

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТИПОРАЗМЕРОВ БРИКЕТОВ В ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Амиров Р.З., Зори А.А.

Донецкий национальный технический университет,

кафедра электронной техники

E-mail: [kaf-et@kita.donetsk.ua](mailto:kaf-et@kita.donetsk.ua)

**Abstract.** *Amirov R.Z., Zori A.A. Identification of standard sizes of briquettes in the technology of recycling of radioactive wastes. In the article the structure of the informationa -measuring system of identification of standard sizes of briquettes is developed, the error of identification of a standard size of a briquette rated.*

**Актуальность проблемы и задачи работы.** В настоящее время актуальность проблемы утилизации РАО с надежной их изоляцией от биосферы не вызывает сомнения. Ежегодно растущие объемы твердых РАО средней и слабой активности, образующиеся в результате использования радиоактивных элементов в народном хозяйстве, обуславливают необходимость разработки средств и методов утилизации РАО с реализацией безлюдной технологии [1-3]. Наиболее перспективным методом переработки РАО является суперпрессование с последующим оптимальным размещением полученного брикета в контейнере длительного хранения. Реализация безлюдной технологии обеспечивается использованием информационно-измерительной системы (ИИС) идентификации типоразмеров брикетов, функционирующей в экстремальных условиях (оптические, электромагнитные помехи, радиоактивность), и выполняющей дистанционное считывание штрихового кода с поверхности брикета [2].

В связи с изложенным, необходимо разработать структуру ИИС, оценить погрешность идентификации типоразмера брикета и сравнить эффективность структуры используемого ШК.

**Результаты разработки структуры ИИС и оценка погрешностей идентификации типоразмера брикета.** Идентификация типоразмера брикета в технологии утилизации радиоактивных отходов заключается в выполнении последовательности операций:

- прием первичным преобразователем отраженного от объекта контроля оптического сигнала;
- выполнение первичным преобразователем фотоэлектрических преобразований;
- дискретизация сигнала;
- обработка цифровым обработчиком информации полученного измерительного сигнала, и идентификация типоразмера брикета.

Сложный оператор последовательных преобразований измерительного сигнала имеет вид:

$$U'_\Phi = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7,$$

где  $U'_\Phi$  — сигнал на выходе цифрового обработчика информации;

$P_1$  — оператор излучения оптического сигнала объектом;

$P_2$  — оператор воздействия СРС на оптический сигнал;

$P_3$  — оператор оптической системы приемника излучения;

$P_4$  — оператор фотоэлектрического преобразования измерительного сигнала;

$P_5$  — оператор преобразования фототока в напряжение;

$P_6$  — оператор дискретизации;

$P_7$  — оператор цифровой обработки измерительного сигнала.

На основании полученной последовательности операций преобразования оптического сигнала в значение геометрического параметра объекта контроля разработана структурная схема ИИС идентификации типоразмеров брикетов (рис. 1). ИИС состоит из двух каналов — оптического и преобразующего (электронного). К первому относятся устройство помехоустойчивой подсветки и оптическая система. В качестве носителя информации используется оптический сигнал. К преобразующему каналу относятся остальные устройства и носителем информации в этом случае является электрический сигнал. В технологии утилизации РАО предложено брикет маркировать ШК в виде концентрических окружностей. Для идентификации типоразмеров брикетов должны быть решены информационные задачи обнаружения, различения, восстановления сигнала. В рассматриваемом технологическом процессе первая задача состоит в обнаружении информационно-измерительной системой старт-стоповых и масштабного символов в штриховом коде.

Погрешность идентификации типоразмера брикета определяется достоверностью обнаружения сигнала. Достоверность оценивается через величины вероятности ошибок двух родов [4–5]:

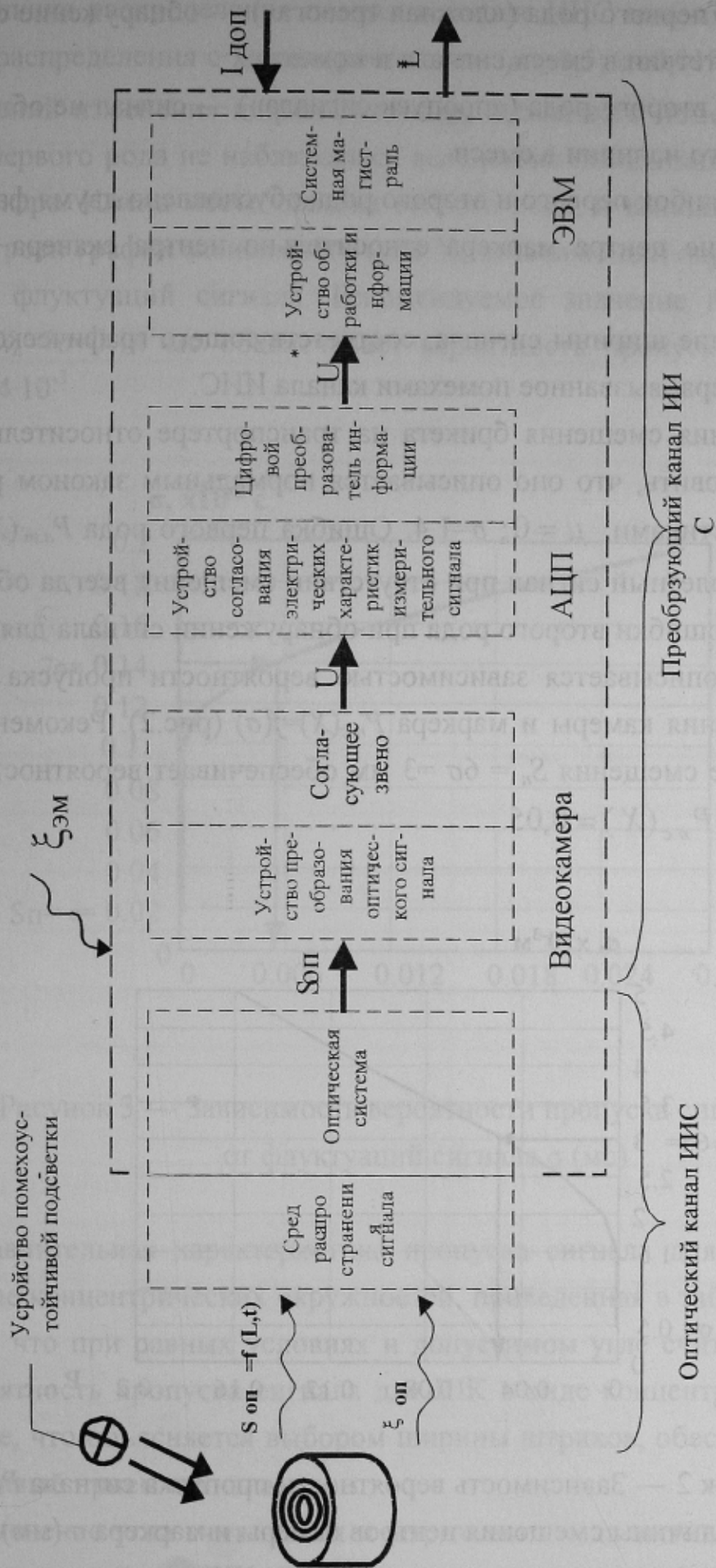


Рисунок 1 - Структурная схема ИИС идентификации типоразмеров брикетов

1. Ошибка первого рода («ложная тревога») — обнаружение сигнала при его отсутствии в смеси сигнала и помехи;
2. Ошибка второго рода («пропуск сигнала») — сигнал не обнаруживается при его наличии в смеси.

Наличие ошибок первого и второго рода обусловлено двумя факторами:

1. Смещение центра маркера относительно центра сканера на величину  $S$ ;
2. Изменение ширины сигнала, соответствующего графическому портрету маркера, вызванное помехами канала ИИС.

Исследования смещения брикета на транспортере относительно камеры позволили установить, что оно описывается нормальным законом распределения с характеристиками:  $\mu = 0$ ;  $\sigma = 1,4$ . Ошибка первого рода  $P_{л.м.}(X)$  не имела место, так как полезный сигнал при отсутствии смещения всегда обнаруживался. Вероятность ошибки второго рода при обнаружении сигнала для рассматриваемого случая описывается зависимостью вероятности пропуска сигнала от величины смещения камеры и маркера  $P_{н.с.}(X) = f(\sigma)$  (рис.2). Рекомендованное пороговое значение смещения  $S_n = 6\sigma = 3$  мм обеспечивает вероятность пропуска сигнала порядка  $P_{н.с.}(X) = 0,05$ .

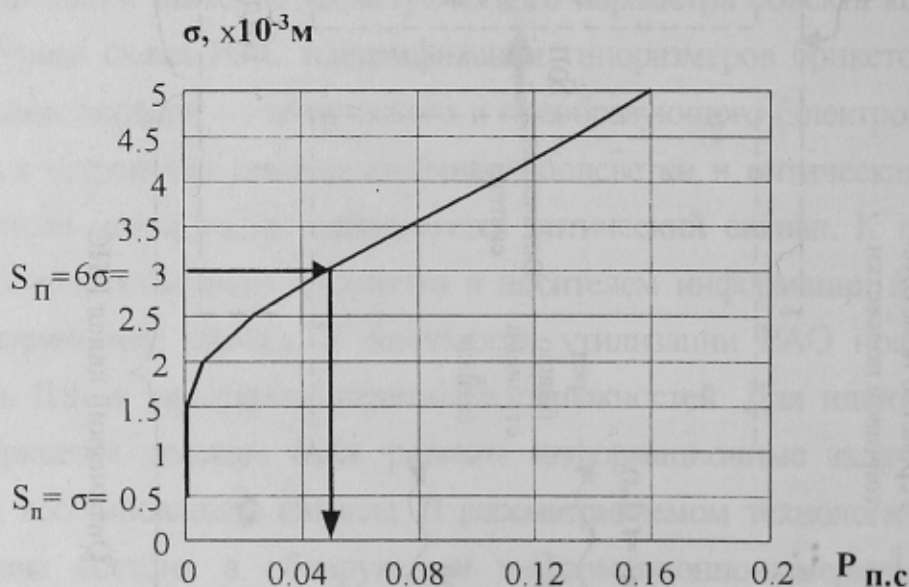


Рисунок 2 — Зависимость вероятности пропуска сигнала  $P_{н.с.}$  от величины смещения центров камеры и маркера  $\sigma$  (мм)

Функция распределения помехи в канале ИИС описывается нормальным законом распределения с характеристиками:  $\mu = 0,5$ ;  $\sigma = 0,0197$ . При проведении исследований изменения ширины сигнала, вызванного помехами канала ИИС, ошибка первого рода не наблюдалась вследствие помехозащищенности структуры маркера. Имела место ошибка второго рода, и выполнены ее исследования. Построен график зависимости (рис.3), позволяющий определить пороговое значение флуктуаций сигнала. Рекомендуемое значение порога флуктуаций сигнала  $X_n = 7\sigma = 0,14$  мс обеспечивает вероятность пропуска сигнала порядка  $P_{n.c}(X) = 4,4 \cdot 10^{-3}$ .

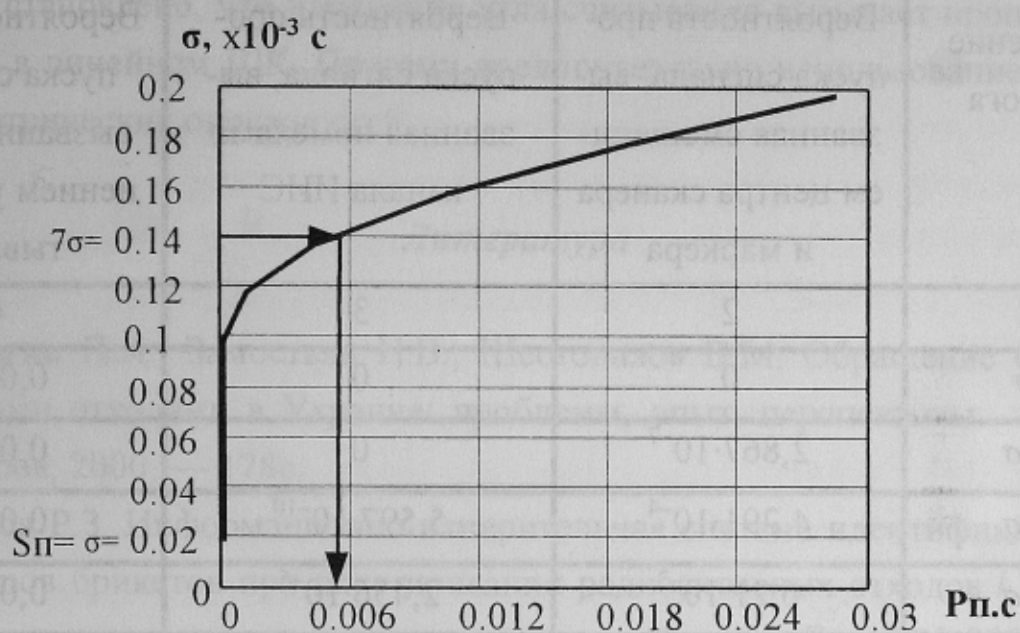


Рисунок 3 — Зависимость вероятности пропуска сигнала  $P_{п.с}$  от флуктуаций сигнала  $\sigma$  (мс)

Сравнительная характеристика пропуска сигнала для линейного ШК и ШК в виде концентрических окружностей, приведенная в табл. 1, позволила установить, что при равных условиях и допустимом угле считывания линейного ШК вероятность пропуска сигнала для ШК в виде концентрических окружностей ниже, что объясняется выбором ширины штрихов, обеспечивающей помехоустойчивый прием сигнала.

Изменение угла считывания  $\alpha$  штрихового кода вызывает пропуск сигнала только в линейном ШК. Полученные результаты свидетельствуют о неэф-

фективности применения линейного ШК в технологии утилизации РАО, так как величина пропуска сигнала, обусловленная факторами смещения центров сканера и маркера, помехами канала ИИС идентификации типоразмеров брикетов, увеличивается вследствие чувствительности такого ШК к углу его считывания. Следовательно, целесообразно применение ШК в виде концентрических окружностей.

Таблица 1 — Вероятность пропуска сигнала для различных типов ШК

Значение порога	ШК в виде концентрических окружностей		Линейный ШК
	Вероятность пропуска сигнала, вызванная смещением центра сканера и маркера	Вероятность пропуска сигнала, вызванная помехами канала ИИС	Вероятность пропуска сигнала, вызванная изменением угла считывания
1	2	3	4
$\sigma$	0	0	0,0055
$2\sigma$	$2,867 \cdot 10^{-7}$	0	0,0223
$3\sigma$	$4,291 \cdot 10^{-4}$	$5,597 \cdot 10^{-10}$	0,0515
$4\sigma$	$6,21 \cdot 10^{-3}$	$2,456 \cdot 10^{-6}$	0,0948
$5\sigma$	0,023	$1,285 \cdot 10^{-4}$	0,1547
$6\sigma$	0,048	$1,149 \cdot 10^{-3}$	0,2361
$7\sigma$	0,077	$4,375 \cdot 10^{-3}$	0,3456
$8\sigma$	0,106	0,01	0,4945
$9\sigma$	0,133	0,019	0,7013
$10\sigma$	0,159	0,028	1

Выбраны значения порога смещения  $S_n = 3 \cdot 10^{-3}$  м и порога флуктуаций сигнала  $X_n = 0,14 \cdot 10^{-3}$  с, обеспечивающие вероятность пропуска сигнала порядка  $P_{n.c.} = 0,05$  и  $P_{n.c.} = 4,4 \cdot 10^{-3}$  соответственно [2].

## Выводы.

1. Получено операторное описание преобразований оптического сигнала в измерительном канале, на основании которого разработана структура информационно-измерительной системы идентификации типоразмеров брикетов, состоящая из оптического и преобразующего каналов.

2. Оценена погрешность идентификации типоразмера брикета, обусловленная смещением центров камеры и маркера, а также флуктуациями сигнала. Выбранный порог смещения  $S_n = 3 \cdot 10^{-3}$  м и порога флуктуаций сигнала  $X_n = 0,14 \cdot 10^{-3}$  с, обеспечивающие вероятность пропуска сигнала порядка  $P_{n.c.} = 0,05$  и  $P_{n.c.} = 4,4 \cdot 10^{-3}$  соответственно.

3. Установлено, что изменение угла считывания вызывает пропуск сигнала только в линейном ШК. Поэтому предпочтительно использование ШК в виде концентрических окружностей.

## Литература

1. Корчагин П.А., Замостьян П.В., Шестопалов В.М. Обращение с радиоактивными отходами в Украине: проблемы, опыт, перспективы. — К: Иван Федоров, 2000. — 178с.
2. Амиров Р.З. Информационно-измерительная система идентификации типоразмеров брикетов при пакетировании радиоактивных отходов / Автореферат диссертации на соиск. уч. степ. к.т.н. — Донецк: ДонНТУ, 2001. — 19с.
3. Земля тривоги нашої / Під ред. С. Куркуленка. — Донецьк: Новий мир, 2002. — 108с.
4. Основы теории информации и кодирования / И.В. Кузьмин, В.А. Кедрус. — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: Вища шк.: 1986. — 238с.
5. Теория обнаружения сигналов / Под ред. П.А. Бакута. — М.: Радио и связь, 1984. — 438 с.

Сдано в редакцию: 17.03.2003г.

Рекомендовано к печати: д.т.н., проф. Чичикало Н.И..