплощения разработанных под руководством Лосева В.В. и его учеников алгоритмов цифровой обработки сигналов и теории кодирования в радиосистемах различного назначения.

Ключевые слова: радиосистема, помехоустойчивое кодирование, цифровая обработка, обнаружение, низкоскоростной код, изображение, разрешение.

Владислав Валентинович Лосев – известный советский ученый в области теории кодирования (ТК), цифровой обработки сигналов (ЦОС) и их использования в радиосистемах и системах связи различного назначения. Одним из первых он увидел в этих научных направлениях будущее развитие информационных технологий. Его имя отражено в исследованиях и множестве публикаций, посвященных проблемам поиска, полихотомическим методам синхронизации и обработки оптимальных кодовых конструкций методами максимального правдоподобия, мажоритарного и перестановочного декодирования, позволяющими эффективно осуществлять цифровую реализацию алгоритмов [1–11]. Его работы актуальны и значимы в исследованиях по разработке спектральных методов ЦОС в радиосистемах и в большой степени определялись практической необходимостью разработки новых алгоритмов в ЦОС и ТК для решения задач обнаружения и различения сигналов в каналах с шумами. Ниже представлены некоторые примеры практического воплощения научных результатов Лосева В.В. и его учеников.

Еще в конце 70-х гг. прошлого столетия в научных лабораториях Минского радиотехнического института (МРТИ) проводилась разработка системы энергетически скрытной связи с ортогональной модуляцией. В системе каждому уровню квантования речевого сигнала соответствовало кодовое слово низкоскоростного кода. Это была первая система подобного типа в СССР, продемонстрированная и одобренная к производству Министерством обороны СССР. Аналогом этой системы являлась американская система с кодовым разделением каналов «Диджилок». Развитием этой технологии передачи сигналов с разделением по коду для гражданских и военных пользователей являются в настоящее время широко применяемые технологии мобильной сотовой связи CDMA, беспроводной радиосвязи Wi-Fi, Bluetooth и др.

Научные и технические результаты, полученные в этой работе, использовались в 80-х гг. прошлого столетия при создании аппаратуры, в программе «Вега» для исследования дальнего космоса, где главным разработчиком являлось Особое конструкторское бюро Московского энергетического института (ОКБ МЭИ). Программа включала в себя ряд научно-исследовательских работ (НИР), связанных с разработкой аппаратуры для искусственных спутников и комплекса радиолокационного зондирования (картографирования) поверхности планеты Венера. Два комплекса находились на бортах космических станций «Венера-15» и «Венера-16». Техническим заданием на разработку радиолинии дальней космической связи задавалась необходимость осуществить радиосвязь на расстоянии 105–260 млн. км.

В МРТИ разрабатывалась аппаратура для обработки телеметрических сигналов многоканальной совмещенной системы связи, где применялись помехоустойчивые низкоскоростные коды разной длины для решения задач передачи эксплуатационных данных о работе спутниковой бортовой аппаратуры, а также исследовательских данных. В качестве переносчика информации использовались M -последовательности длиной 511 и 32767 двоичных символов. Применением кодированных сигналов обеспечивалось совместное измерение скорости движения и дальности космического аппарата. При измерении дальности осуществлялось измерение задержки между излученным и принятым сигналами: $\tau = 2D(t) / c$, где $D(t)$ – дальность до объекта измерений, c – скорость света.

При измерении скорости оценивалось доплеровское приращение частоты: $\Delta f = 2\dot{D}(t)f / c$, где $\dot{D}(t)$ – скорость движения объекта; f – несущая частота.

Периодическая 127-элементная M -последовательность использовалась для фазовой манипуляции сигналов радара с синтезированной апертурой. Кроме обеспечения связи с космическим аппаратом, информационная система должна была выполнять следующие задачи:

- передавать командную и телеметрическую информацию на борт космического аппарата с Земли;
- передавать технические и научные данные с космического аппарата на Землю;
- обеспечивать автоматическое слежение за частотой Доплера, а также слежение по угловым координатам.

Техническая реализация бортовой аппаратуры программы «Вега» и стыковка разработанных блоков, устройств и элементов космических станций осуществлялась в ОКБ МЭИ. На рис. 1 показана автоматическая межпланетная станция «Венера-16».

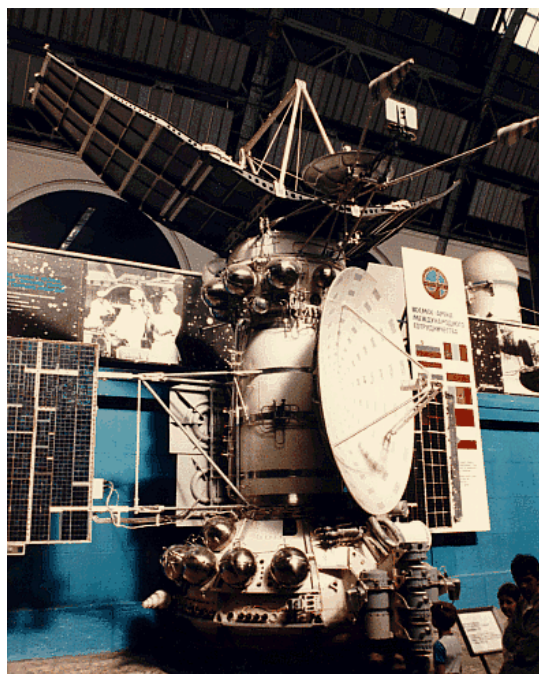


Рис. 1. Автоматическая космическая межпланетная станция «Венера-16»

Следует отметить, что на то время разрешение радиолокационных изображений планеты Венеры (рис. 2) составляло 1–2 км. В похожей американской программе разрешение изображений составляло примерно 20 км. В настоящее время качественные характеристики таких изображений достигают разрешения 200–300 м. Немного позднее модифицированные результаты предыдущих исследований и разработок использовались в проекте «Венера-Галлея» при создании аппарата «Вега». Две автоматические межпланетные станции «Вега-1» и «Вега-2» этого проекта осуществляли комплексное исследование кометы Галлея (рис. 3) и космического пространства с попутным облетом и изучением планеты Венера.

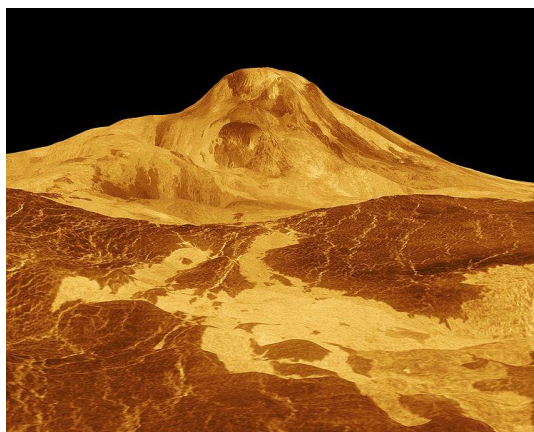


Рис. 2. Радиолокационное изображение поверхности Венеры



Рис. 3. Снимок ядра кометы Галлея

Под научным руководством профессора Лосева В.В. также был выполнен ряд специальных НИР по разработке систем скрытой кодированной передачи информации. Особое внимание было уделено исследованию новых алгоритмов синхронизации низкоскоростных кодов большой значности (десятки тысяч двоичных символов) по начальной фазе, тактовой и несущей частотам. Исследовалось влияние промышленных и преднамеренных помех на систему обработки сложных кодированных сигналов. В результате на одном из предприятий СССР был осуществлен выпуск партии разработанной аппаратуры специального и народнохозяйственного назначения. Аппаратура показала свою эффективность и надежность. Постановлением № 315 Правительства СССР исполнители НИР дважды были отмечены премиями за высокое качество выполненных и внедренных научных результатов работы в разовой партии приборов, создание головного образца специального изделия для МО СССР.

Одновременно с разработкой аппаратуры проводились исследования, связанные с формированием и изучением свойств новых конструкций кодированных сигналов, предназначенных для использования в радионавигационных спутниковых системах. Разрабатывались новые цифровые алгоритмы слежения за задержкой кодированных сигналов аппаратуры пользователей радионавигационных спутниковых систем с надежной синхронизацией такой аппаратуры.

В настоящее время в БГУИР продолжают исследования его учеников. Кроме научных направлений, в которых успешно работал профессор Лосев В.В., разрабатываются новые области применения ЦОС и ТК, решаются новые технические задачи современных информационных технологий. В частности, значительные исследования ориентированы на цифровую обработку пространственных данных для специальных применений. Решаются теоретические и практические задачи, связанные с обнаружением, эффективным описанием или поиском определенных объектов на изображениях, их распознаванием или идентификацией [12–18].

RESEARCH ACTIVITIES OF PROFESSOR LOSEV V.V. IN THE CREATION OF DIGITAL RADIOSYSTEMS IN 1968–1990

V.K. KONOPELKO, A.I. MITSUUKHIN

Abstract

The results of the practical implementation of algorithms for digital signal processing and coding theory in radiosystems for various purposes developed under the leadership of Losev V.V. and his students are presented.

Keywords: radiosystem, interference-free coding, digital processing, detection, slow code, image, resolution.

Список литературы

1. *Лосев В.В., Бродская Е.Б., Коржик В.И.* Поиск и декодирование сложных дискретных сигналов М.: Радио и связь, 1988.
2. *Лосев В.В.* Верхняя граница сложности умножения вектора на бинарную матрицу // Радиотехника и электроника. 1980. Т. 25, № 11. С. 2465–2467.
3. *Лосев В.В., Дворников В.Д.* Определение фазы псевдослучайной последовательности по отрезку при помощи быстрых преобразований // Радиотехника и электроника. 1981. Т. 26, № 8. С. 1661–1671.
4. *Лосев В.В., Дворников В.Д.* Распознавание адресных последовательностей при помощи быстрых преобразований // Радиотехника и электроника. 1983. Т. 28, № 8. С. 15401–1547.
5. *Лосев В.В.* Декодирование мажоритарно-уплотненных сигналов при помощи диадной свертки // Радиотехника и электроника. 1980. Т. 25, № 9. С. 1999–2001.
6. *Лосев В.В.* Диадно-групповая структура последовательностей быстрого поиска // Радиотехника и электроника. 1980. Т. 25, № 2. С. 27–28.
7. *Лосев В.В.* Обнаружение последовательностей Голда при помощи быстрых преобразований // Радиотехника и электроника. 1981. Т. 26, № 8. С. 1660–1665.
8. *Лосев В.В.* Определение фазы длинных псевдослучайных M -последовательностей при помощи коротких преобразований Адамара // Радиотехника и электроника. 1983. Т. 28, № 3. С. 620–622.
9. *Лосев В.В.* Определение фазы псевдослучайной последовательности // Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника. 1980. Т. 23, № 12. С. 81–82.
10. *Лосев В.В.* Применение теоретико-числовых преобразований для синхронизации и декодирования сигналов // Радиотехника и электроника. 1980. Т. 25, №7. С. 1468–1476.
11. *Лосев В.В., Якутик К.В.* Последовательности быстрого поиска для совмещенных систем // Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника. 1983. Т. 26, №11. С. 17–21.
12. *Mitsiukhin A.* Application of hartley descriptors // Proc. Of 55th International Scientific Colloquium. Ilmenau, 13–17 September 2010. P. 836–841.
13. *Mitsiukhin A.* Segmentation of dynamical images by means of discrete Hartley transform // Proc. of 56 International Scientific Colloquium. Ilmenau, 12–16 September 2011. URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-2011iwk-011:5, id 1100.
14. *Мицюхін А.І.* Нелінійна канструкція карекціруючага кода на аснове функцыі Мёбіуса // Матер. 15-й Междунар. науч. конф. им. акад. М. Кравчука, Киев, 15–17 мая, 2014. Т. 2. С. 137.
15. *Mitsiukhin A.* Extraction of the motion indications in the sequence of images // Proc. of 58th International Scientific Colloquium. Ilmenau, 8–12 September 2014. URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-2014iwk-0,75:0, id 2066.
16. *Митюхин А.И., Якубенко П.Н.* Корреляционные спектры и кодовые расстояния мажоритарных последовательностей // Докл. БГУИР. 2015. № 4 (90). С. 5–9.
17. *Mitsiukhin A.* Efficient description of the boundary of the object under observation // Proc. of 59th Ilmenau Scientific Colloquium. Ilmenau, 11–15 September 2017 [Электронный ресурс]. URL: http://db-thueringen.de/rsc/viewer/dbt_derivate_00039296/ilm1-2017iwk-018.pdf?page=6 (дата обращения: 20.04.2018).
18. *Мицюхін А.І.* Павышэнне надзейнасці біаметрычнай сістэмы // Proc. of 18th International scientific conf. named after M. Kravchuk. Kiev, October 7–10, 2017. Vol. 2. P. 124–126.