

# ОЦІНКА ПОТУЖНОСТІ СИГНАЛУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЖИВИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ПЕРЕШКОДАМИ

Т. Г. Старушенко<sup>1</sup>, О. Д. Василенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## Анотація

У роботі розглянуто питання щодо потужності сигналу, що проходить крізь стіни будівель та відбивається від людини. Отримані формули для визначення згасання сигналу в залежності від типу стіни та її властивостей. Надано оцінку потужності випромінювання в залежності від дальності та характеристик перешкод.

**Ключові слова:** радіолокація, згасання сигналу, діелектрична проникність, коефіцієнт відбиття, коефіцієнт проходження, розділ середовищ

## Вступ

Останнім часом спостерігається великий інтерес до проблеми радіолокації об'єктів за різними перешкодами. Перш за все такий інтерес викликаний питаннями безпеки при проведенні спеціальних операцій, заходів з порятунку заручників в умовах локалізації в будівлях та проведення рятувальних робіт з виявлення людей під завалами.

Радіолокація за перешкодами ускладнена з багатьох причин:

- внесення спотворення в сигнал за рахунок відбиття від площини перешкоди;
- заломлення;
- поглинання.

Таким чином для виявлення живих об'єктів необхідно оцінити вплив перешкод на змінення параметрів електромагнітної хвилі, яку доцільно оцінювати через затухання хвилі, що пройшла крізь стіну та відбилася від людини [1].

## 1. Оцінка потужності

Розглянемо випадок, коли радіосигнал поширюється з точки 1, з потужністю  $P_1$ , та під кутом  $\varphi_1$  до перешкоди. На рис. 1 показано проходження сигналу через перешкоду, та відбиття його від людини.

$$P'_5 = \frac{P_1 R^2 T_1^2 T_2^2 T_3^2 T_4^2 G^2 \sigma}{a_1'' a_2'' L_1^2 L_2^2}; T_1 = \frac{2z_2 \cos \varphi_1}{z_2 \cos \varphi_1 + z_1 \cos \theta_1};$$

$$T_2 = \frac{2z_1 \cos \theta_1}{z_1 \cos \theta_1 + z_2 \cos \theta_2}; T_3 = \frac{2z_2 \cos \theta_2}{z_1 \cos \theta_2 + z_2 \cos \varphi_2};$$

$$T_4 = \frac{2z_1 \cos \varphi_2}{z_1 \cos \varphi_2 + z_2 \cos \theta_3}; R = \frac{z_3 - z_1}{z_3 + z_1};$$

$$a_1'' = \frac{h 10^{0.869 \frac{\pi k^2}{\lambda} \text{tg } \delta}}{\cos \theta_1}; a_2'' = \frac{h 10^{0.869 \frac{\pi k^2}{\lambda} \text{tg } \delta}}{\cos \varphi_2};$$

$$L_1 = \frac{16\pi^2 R_1^2}{\lambda^2}; L_2 = \frac{16\pi^2 R_2^2}{\lambda^2},$$

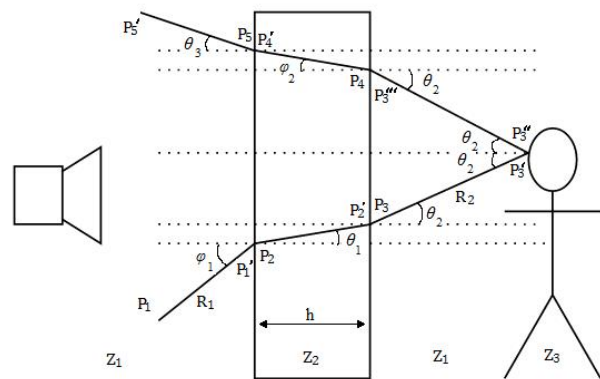


Рис. 1. Схема проходження сигналу

де  $P_1$  – потужність передавача;  $T_{1..4}$  – коефіцієнти проходження;  $R$  – коефіцієнт відбиття сигналу;  $G$  – коефіцієнт підсилення антени;  $\sigma$  – коефіцієнт дифузного розсіювання;  $a_1'', a_2''$  – затухання сигналу в перешкоді;  $L_1, L_2$  – затухання сигналу у вільному просторі [2, 5].

РЛС для вирішення питання щодо моніторингу живих об'єктів за перешкодами необхідно працювати на частотах 1-10 ГГц, при цьому коефіцієнт підсилення антени може становити 100–500 ( $\sigma = 0.1-1$ ).

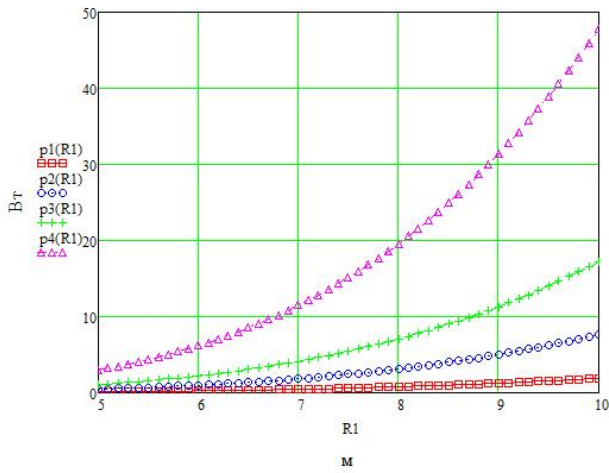
На сьогодні чутливість пристроїв прийому обмежується  $10^{-14}-10^{-13}$  Вт.

Для оцінки потужності, при якій можливо виявити людину за перешкодами проведено розрахунок при таких параметрах випромінювання та прийому  $\sigma = 0.1, F = 5$  ГГц,  $G = 200, P_{min} = 10^{-13}$  Вт. Для виявлення людей за перешкодами доцільним є встановлення мінімальної відстані до перешкоди в діапазоні 5–10 м. Об'єкт розташований одразу за перешкодою, тому затуханням вільного простору  $L_2$  можна знехтувати. Оцінка проведена для кутів близьких до 0. Параметри перешкод приведено у табл. 1 [3, 4]. Потужність передавача:  $P_1 = f(R_1)$  при  $P_{min} = const$ .

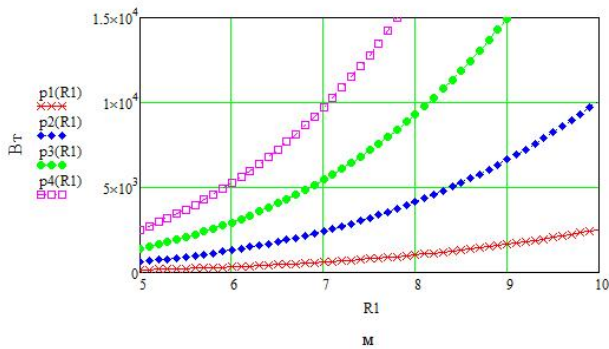
Табл. 1. Параметри перешкод

| Матеріал      | Діелектрична проникність $\varepsilon$ | Тангенс кута втрат $\operatorname{tg} \delta$ |
|---------------|--|---|
| Цегла червона | 5.86                                   | $1.16 \cdot 10^{-1}$                          |
| ДСП           | 2.7                                    | $1.1 \cdot 10^{-1}$                           |
| Фанера        | 2.47                                   | $1.27 \cdot 10^{-1}$                          |
| Хвойна дошка  | 2.58                                   | $2 \cdot 10^{-1}$                             |

На рис. 2(а) наведено залежність потужності передавача для дерево-стружкової плити (ДСП) з товщинами  $h_{1...4} = 0.1; 0.2; 0.3; 0.4$  м. На рис. 2(б) наведено залежність потужності передавача для цегляної стіни з товщинами  $h_{1...4} = 0.1; 0.2; 0.3; 0.4$  м.



(а)



(б)

Рис. 2. Залежність потужності передавача від відстані до перешкоди для різних товщин перешкоди: (а) – перешкоди з ДСП; (б) – перешкоди з цегли.

## Висновки

Отримані графіки залежності необхідної потужності випромінювання передавача для виявлення людини за перешкодою з врахуванням обмеження по чутливості приймача та дальності до стіни для різних видів перешкод та їх характеристик.

Так для цегляної стіни необхідна потужність передавача при відстані до перешкоди 7 м дорівнює 607 Вт для товщини стін 0.1 м, 2,4 кВт – 0.2 м, 5,4 кВт – 0.3 м, 9,7 кВт – 0.4 м.

Для перешкоди з ДСП необхідна потужність передавача при відстані до перешкоди 7 м дорівнює 0,5 Вт для товщини стін 0.1 м, 1,8 Вт – 0.2 м, 4,1 Вт – 0.3 м, 7,3 Вт – 0.4 м.

## Перелік використаних джерел

1. Кантор Л. Я. Спутниковая связь и вещание: Справочник / Л. Я. Кантор. — М.: Радио и связь, 1988. — 345 с.
2. Пименов В. Ю. Техническая электродинамика / В. Ю. Пименов, В. И. Вольман, А. Д. Муравцов. — М.: Радио и связь, 2000. — 536 с.
3. Родос Л. Я. Электродинамика и распространение радиоволн (Распространение радиоволн): учеб.-метод. комплекс (учебное пособие) / Л. Я. Родос. — СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. — 90 с.
4. Гроднев И. И. Линии связи / И. И. Гроднев, С. М. Верник. — М.: Радио и связь, 1988. — 544 с.
5. Баскаков С. И. Электродинамика и распространение радиоволн / С. И., Баскаков. — М.: Высшая школа, 1992. — 416с.