

## **Визуальная идентификация источников сигналов радиолокационных станций на основе их комплексных частотно-временных характеристик**

Рябкин Ю.В.

Государственная акционерная холдинговая компания «Топаз»

Зори С.А., Ковальский С.В.

Донецкий национальный технический университет, кафедра ПМИИ  
[zori@pmi.dgtu.donetsk.ua](mailto:zori@pmi.dgtu.donetsk.ua)

### **Abstract**

*Ryabkin Y.V., Zori S.A., Kovalsky S.V. Visual identification of radar stations signals sources on the basis of their complex time-and-frequency characteristics. In article is considered the general work concept of the visual identification system of radar stations signals sources, its common structure, the structure of a database, the visualization mechanism of time-and-frequency characteristics of signals, the structure of the program interface and the prototype of system.*

### **Введение**

Основной задачей специальных технических комплексов и систем мониторинга радиоэлектронной обстановки является эффективное обнаружение и сопровождение объектов радиоизлучений, а также идентификация (распознавание) в реальном времени типов излучающих объектов по определяющим комплексным информативным параметрам их радиоизлучений.

Основным этапом решения задачи идентификации объектов источников радиоизлучений (РИ) по параметрам формируемых ими излучений связан с комплексным анализом оператором полученных результатов измерения информативных параметров и принятия им решения о принадлежности наблюдаемого объекта к заданному типу. В существующих системах решение этой задачи целиком возложено на оператора, который осуществляет мониторинг количественных показателей характеристик источников РИ и, на их основе, идентификацию типа источника [1]. С учетом ограниченного количества признаков, которые воспринимает оператор в системах обработки информации, а также существенной зависимости качества идентификации

от психофизического состояния оператора и динамики поступления информации от обнаруживаемых источников РИ, в современных радиолокационных комплексах (РЛК) обнаружения и идентификации источников РИ необходимо применение специализированных автоматизированных информационных систем. При этом, в таких системах наиболее эффективным является визуальное представление информации в виртуализированной окружающей среде для образной визуализации и обработки информации [2, 3]. Предлагаемая к исследованию структура РЛК с информационной системой поддержки идентификации представлена на рис. 1.

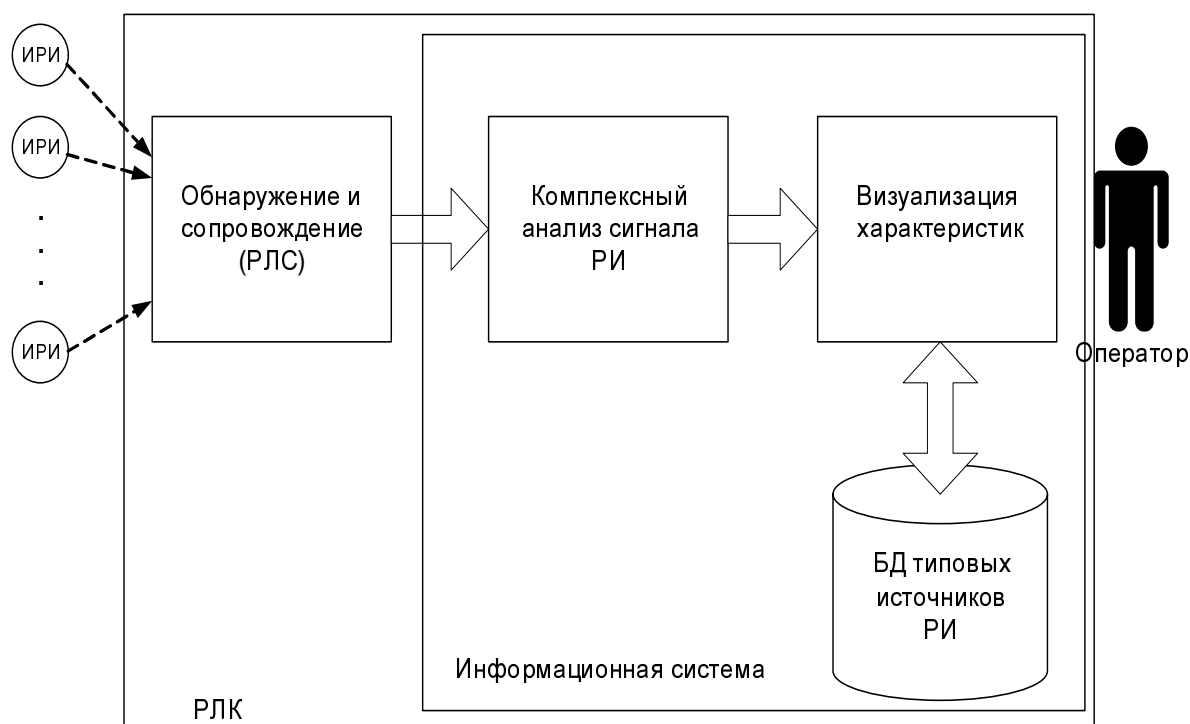


Рисунок 1 – Структура РЛК с ИС идентификации

При этом информационная система обнаружения и идентификации должна осуществлять:

1. Последовательную процедуру получения и анализа характеристик источника РИ (блок комплексного анализа).
2. Накопление в базе данных информативных комплексных оценок и характеристик сигнала источника РИ (база данных типовых источников радиоизлучений).
3. Количественно - частотно-временную визуализацию информативных характеристик и параметров сигнала источника РИ (блок визуализации характеристик).
4. Экспертную идентификацию на этой основе источника радиоизлучений (оператор).

## **1. Разработка и исследование прототипа программной подсистемы визуализации частотно-временных характеристик сигналов источников сигналов РИ**

Выполненный [1, 4] анализ информативных параметров радиоизлучения различных источников позволяет сделать вывод, что для повышения эффективности и достоверности идентификации типов отслеживаемых источников радиоизлучений, оператору системы обнаружения и идентификации должны быть представлены такие характеристики и параметры источников, как частотно-временное распределение сигнала на основе его спектрального анализа, частота следования импульсов, длительность импульсов, средняя, минимальная, максимальная и мгновенная частота заполнения импульса, девиация частоты, а также данные о наиболее близких по своим характеристикам радиоизлучения объектах.

Разработана структура программной подсистемы визуализации в составе ИС идентификации, исходные данные для которой представляются в виде потока данных, состоящего из срезов комплексных частотно-временных характеристик сигнала. Обобщенная структура программной подсистемы приведена на рис. 2.

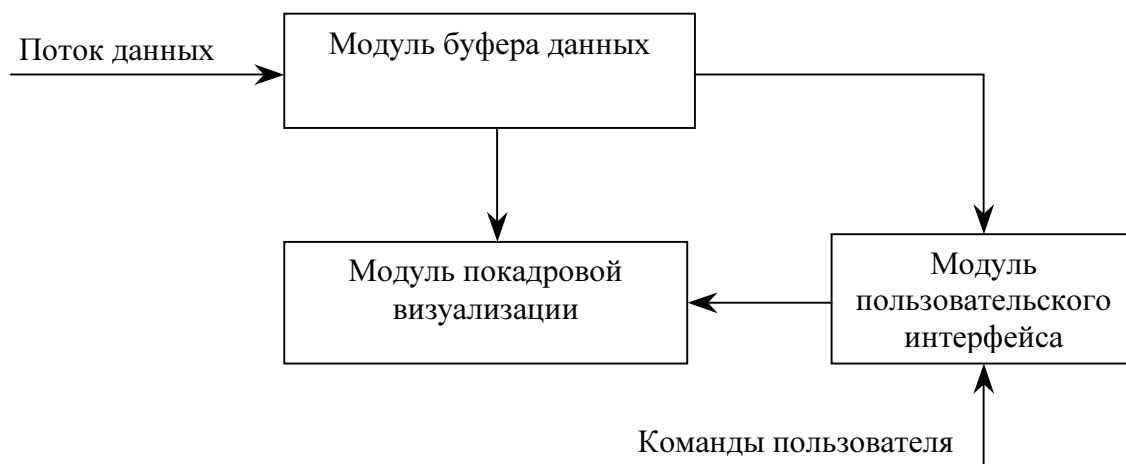


Рисунок 2 - Укрупненная структура программной подсистемы визуализации

Для исследования методов визуализации был использован набор тестовых сигналов РЛС, созданный на основе анализа сигналов типовых РЛС, построены их математические модели и проведено их моделирование. Пример моделирования частотно-временных характеристик тестового сигнала ASR стационарной двухкоординатной обзорной РЛС (таблица 1) приведен на рис. 3 и 4.

Таблица 1. Тестовый Сигнал ASR

Обозначение: ASR	Класс радиолокационной станции: Стационарная двухкоординатная обзорная РЛС	
Диапазон рабочих частот, МГц .....	2700-2900	
Излучаемая мощность:		
импульсная, МВт .....	1	
средняя, кВт .....		
Вид излучаемого сигнала .....	имп. с ЧМ	
Длительность излучаемых импульсов, мкс .....	1.5; 56	
Частота повторения импульсов, Гц .....	900; 1160	
Девияция частоты, кГц .....	1000	

$$S(t) = \begin{cases} \cos 2\pi f_0 t, & 0 \leq t < 56 * 10^{-6} \\ \cos 2\pi (f_0 + 7,4 * 10^7) t, & 56 * 10^{-6} \leq t \leq 57,5 * 10^{-6} \end{cases}$$

Рисунок 3 - Модель зондирующих посылок

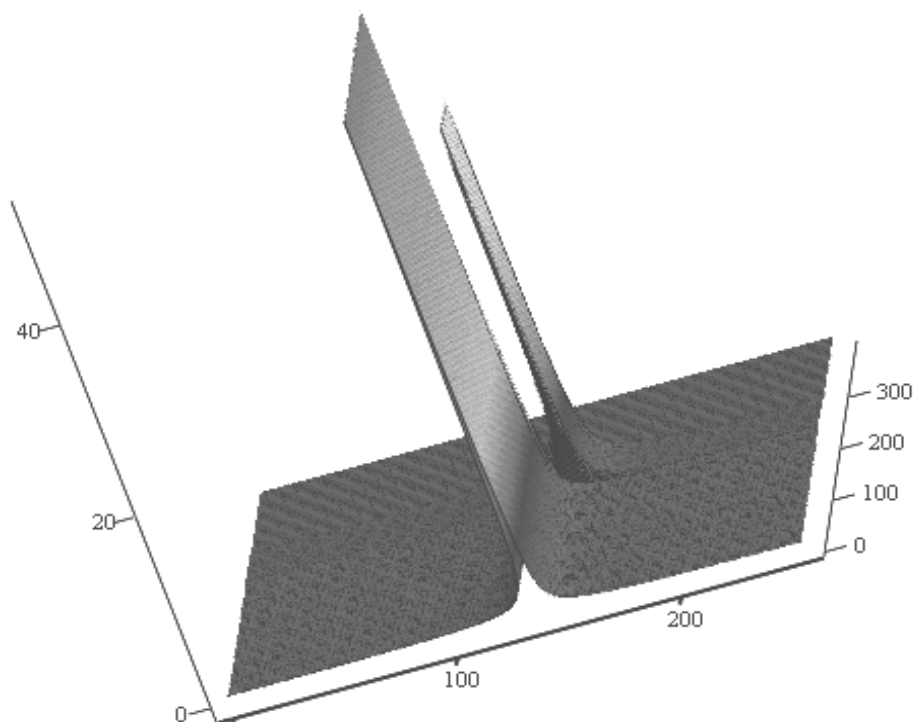


Рисунок 4 - Частотно-временная характеристика сигнала ASR

Прототип программной системы осуществляет визуализацию в двух режимах - режиме визуализации в виде поля цветности (в области визуализации выводится цветовая матрица, столбцы которой соответствуют различным частотам, строки – различным моментам времени, а ячейки – агрегированным значениям элементов матрицы “окна”), и режиме геометрической визуализации (частотно- временные распределения представляются в виде трехмерной поверхности или набора кривых, которые выводятся в косоугольной проекции на экран). Имеется возможность получения точных количественных характеристик визуализируемого сигнала с помощью курсора (рис 5.).

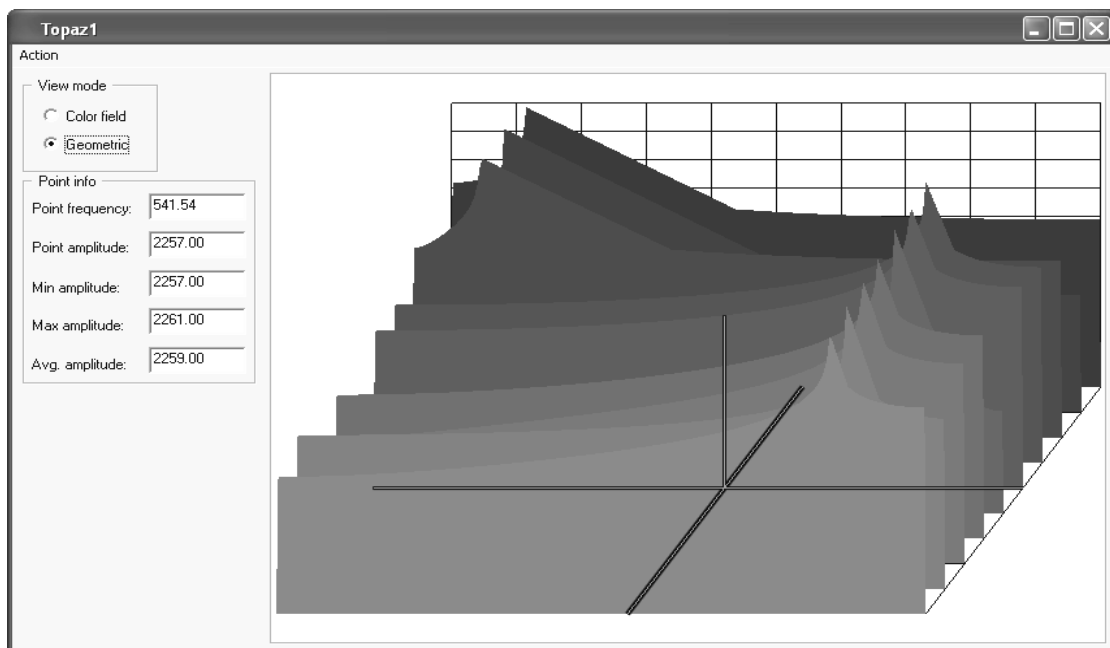


Рисунок 5 - Режим геометрической визуализации

Проведено испытание работы программной системы для различных типов тестовых имитационных сигналов, подтвердившее работоспособность системы и правильность предложенных идей. По результатам проведенных экспериментов прототипа системы визуализации можно сделать следующие выводы:

- способы визуализации в виде поля цветности и геометрической визуализации способны обеспечить отображение реальных объемов информации на экране в течение времени, достаточного для восприятия оператором;
- при визуализации в виде поля цветности возможно различить относительно большее по сравнению с геометрической визуализацией количество отсчетов по времени;
- при геометрическом способе визуализации относительно лучше по сравнению с визуализацией в виде поля цветности удастся оценить форму каждого отдельного отсчета по времени;

- средства указания отдельного элемента изображения позволяют получать точные числовые значения характеристик соответствующих частей потока данных.

## **2. Разработка и исследование прототипа программной системы визуальной идентификации источников сигналов РИ**

Разработан и проходит исследования прототип системы визуальной идентификации источников сигналов РИ (рис. 6) на основе сравнительного анализа оператором результатов графической визуализации текущего (обнаруженного) сигнала и его основных численных характеристик (подсистема визуализации характеристик) и характерных численных значений параметров и характеристик, а также визуального представления в частотно-временной области сигналов типовых источников РИ (база данных типовых источников РИ).

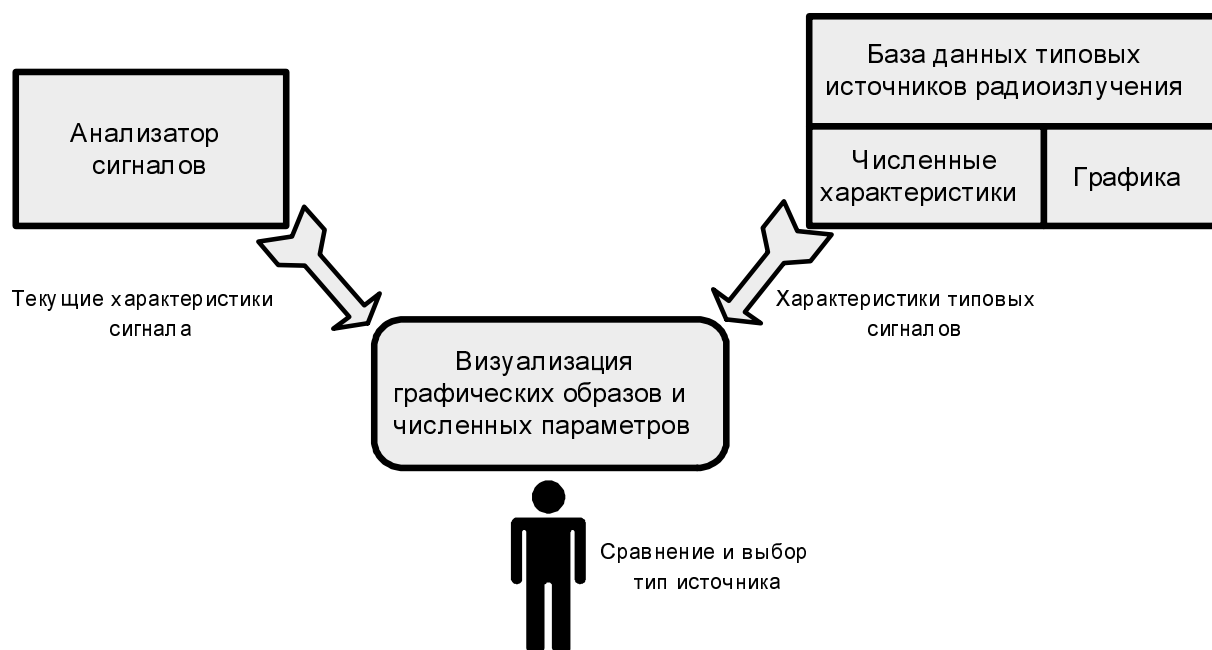


Рисунок 6 – Идентификация источника РИ в совету ющем режиме

Построена экспериментальная база данных типовых источников РИ и разработан программный интерфейс для создания и изменения базы данных типовых источников сигналов (рис. 7), где предусмотрено: расширение количества полей базы данных дополнительными численными характеристиками, добавление новых записей – типовых сигналов, удаление ненужных (устаревших) типовых сигналов и редактирование значений полей, как численных, так и графических.

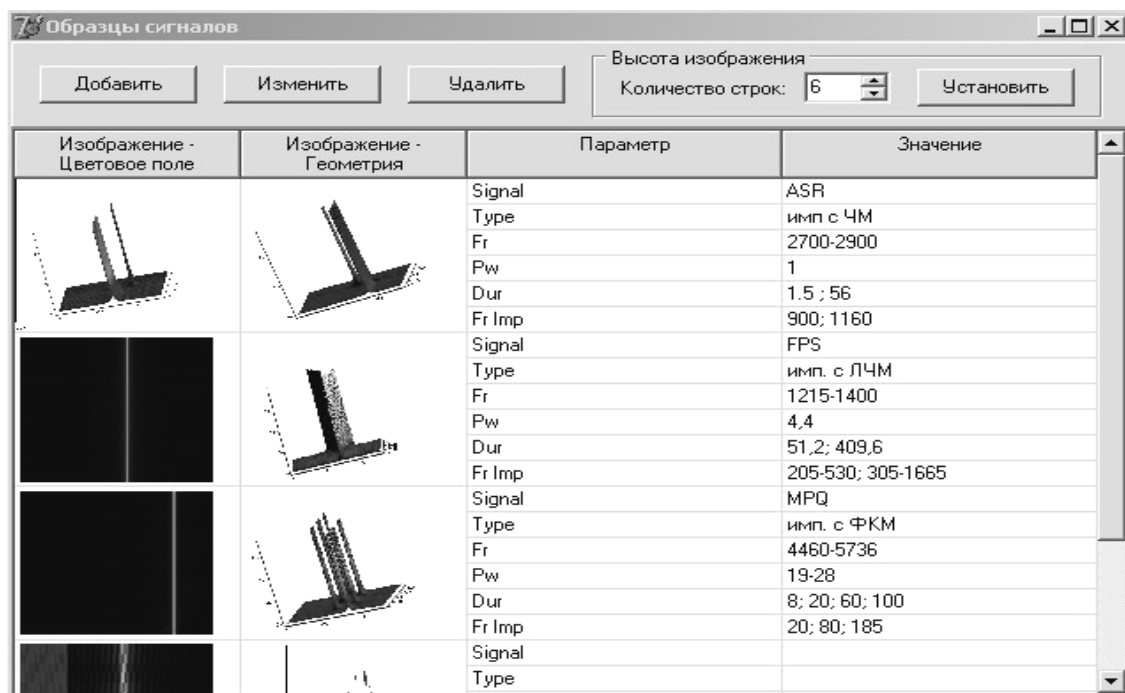


Рисунок 7 – Экранная форма создания БД типовых источников РИ

Отображение характеристик типовых источников радиосигналов выполняется при визуализации характеристик текущего (отслеживаемого) сигнала на специальной панели прототипа системы, показанной на рис. 8.

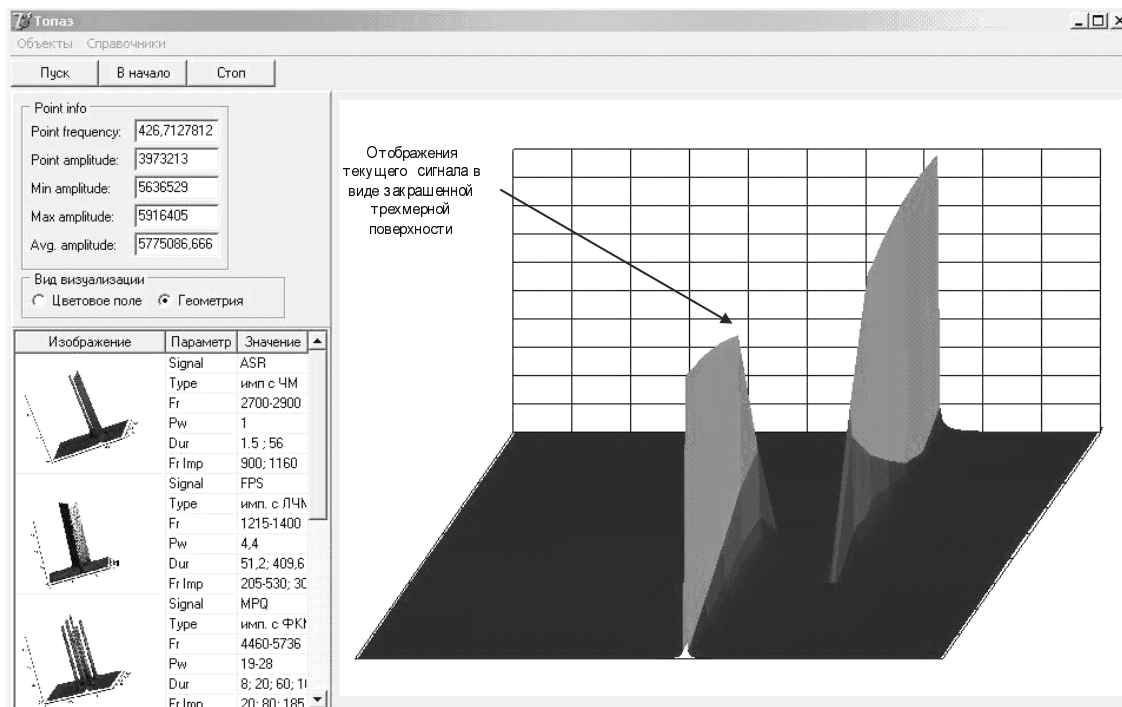


Рисунок 8 – Система идентификации при отображении текущего сигнала

Проведено экспериментальное тестирование системы, которое показало, что при выборе характерных для каждого сигнала визуальных признаков (скачки частоты, скорость девиации и т.п.) и использовании

предложенной организации системы идентификации и визуализации значительно облегчается идентификация оператором типа сигнала.

### **Выводы**

Проведенные исследования показали, что для повышения эффективности и достоверности идентификации типов отслеживаемых источников РИ необходимо применение информационных систем идентификации и визуализации, осуществляющих количественно-частотно-временную визуализацию информативных комплексных характеристик и параметров сигнала источника РИ, и экспертную идентификацию на этой основе источника радиоизлучений. Разработана общая концепция работы и структура системы визуальной идентификации, структура базы данных, алгоритмы расчета и визуализации частотно-временных распределений сигналов, структура и состав программного интерфейса. Проведено испытание работы прототипа программной системы для различных типов тестовых сигналов, подтвердившее работоспособность системы и правильность предложенных подходов.

В дальнейшем предполагается вести исследования в направлении повышения достоверности идентификации за счет автоматизации выбора из базы данных типовых сигналов максимально «похожих» известных сигналов (и экспертным выбором оператора требуемого), а также исследования новых форм визуального представления характеристик сигналов в системе для увеличения информативности визуализации.

### **Литература**

1. Рябкин Ю.В. Установление информативных параметров типовых источников радиоизлучений для их идентификации. // Моделирование и компьютерная графика: Материалы 1-й международной научно-технической конференции, г Донецк, 04-07 октября 2005 г. - Донецк, ДонНТУ, Министерство образования и науки Украины, 2005. - с. 243-247.
2. Баяковский Ю.М., Томилин А.Н. Моделирование сложных систем и виртуальная реальность. // Вопросы кибернетики. РАН, 1995.
3. Зенков А.И. Реализация модульного подхода при построении унифицированной системы научной визуализации.- Сборник трудов научной международной конференции по компьютерной графике и анимации “Графикон-2002”, г. Нижний Новгород, 2002.
4. Рябкин Ю.В. Программная система визуализации частотно-временных характеристик сигналов радиолокационных станций /Донбас-2020: наука і техніка – виробництву: Матеріали III науково-практичної конференції. м. Донецьк, 30-31 травня 2006 р. - Донецьк, ДонНТУ Міністерства освіти і науки, 2006.- с. 505-512.