

ОЦІНКА ПОТУЖНОСТІ СИГНАЛУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЖИВИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ПЕРЕШКОДАМИ

Т. Г. Старушенко¹, О. Д. Василенко¹

¹Національний 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 φ_1 до перешкоди. На рис. 1 показано проходження сигналу через перешкоду, та відбиття його від людини.

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

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

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

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

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

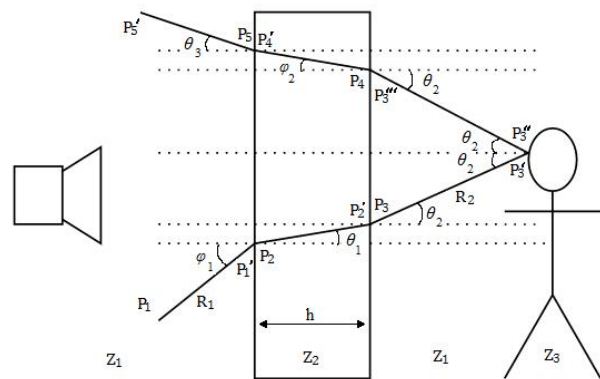


Рис. 1. Схема проходження сигналу

де P_1 – потужність передавача; $T_{1..4}$ – коефіцієнти проходження; R – коефіцієнт відбиття сигналу; G – коефіцієнт підсилення антени; σ – 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 ($\sigma = 0.1-1$).

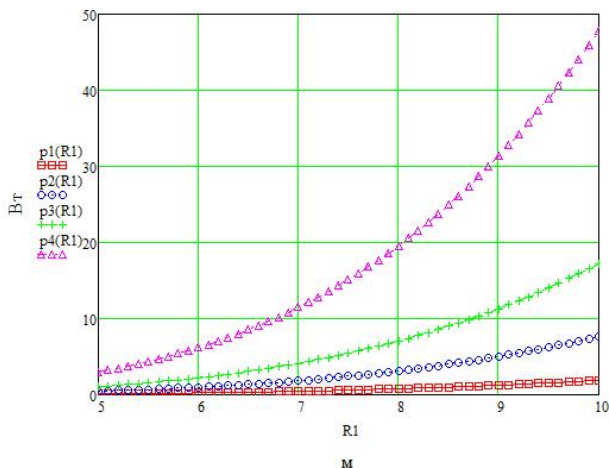
На сьогодні чутливість пристроїв прийому обмежується $10^{-14}-10^{-13}$ Вт.

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 $P_{min} = const$.

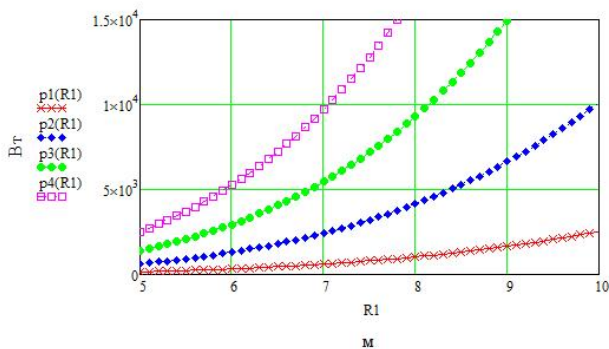
Табл. 1. Параметри перешкод

Матеріал	Діелектрична проникність ε	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.