

SML демонстрирует лучшую стабильность по сравнению с методом MUSIC и лучшую точность. Конфигурация круговой антенной решетки с методом SML является наилучшей. Применение квадратной антенной решетки опасно, поскольку SML может попадать в локальный минимум и давать координаты, сильно отличающиеся (более  $10^\circ$ ) от истинных.

Список использованных источников

1. Tuncer T., Friedlander B. Classical and Modern Direction-of-Arrival Estimation. - Academic Press. 2009- 456 p.

2. Ермолаев В.Т. Современные методы пространственной обработки сигналов в информационных системах с антенными решетками / В.Т. Ермолаев, А.Г. Флакман. - Нижний Новгород, 2007 - 99 с.

Нечаев Юрий Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики, радиотехники и электроники. E-mail: radio@elsu.ru.

Пешков Илья Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики, радиотехники и электроники. E-mail: ilypeshkov@gmail.com.

Фортунова Наталия Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физики, радиотехники и электроники. E-mail: fortuna@elsu.ru.

УДК 621.396

## **РАСЧЁТ МНОЖЕСТВЕННЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОСИГНАЛОВ МЕЖДУ ГОРОДАМИ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЭПШТЕЙНА – ПЕТЕРСОНА И МСЭ**

И.В. Пешков

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец

Рассмотрим несколько препятствий, основываясь на географических данных реальной трассы распространения УКВ радиосигнала. Возьмем за основу расположение источника QPSK-сигнала центр города Елец ( $52^\circ 37'$  с. ш.  $38^\circ 28'$  в. д.). Приёмную цифровую антенную решётку расположим в центре города Липецк ( $52^\circ 37'$  с. ш.  $39^\circ 36'$  в. д.). Для того что бы оценить дифракционные потери на данной трассе необходимо знать рельеф по прямой линии между данными населенными пунктами. Схематическая диаграмма препятствий с 13-ю кромками, использованная для числового примера в исследовании, показана на рис. 1.

Далее в табл. 1 приведены сводные данные по вычисленным значениям дифракционных потерь после каждой преграды из рис. 1, а также общее значение затухания без учета ослабления в зависимости от расстояния между передатчиком и приёмником. Кроме того, приведены параметры дифракции Френеля-Кирхгофа  $H_c$  с величинами просвета  $h_c$ , вычисленные для тринадцати клиновидных препятствий для каждой преграды.

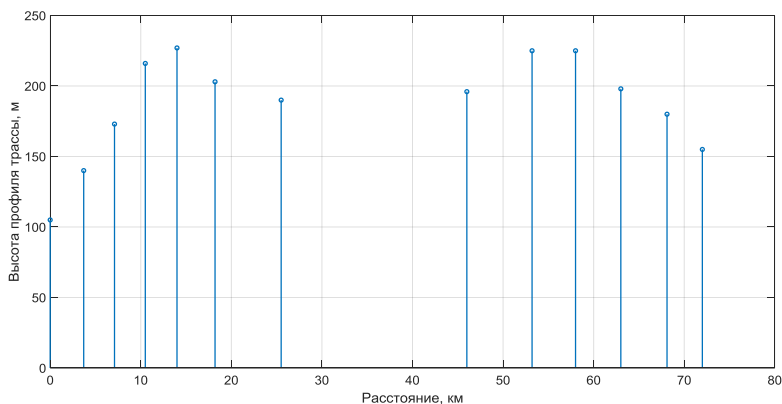


Рисунок 1 - Принципиальная схема препятствий

Как показано в табл. 1, общие дифракционные потери на изолированных преградах составляют 82,4 дБ.

Таблица 1 – Вычисленные величины профиля трассы и дифракции

Расстояние между препятствиями, км	Эффективная высота острия препятствия, $h$ , м	Величина просвета прямой видимости, $h_c$ (м)	Параметр дифракции, $H_c$	Дифракционные потери, $F_d$ (дБ)
0	105	0		
3,7	140	0.3	0.01	6,5
3,4	173	-4.3	-0.15	5,2
3,4	216	17.1	0.6	11,2
3,5	227	17.9	0.6	11,3
4,2	203	-8.7	-0.2	4,3
7,3	190	-2.3	-0.04	6,05
20,5	196	-11.2	-0.22	4,5
7,2	225	13.6	0.36	9,4
4,8	225	14.6	0.42	9,9
5	198	-3.2	1	5,6
5,1	180	7.5	0.23	8,33
3,9	155	0		
73	$\lambda = 1$ м		Полные потери, $F_d$ (дБ)	82,4

#### Список использованных источников

1. Рекомендация МСЭ-R P.526 Распространение радиоволн за счет дифракции // <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.526/en>.

2. Кубанов В. П. Влияние окружающей среды на распространение радиоволн. — Самара: ПГУТИ, 2013. –92с., ил.

Пешков Илья Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики, радиотехники и электроники. E-mail: ilvpeshkov@gmail.com

УДК 519.6

## ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ РЕЖЕКТИРОВАНИЕ МАСКИРУЮЩИХ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ MULTI-SCROLL SPROTT А СИСТЕМЫ

Р.Р. Раупов, В. В. Афанасьев

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань

**Ключевые слова:** динамический хаос, селективное подавление.

Маскирующие псевдослучайные сигналы широко используются при организации систем конфиденциальной связи на основе эффектов динамического хаоса для сокрытия полезной информации и обеспечения защищенной передачи данных. В качестве нелинейных систем, формирующих псевдослучайные сигналы, эффективно применять multi-scroll системы с хаотической динамикой [1].

Цель работы – исследование особенностей селективного подавления функционально-режекторными фильтрами маскирующих псевдослучайных сигналов multi-scroll дискретно-нелинейной Sprott A системы с динамическим хаосом.

Фильтры селективного подавления (ФРФ) маскирующих псевдослучайных сигналов часто используются в системах передачи информации для выделения полезных сигналов известной формы и строятся по принципу двухканальности теории инвариантности на базе интегро-дифференцирующих устройств [2].

Селективное подавление компонент  $U_{inx}(t)$ ,  $U_{iny}(t)$ ,  $U_{inz}(t)$  сигналов multi-scroll Sprott A системы режекторным фильтром на основе интегрирования выполняется согласно:

$$\begin{cases} U_{outx\_i}(t) = \int_0^t U_{iny}(t) dt - U_{inx}(t) \\ U_{outy\_i}(t) = \int_0^t (-U_{inx}(t) + U_{iny}(t) \cdot U_{inz}(t) - a \cdot f(U_{inx}(t))) dt - U_{iny}(t) , \\ U_{outz\_i}(t) = \int_0^t (1 - U_{iny}^2(t)) dt - U_{inz}(t), \end{cases}$$