

## *Автоматизация производства*

УДК 630.52:587/588

Асп. И.В. Бородулин,  
Н.С. Кузьминов, М.А. Черницын  
Рук. С.П. Санников, В.В. Побединский  
УГЛТУ, Екатеринбург

### **ВЛИЯНИЕ ЛЕСНОЙ СРЕДЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОЧАСТОТНОГО СИГНАЛА RFID-МЕТКИ**

Об использовании радиочастотных устройств для мониторинга экологического состояния лесов посвящена работа [1].

Неоднородные электрические свойства лесной среды, а именно, диэлектрическая проницаемость, проводимость из-за неоднородных физических свойств, таких как влажность, температура, объемная плотность фитомассы и пр., влияют на распространении электромагнитных волн радиочастотного диапазона [2]. Подобное можно объяснить рельефом местности, природными и погодными условиями во время измерения снижения мощности радиочастотного сигнала. Исследования проводились на частотах 0,9 и 2,4 ГГц в лесопарке им. «Лесоводов России» (г. Екатеринбург).

Основным объектом, влияющими на рассеивание сигнала от RFID-метки являются стволы деревьев (в березняке, сосняках и пр.), кустарники и кроны низкорослых деревьев, например, крона ели. Поверхность стволов деревьев с неоднородным строением обладает физическими, химическими свойствами отражать энергию ультравысоких и сверхвысоких частот (УВЧ и СВЧ). Стволы деревьев для определенных длин волн являются пассивными ретрансляторами, поляризаторами, рассеивателями и поглотителями электромагнитной энергии УВЧ и СВЧ волн [3].

Для проведения физических исследований разработана модель измерительной системы (рисунок). Модель состоит из основных элементов лесной среды: RFID-устройств; кроны и стволов деревьев; почвы.

Электромагнитные волны от источника, которым является RFID-устройство 1, распространяются к приемнику 2 не только прямолинейно на прямой видимости, но и отражаясь от поверхности стволов деревьев, почвы 4 и кроны деревьев 3. Приемник принимает совокупную энергию, многократно отраженную, т.е. энергию с фазовыми сдвигами. Поэтому приемнику необходимо отфильтровать побочные сигналы, т.е. выделить нужный. Для этого сигнал раскладывают в ряд Фурье. Такая технология получила название – фильтр Фурье.

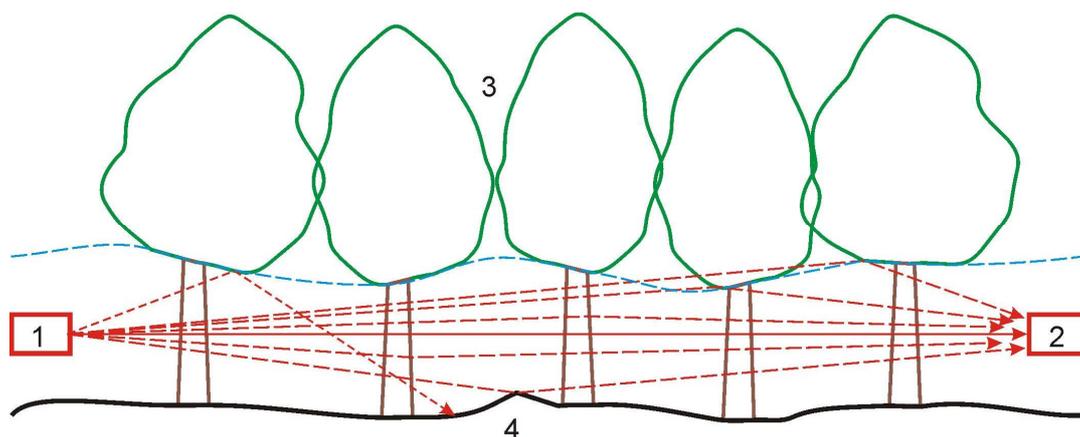


Схема распространения электромагнитных волн RFID-устройств (1, 2), элементов древостоя: кроны деревьев (3); почвы (4)

К тому же сигнал ослабляется средой, как это отмечалось в работе [2]. На ослабление сигнала влияет диэлектрическая проницаемость элементов лесной среды, попадающих в зону распространения. Это вызывает рассеивающий эффект в каждой отдельной точке поля на пути от RFID-устройства 1 к RFID-устройству 2.

Рассеяние сигнала происходит от стволов деревьев, от элементов кроны деревьев (сучки, листья, хвоя), от почвы с ее растительным слоем. Все перечисленные элементы канала передачи данных от датчика к сканеру можно представить как анизотропные дискретные поверхности со случайными, неравномерно распределенными диэлектрическими свойствами. Комплексная диэлектрическая проницаемость (КДП) этих поверхностей зависит от многих свойств дерева. КДП влияет на скорость похождения УВЧ и СВЧ-волн в лесной среде. Поэтому в зависимости от вида прорастания деревьев на определенном участке леса и времени года показатели диэлектрической проницаемости имеют вид

$$\varepsilon^{\alpha} = \sum_i V_i \varepsilon_i^{\alpha},$$

где  $V_i$  – объемная доля  $i$ -го компонента лесной среды;

$\varepsilon_i^{\alpha}$  – комплексная диэлектрическая проницаемость среды;

$\alpha$  – константа.

Уровень сигнала можно рассчитать по формуле взаимодействия радиочастотного сигнала УВЧ- и СВЧ-волн с лесным пологом

$$U(x) = U_0 \left( \varepsilon + \frac{1}{2\pi} \int \exp \left\{ ikx \left[ 1 - \frac{v(1-T)}{ik} \right] \right\} \right),$$

где  $U_0$  – начальный уровень сигнала, измеренный на расстоянии 1 м от источника сигнала;

$T$  – параметр, связанный с физическими свойствами дерева (диаметром, породой, возрастом и пр.) влияющими на рассеивание электромагнитной энергии УВЧ- и СВЧ-волн, определяемый экспериментальным путем;

$\epsilon$  – комплексная диэлектрическая проницаемость;

$\nu$  – усредненная плотность деревьев;

$x$  – расстояние.

Параметр  $T$  связан с геометрическими величинами ствола дерева, влажностью, влияющими на КДП, и связан с длиной волны сигнала через отношение  $\lambda = 2\pi/k$  [2].

Многие исследователи используют отдельно стоящие деревья как объект с однородными свойствами. Поэтому в своей модели использовали понятие – усредненная плотность деревьев ( $\nu$ ). В некоторых случаях этого показателя вполне достаточно, например, для разработки плана расстановки RFID-устройств в лесу. Другим показателем, который используется при проектировании плана размещения RFID-устройств, является расстояние  $x$  между ними. Эту величину и приходится рассчитывать при проектировании.

Поскольку деревья в лесу расположены хаотично, то комплексная диэлектрическая проницаемость каждого дерева – величина индивидуальная и зависит от множества возрастных и погодных факторов. Поэтому можно в моделях оперировать как дискретными величинами с использованием случайных значений (random quantity) в определенном диапазоне.

Из выше изложенного следует, что необходимы исследования комплексной диэлектрической проницаемости лесной среды. Для этого в дальнейшем воспользуемся системой нечеткого моделирования, влияния лесной среды на распространение радиочастотного сигнала.

## Библиографический список

1. Герц Э.Ф., Санников С.П., Соловьев В.М. Использование радиочастотных устройств для мониторинга экологической ситуации в лесах // Всероссийский научный аграрный журнал «Аграрный вестник Урала». Екатеринбург, 2012. № 1 (93). С. 37–39.

2. Санников С.П., Серебренников М.Ю., Серков П.А. Влияние анизотропных характеристик леса на распространение радиочастотного сигнала RFID метки // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; URL: [www.science-education.ru/108-8623](http://www.science-education.ru/108-8623) (дата обращения: 19.03.2013).

3. Дагуров П.Н. Моделирование дифракционного распространения волн и структур поля радиоволн УВЧ и СВЧ на нерегулярных трассах: дис. д-ра техн. наук. Иркутск: ИГУ, 2010. 256 с.