

модель можна застосовувати для оцінки оптичного к. к. д. різних конструкцій КЛЛ.

### Література

1. Айзенберг, Ю. Б. Энергоснабжение и техническая политика в области освещения [Текст] / Ю. Б. Айзенберг // Светотехника. — 2005. — № 6. — С. 4–9.
2. Лебо, Б. Стратегия действий по повышению качества компактных люминесцентных ламп с целью вытеснения ламп накаливания [Текст] / Б. Лебо, Г. Цисис // Светотехника. — 2007. — № 4. — С. 64–69.
3. Хольцер, В. Новое поколение энергоэкономичных компактных ламп [Текст] / В. Хольцер // Светотехника. — 1998. — № 1. — С. 9–11.
4. Горнов В. О. Новости светотехники. Компактные люминесцентные лампы. Вып. 9–12 [Текст] / В. О. Горнов, М. Л. Григоренко; под ред. Ю. Б. Айзенберга. — М. : Дом Света, 1998. — 71 с.
5. Прикупец, Л. Б. Источники света на выставке «Light+building 2008» [Текст] / Леонид Борисович Прикупец // Светотехника. — 2008. — № 4. — С. 14–17.
6. Гранда, К. Компактные люминесцентные лампы в США — обзор рынка и технического уровня [Текст] / Кристофер Гранда // Светотехника. — 2009. — № 6. — С. 49–58.
7. Бодарт, М. Характеристики компактных люминесцентных ламп со встроенными пускорегулирующими аппаратами и их сравнение с лампами накаливания [Текст] / Магали Бодарт, Арно Денейер, Арно Кеппенс, Уотер О. Рикарт, Бенуа Ройзин, Петер Ханселаер, Петер Д'Хердт // Светотехника. — 2010. — № 2. — С. 13–21.
8. Кожушко, Г. М. Об эффективности компактных люминесцентных ламп [Текст] / Г. М. Кожушко // Світлолюкс. — 2003. — № 2. — С. 37–39.
9. Жарків, А. Ф. Аналіз енергоефективності енергозберігаючих компактних люмінесцентних ламп [Текст] / А. Ф. Жарків, А. В. Козлов, С. А. Качалов, Ю. Г. Дробот // Світлотехніка і електроенергетика. — 2007.— № 5. — С. 4–9.

10. Трёмбач, Р. В. Световые приборы [Текст]: учебник для вузов по спец. «Светотехника и источники света» / Р. В. Трёмбач. — 2-е изд., перед. и дополн. — М. : Высшая школа, 1990. — 463 с.; ил. — ISBN 5-06-001892-X.
11. ГОСТ 17616-82. Лампы электрические. Методы измерения электрических и световых параметров [Текст]. — Введ. 1983-01-01. — М. : Изда-во стандартов, 1982. — 41 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОВОЙ ОТДАЧИ КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ КОНСТРУКЦИИ

Работа посвящена исследованию световой отдачи компактных люминесцентных ламп в зависимости от количества каналов лампы и расстояния между ними. Для теоретического анализа использовалась модель, которая учитывает многократные отражения между параллельно расположенными каналами. Показано, что световая отдача уменьшается с увеличением каналов и уменьшением расстояния между ними. Расчетные результаты подтверждены экспериментально.

**Ключевые слова:** компактная люминесцентная лампа, световая отдача, КПД, конструкция лампы.

*Басова Юлія Олександрівна, старший викладач, кафедра товарознавства непродовольчих товарів, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна, e-mail: basovay@mail.ru.*

*Басова Юлия Александровна, старший преподаватель, кафедра товароведения непродовольственных товаров, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.*

*Basova Julia, Poltava University of Economics and Trade, Ukraine, e-mail: basovay@mail.ru*

УДК 001.8:635.8

**Сапожников Н. Е.,  
Моисеев Д. В.,  
Бейнер П. С.,  
Бейнер Н. В.**

## ВЫПОЛНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ ВЕРОЯТНОСТНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ДАННЫХ

*В статье приведены теоретические основы параллельного вероятностного преобразования данных, которое нашло практическое применение в параллельном вероятностном широкодиапазонном спектрометре повышенной точности. Рассмотрено выполнение операции умножения для вероятностной формы представления данных, а также оценена погрешность такого преобразования.*

**Ключевые слова:** вероятностная форма представления, точность, погрешность.

### 1. Введение

Важнейшими составляющими эффективности для информационно-измерительных систем, используемых в ядерной энергетике для радиационного и газового контроля, охраны окружающей среды и экологического мониторинга, являются живучесть, надежность, точность воспроизведения исходной информации, способность функционировать в реальном масштабе времени, затраты оборудования, стоимость разработки, производства и эксплуатации [1].

Существует целый ряд задач для решения которых предполагают использование специализированных процессоров, способных производить параллельные вычисления. К ним можно отнести задачу оперативного спектрометрического контроля [2].

На сегодняшний день хорошо знакомым является представление информации в виде двоичных позиционных кодов.

Гораздо менее известной является дискретная форма представления информации в виде вероятностных отображений [3, 4].

## 2. Постановка задачи

Преобразование сигнала из любой формы в вероятностную основано на замене значения измеряемого параметра сигнала соответствующей ему вероятностью. В зависимости от правила, в соответствии с которым это происходит, методы преобразования делятся на однолинейное однополярное, однолинейное двухполярное и двухлинейное двухполярное представления [5].

При последовательном преобразовании аналоговой либо цифровой информации в вероятностную форму представления возникают методические погрешности, тем большие, чем меньше интервал вероятностного преобразования. При работе информационно-измерительных систем в реальном масштабе времени это приводит к заметному сужению их частотного диапазона и, как следствие, к ограничению областей применения вероятностных измерительных процессоров.

## 3. Решение задачи

Решением может служить использование параллельного вероятностного преобразования измеряемого сигнала [6].

Пусть имеется сигнал  $X(t) = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$ . Над каждым значением  $x_i$ , параллельно выполняется  $K$  операций вероятностного преобразования так, что вероятностное отображение  $X(t)$  примет вид

$$Y(t) = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{21} & \dots & y_{i1} & \dots & y_{n1} \\ y_{12} & y_{22} & \dots & \dots & \dots & y_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{1j} & y_{2j} & \dots & y_{ij} & \dots & y_{nj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{1k} & y_{2k} & \dots & y_{ik} & \dots & y_{nk} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $y_{ij}$  — есть вероятностное отображение значения  $x_i$ , полученное в соответствии с выражением

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } x_i > R(t_{ij}); \\ 0 & \text{при } x_i \leq R(t_{ij}), \end{cases} \quad (2)$$

где  $x_i$  —  $i$ -е значение преобразуемого сигнала  $X(t)$ ;  $R(t_{ij})$  —  $j$ -е значение вспомогательного случайного сигнала  $R(t)$ , изменяющегося в интервале изменения  $X(t)$ .

Для выполнения операции параллельного вероятностного преобразования необходимо сформировать  $K$  случайных вспомогательных сигналов.

Очевидно, что оценкой  $x_i$ , в соответствии с методом моментов и следствием из теоремы Чебышева, является среднее значение суммы членов (3), то есть

$$x_i^* = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k y_{ij}. \quad (3)$$

Определим математическое ожидание оценки (3).

Оценка (3) является асимптотически эффективной и состоятельной. Определяя ее математическое ожидание, можно легко показать, что она же несмещенная:

$$M[x_i^*] = \sum_{l=1}^2 x_l^* P_l = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^k y_{ijl} P_l = F_{x_i}(R), \quad (4)$$

где  $F_{x_i}(R)$  — значение функции распределения вспомогательного случайного сигнала  $R_j(t)$  при уровне сравнения  $x_i$ ;  $P_l$  — вероятность того, что значение логической функции примет одно из двух возможных значений — 0 или 1.

Как видно из выражения (4) оценка (3) несмещенная, определим близость ее к истинному значению  $x_i$  через среднеквадратическое отклонение оценки, для чего найдем ее дисперсию

$$D(x_i^*) = \frac{1}{k^2} \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^2 [y_{ijl} - M(y_{ijl})]^2 P_l = \frac{1}{k} [F_{x_i}(R) - F_{x_i}^2(R)]. \quad (5)$$

Теперь

$$\delta(x_i^*) = \frac{1}{\sqrt{k}} \sqrt{F_{x_i}(R) - F_{x_i}^2(R)}. \quad (6)$$

С учетом центральной предельной теоремы выражение для приведенной погрешности параллельного вероятностного преобразования примет вид

$$\Delta_{ВП} = \frac{\sqrt{2}F^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{F_{x_i}(R) - F_{x_i}^2(R)}, \quad (7)$$

где  $F^{-1}(P)$  — функция обратная функции Лапласа;  $P$  — вероятность того, что истинное значение  $F_{x_i}(R)$  находится внутри интервала с границами

$$I_p = \{F_{x_i}^*(R) - \Delta_{ВП}; F_{x_i}^*(R) + \Delta_{ВП}\}. \quad (8)$$

Для выявления количественных закономерностей рассмотрим случай, когда вспомогательные случайные сигналы подчиняются равномерному закону распределения. В этом случае с использованием функции Лапласа выражение (8) переписывается в виде:

$$\Delta_{ВП} = \frac{\sqrt{2}F^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{x_i(1-x_i)}. \quad (9)$$

Анализ последнего выражения приводит к выводу о том, что количество источников вспомогательных сигналов в значительной степени зависит от заданной погрешности преобразования, а также от значения величины  $x_i$  и, при прочих равных условиях, является максимальным при  $x_i = 0,5$ .

При заданном значении  $\Delta_{ВП}$  6 % оценкой сверху для  $K$  будет:

$$[K] = \left( \frac{\sqrt{2}F^{-1}(P)}{\Delta_{ВП}} \sqrt{x_i(1-x_i)} \right)^2, \quad K = 256. \quad (10)$$

Такое количество строк в матрице (1) приводит при аппаратной реализации к большим затратам оборудования вероятностного преобразователя. В схеме оказывается необходимым иметь по 256 датчика случайных чисел и цифровых схем сравнения.

Как показано в [7], перемножение сигналов представленных своими последовательными вероятностными отображениями осуществляется с использованием логической операции конъюнкции. Та же операция

может быть использована и при умножении сигналов, представленных в виде (1). Для простоты рассмотрим случай умножения двух сигналов —  $X^{(1)}(t)$  и  $X^{(2)}(t)$ . Их параллельные вероятностные отображения примут вид аналогичный (1) с соответствующими индексами. В свою очередь, конъюнкция отображений запишется в виде

$$Y^1(t) \& Y^2(t) = \begin{bmatrix} y_{11}^1 \& y_{11}^2 & \cdot & y_{i1}^1 \& y_{i1}^2 & \cdot & y_{n1}^1 \& y_{n1}^2 \\ \cdot & \cdot \\ y_{1j}^1 \& y_{1j}^2 & \cdot & y_{ij}^1 \& y_{ij}^2 & \cdot & y_{nj}^1 \& y_{nj}^2 \\ \cdot & \cdot \\ y_{1k}^1 \& y_{1k}^2 & \cdot & y_{ik}^1 \& y_{ik}^2 & \cdot & y_{nk}^1 \& y_{nk}^2 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Обозначим левую часть последнего выражения через  $Z(t)$  и определим математическое ожидание этой случайной функции как

$$M[Z(t)] = \sum_{l=1}^2 z_{jl} P_l, \quad (12)$$

где  $z_{jl} = y_{ij}^{(1)} \& y_{ij}^{(2)}$ .

В соответствии с таблицей истинности для конъюнкции  $Q = 2$  независимых логических переменных

$$P(z_j = 1) = P \&_{q=1}^2 (y_{qij} = 1) = \prod_{q=1}^2 P(y_{qij} = 1), \quad (13)$$

где  $q = 1, 2, \dots, Q$  — количество сомножителей [8–10].

Учитывая (1), определим вероятность появления единицы на выходе  $j$ -го вероятностного преобразователя как

$$P(y_{qij} = 1) = P[R(t) < (x_{qi} = r)] = F_{x_i}(R_{qi}), \quad (14)$$

то есть численно равное значению интегрального закона распределения вспомогательного случайного сигнала  $R_{qi}(t_i)$  при уровне сравнения  $x_{qi}$ . Таким образом, выражение (10) для случая, когда вспомогательный случайный сигнал подчиняется равномерному закону распределения переписывается в виде

$$\prod_{q=1}^Q x_{qi} = M[Z(t_i)], \quad q = 1, \quad (15)$$

а учитывая, что аналогично (4) оценкой для правой части последнего выражения при  $Q = 2$  будет

$$M[Z(t_i)]^* = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k y_{ij}^1 \& y_{ij}^2, \quad (16)$$

окончательно получим

$$(x_{1i} * x_{2i})^* = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (y_{ij}^1 \& y_{ij}^2). \quad (17)$$

Согласно с выражением (10, 17) синтезируем схему широкодиапазонного спектрометра повышенной точности, представленную на рис. 1.

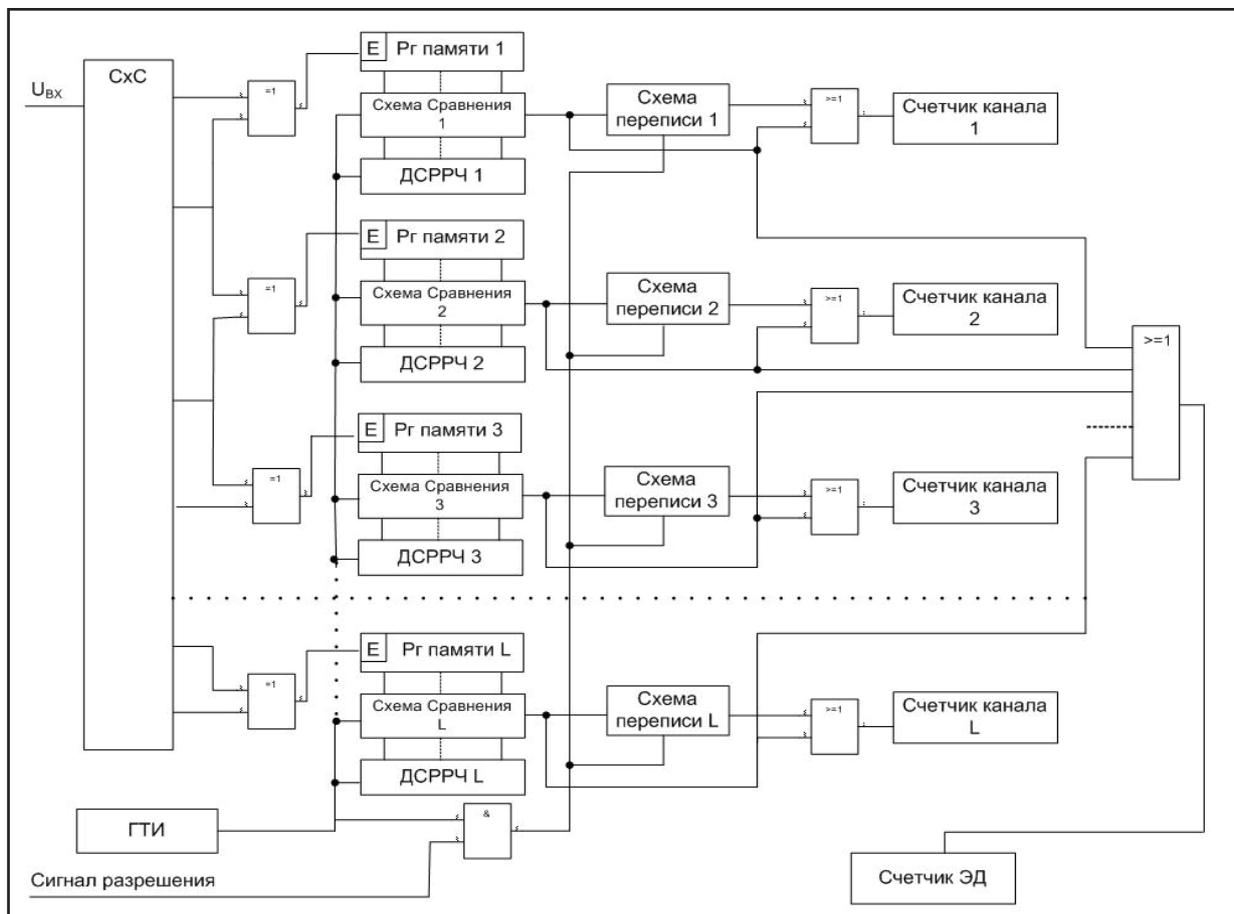


Рис. 1. Параллельный вероятностный широкодиапазонный спектрометр повышенной точности

В состав схемы входят: аналоговая схема сравнения ( $C \times C$ ), генератор тактовых импульсов (ГТИ),  $L$  схем переписи информации, выполненных в виде двоичных счетчиков,  $L$  схем сравнения,  $L$  датчиков случайных равномерно распределенных чисел,  $L$  регистров памяти с занесенными заранее поправочными коэффициентами,  $L$  логических элементов, выполняющих суммирование по модулю 2,  $L$  логических элементов «И»,  $L + 1$  двоичных накопительных счетчиков результатов измерений, логический элемент «ИЛИ» на  $L$  входов, где  $L$  — число поддиапазонов измерения. Работа схемы описана в [6].

#### 4. Выводы

В работе приведены теоретические основы теории параллельного вероятностного преобразования, позволяющие значительно повысить показатели надежности, производительности и точности информационно-измерительных систем в ядерной энергетике.

Предложенное техническое решение позволяет воспользоваться преимуществами вероятностной формы представления информации.

Технико-экономическая эффективность предлагаемого вероятностного сцинтилляционного спектрометра повышенной точности состоит в возможности измерения энергетического спектра, экспозиционной дозы и мощности экспозиционной дозы ионизирующего излучения в реальном масштабе времени с одновременным уменьшением погрешности измерений и аппаратного объема устройства, а также в возможности использования преимуществ вероятностной формы представления информации для дальнейшей обработки получаемых данных.

#### Литература

- Надежность и эффективность в технике [Текст] : Справочник в 10 т. Т. 1. — Методология. Организация. Терминология. — М. : Машиностроение, 1986. — 328 с.
- Афанасьев, А. В. Пути решения проблемы анализа изотопного состава радиоактивных инертных газов и аэрозолей в практике радиационной безопасности [Текст] / А. В. Афанасьев, Н. Е. Сапожников, Д. В. Моисеев // 36. науч. пр. СТУЭтаП. — Севастополь: СТУЭтаП, 2008. — Вып. 4(28). — С. 63–67.
- Гладкий, В. С. Вероятностные вычислительные модели [Текст] / В. С. Гладкий. — М. : Наука, 1973. — 300 с.
- Сапожников, Н. Е. О вероятностном преобразовании информации [Текст] / Н. Е. Сапожников // Приборостроение. — Вып. 34. — 1983. — С. 31–38.
- Сапожников, Н. Е. Сравнительная оценка методов вероятностного преобразования информации [Текст] / Н. Е. Сапожников // Вестник СевГТУ, Информатика, электроника, связь. — № 5. — 1997. — С. 37–41.
- Моисеев, Д. В. О методе построения вероятностного широкодиапазонного спектрометра повышенной точности [Текст] / Д. В. Моисеев, Н. Е. Сапожников // 36. науч. пр. СТУЭтаП. — Севастополь: СТУЭтаП, 2010. — Вып. 2(34). — С. 209–215.
- Сапожников, Н. Е. Сравнительная оценка методов суммирования вероятностно преобразованных сигналов [Текст] / Н. Е. Сапожников // Вестник СевГТУ, Механика, энергетика, экология. — № 6. — 1997. — С. 89–95.
- Сапожников, Н. Е. К вопросу о выполнении операции сложения над вероятностно преобразованными сигналами [Текст] / Н. Е. Сапожников // Сб. Всесоюзной школы-семинара «Передача, обработка и отображение информации». — Теберда — Харьков, 1991. — С. 25–28.
- Сапожников, Н. Е. О природе погрешностей при умножении нелинейно преобразованных величин [Текст] : сб. ст. / Н. Е. Сапожников // Повышение боевой эффективности, тактических и технических характеристик систем вооружения и техники ВМС. — Севастополь: СВМИ, 1993. — С. 130–133.
- Сапожников, Н. Е. Вероятностное множительное устройство [Текст] : сб. / Н. Е. Сапожников // Подходы в улучшении профессионального становления выпускников высшей школы. — Севастополь: ВВМИУ, 1992. — С. 47–49.

#### ВИКОНАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ПРИ ЙМОВІРНІСНОМУ ПРЕДСТАВЛЕННІ ДАНИХ

В статті наведені теоретичні основи паралельного ймовірнісного перетворення даних, яке знайшло практичне застосування в паралельному ймовірнісному широкодіапазонному спектрометрі підвищеної точності. Розглянуто виконання операції множення для ймовірнісної форми подання даних, а також оцінена похибка такого перетворення.

**Ключові слова:** ймовірна форма подання інформації, точність, похибка.

*Сапожников Николай Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе, кафедра компьютеризованных систем, Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, Украина, e-mail: beyner@list.ru.*  
*Моисеев Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, кафедра компьютеризованных систем, Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, Украина, e-mail: beyner@list.ru.*

*Бейнер Петр Сергеевич, аспирант, кафедра компьютеризованных систем, Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, Украина, e-mail: beyner@list.ru.*  
*Бейнер Надежда Валерьевна, аспирант, кафедра начертательной геометрии и компьютерной графики, Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, Украина, e-mail: beyner@list.ru.*

*Сапожников Микола Євгенович, доктор технічних наук, професор, проректор з навчальної роботи, кафедра комп'ютеризованих систем, Севастопольський національний університет ядерної енергії та промисловості, Україна.*

*Моїсєєв Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра комп'ютеризованих систем, Севастопольський національний університет ядерної енергії та промисловості, Україна.*

*Бейнер Петро Сергійович, аспірант, кафедра комп'ютеризованих систем, Севастопольський національний університет ядерної енергії та промисловості, Україна.*

*Бейнер Надія Валеріївна, аспірант, кафедра нарисної геометрії та комп'ютерної графіки, Севастопольський національний університет ядерної енергії та промисловості, Україна.*

*Sapozhnikov Nikolay, Sevastopol National University of Nuclear Energy and Industry, Ukraine, e-mail: beyner@list.ru.*

*Moiseev Dmitry, Sevastopol National University of Nuclear Energy and Industry, Ukraine, e-mail: beyner@list.ru.*

*Beyner Peter, Sevastopol National University of Nuclear Energy and Industry, Ukraine, e-mail: beyner@list.ru.*

*Beyner Nadezhda, Sevastopol National University of Nuclear Energy and Industry, Ukraine, e-mail: beyner@list.ru.*