

УДК 629.052.3

МОДЕЛІ НАПІВПРОЗОРИХ ПЕРЕПОН ЛОКАЛЬНОЇ RTLS-СИСТЕМИ РАЙОНУ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

Загора О.В., кандидат технічних наук, доцент,
Фещенко А.Б., кандидат технічних наук, доцент,
Національний університет цивільного захисту України

RTLS-система позиціонування реального часу (від англ. Real-time Locating Systems) надає керівнику гасіння пожежі відомості про наявність у районі надзвичайної ситуації пожежних, які опинилися у пастці або є найближчими до критичної зони. Особливо це важливо при подоланні НС у висотних або складних будівлях (промислові об'єкти великої протяжності, кар'єри, шахти, місцевість зі складним рельєфом і т.д.) [1]. У наш час значна кількість мобільних технічних систем має в своєму складі системи позиціонування, які зазвичай приймають сигналів глобальної супутникової навігаційної системи GPS, однак в умовах, коли прийом сигналів цієї системи ускладнено, система не може виконувати свої функції. У таких умовах для визначення координат мобільних об'єктів необхідні альтернативні методи позиціонування, такі як розгортання локальної RTLS-системи, що складається зі стаціонарно розташованих маяків з відомими координатами і мобільних об'єктів, координати яких визначаються.

В умовах щільної міської забудови значно погіршується якість прийому GPS-трекерами сигналів, що використовуються задля позиціонування. Суттєвий вплив на робочу зону системи навігації вносять властивості перепон, що зустрічаються на шляху розповсюдження радіохвиль (PPX). Виходячи з цього актуальною проблемою є вдосконалення методів моделювання робочої зони локальної RTLS-системи з урахуванням основних різновидів напівпрозорих перепон в умовах надзвичайної ситуації. Метою проведеного дослідження була розробка математичної моделі розрахунку робочої зони різнице-далекомірної RTLS-системи з урахуванням напівпрозорих перепон PPX робочої зони локальної RTLS-системи, що містить розробку класифікацію та загального опису основних перепон PPX моделі оперативного розрахунку робочої зони RTLS-системи [1], а також експериментальне дослідження роботи моделі за відсутності та при наявності у зоні НС основних різновидів напівпрозорих перепон PPX.

Задля досягнення мети дослідження напівпрозорі перепони було поділено на лінійні та площадні (рис.1). До перших можуть бути віднесені напівпрозорі щодо перепускання електромагнітних хвиль (EMX) будівельні стіни, огорожі та подібні до них плоскі вертикально розташовані конструкції, які мають невелику товщину, але можуть суттєво

послаблювати ЕМХ у випадку їх перетинання. Площадні об'єкти-перепони можуть займати площі у десятки гектарів у межах зони НС і мати складні форми, при цьому розрізняючись у властивостях перепускання ЕМХ від майже вільного до повного їх поглинання.

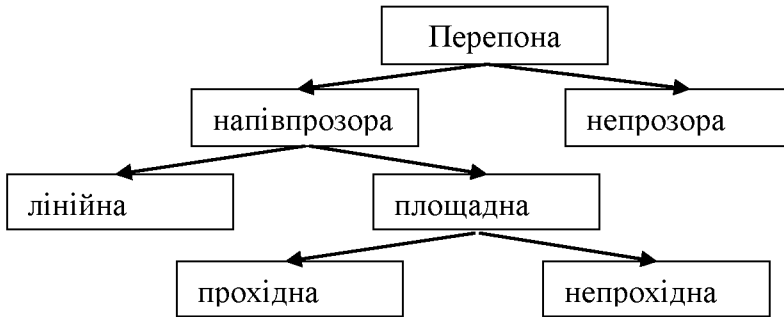


Рисунок 1 – Класифікація перепон РРХ моделі робочої зони RTLS-системи

Для площадних об'єктів ступіть послаблення, крім властивостей середовища, суттєво залежить і від довжини перетину траси РРХ площадним об'єктом - довжини відрізка траси з інтенсивним поглинанням ЕМХ. Крайнім випадком таких об'єктів є непрозорі, які повністю поглинають (відбивають) ЕМХ (рис.1). Програмно площинний об'єкт може бути заданий на площині за допомогою геометричних фігур (коло, прямокутник, трикутник), або як плоский багатокутник, контуром якого є замкнута ломана без перетинів. Координати вершин такої ломаної дозволяють досить точно описати контур відповідної зони. Додатковим параметром зони поглинання є характеристика радіопрозорості для відповідного діапазону радіохвиль.

Для врахування наявних напівпрозорих перепон у програмній моделі необхідно запровадити енергетичний критерій:

$$P_{BX} \geq P_{MIN}, \quad (1)$$

де: P_{MIN} , дБ/Вт - чутливість радіонавігаційного приймача по потужності, а потужність сигналу на вході навігаційного приймача, дБ/Вт, у досить загальному випадку визначається виразом:

$$P_{BX} = P_T + G_T + G_R - (K_{ВП} + K_{ТП} + K_{П}) = P_{const} - 20 \lg(D) - K_{П}, \quad (2)$$

де: P_T , дБ/Вт – потужність передавача радіостанції;

G_T, G_R , дБ – коефіцієнти підсилення антен передавача й приймача по потужності;

$$K_{ВП} = 39,8 + 20 \lg(D) - 20 \lg(\lambda);$$

дБ – втрати потужності сигналу у вільному просторі;

$K_{ТР} \approx 0$, дБ – втрати РРХ в атмосфері (для малих відстаней можна знехтувати);

$K_{П}$, дБ - втрати потужності сигналу у переполах шляху розповсюдження;

$P_{const} = P_T + G_T + G_R - 39,8 + 20 \lg(\lambda) = const$, дБ - енергетичний параметр, значення якого визначається параметрами навігаційних передавачів та приймачів й не залежить від властивостей траси РРХ і перепон.

Після підстановки (2) в (1) кінцево критерій радіонавігаційної доступності ділянки місцевості при наявності перепони подамо у вигляді:

$$K_{П} \leq P_{const} - P_{МН} - 10 \lg(D^2), \quad (3)$$

Значення параметру втрат у переполах $K_{П}$ для лінійної перепони може бути задано типовим параметром втраг, дБ. Для площинної перепони $K_{П}$ може бути визначений як добуток:

$$K_{П} = k_{прп} \cdot D_{прп}, \quad (4)$$

де: $D_{прп}$ - довжини шляху РРХ у межах перепони, м;

$k_{прп}$ - питома згасання хвиль у перепоні, дБ/м.

Поширення радіохвиль усередині будівель має специфічні риси, пов'язані із середовищем поширення. На відміну від вільного простору, неможливо для обсягу всередині будівлі визначити діелектричну або магнітну проникність середовища. Параметри середовища поширення змінюються дуже сильно на дуже невеликих відстанях, як, наприклад, при міжповерховому поширенні. В результаті, поширення радіохвиль в будівлях дуже сильно залежить від таких специфічних характеристик, як тип конструкційний матеріал будівлі, наявність в стінах будівлі металу, кількості поверхів у будинку, щільність розміщення обладнання і т.п.

Наявність у зоні надзвичайної ситуації будівельних конструкцій призводить до з'явлення в цій зоні додаткових провалів (ділянок незабезпечення) у місцях, де умови прийому радіонавігаційних сигналів в наслідок впливу таких конструкцій стають незадовільними, або точність визначення місцеположення стає нижчою за припустимий поріг. Основними ефектами, які можуть визивати будівельні перепони, є неможливість прийому (втрата) сигналу радіонавігаційного маяка або суттєве скорочення їх робочої зони (граничної відстані рухомого об'єкта від маяка, за якої якість прийому сигналів залишається задовільною).

Перевірка практичної реалізації даного алгоритму у роботі здійснювалася за допомогою методів математичного моделювання, геометричного проектування та оптимізації обчислювального процесу. Практичну модель системи прогнозування робочої зони RTLS-системи отримано за допомогою математичного апарату програмного середовища Borland C++Builder. Під час моделювання використовувалися просторові комбінації з 3-4 радіомаяків, при цьому перевірявся вплив форми перепони, та її параметрів на форму робочої зони. Для дослідження впливу напівпрозорих перепон на робочу зону у розрахункові зони вводилося додатково від трьох до п'яти перепон різної форми, в тому числі досліджувався (рис.2,а)-в)):

- вплив на форму робочої зони перепон з різних матеріалів,
- вплив на форму робочої зони перепон різної форми,
- вплив на форму робочої зони форми перепони та їх сполучення.

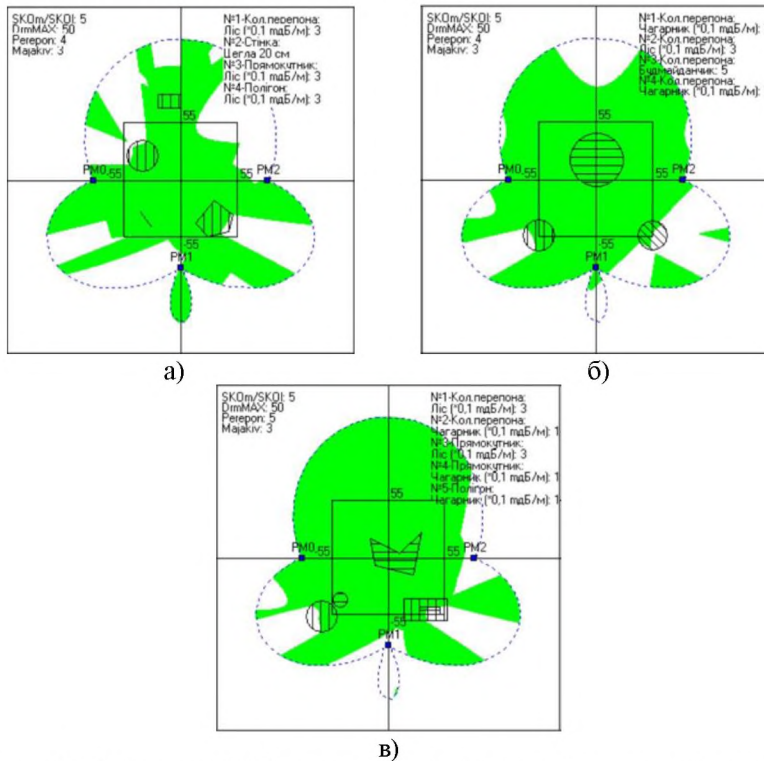


Рисунок 2 – Робоча зона RTLS-системи при наявності: а) 4 перепон перетину типу "коло", "стінка", "прямокутник" та "багатокутник";
б) 3 колових перепон з різних матеріалів; в) перепони складної форми.

Отримані під час дослідження результати доводять, що вплив будівельних перепон на вигляд робочої зони в умовах міста може бути важко передбачуваним. Реальне зменшення робочої зони під впливом кількох непрозорих перепон може досягати 90 %, якщо вплив подібних факторів не враховано. Використання розробленої моделі розрахунку робочої зони RTLS-системи для оперативного прогнозування і корегування відповідної зони в умовах міста дозволяє оперативно вирішувати цю проблему. Експериментальне дослідження підтвердило відповідність роботи моделі системи прогнозування робочої зони RTLS-системи при наявності у зоні НС напівпрозорих перепон РРХ. Після розрахунку границь роботи локальної RTLS-системи керівник ліквідації НС може приймати обґрунтоване управлінське рішення про необхідність залучення додаткових сил або засобів. На випадок, якщо через умови траси РРХ робоча зона РНС є незадовільною, можуть бути передбачені інші технічні або організаційні методи навігаційного забезпечення.

Література

1. Загора О.В. , Фещенко А.Б., Борисова Л.В., Михайлик В.О. Моделювання робочої зони локальної RTLS-системи району надзвичайної ситуації. *Problems of Emergency Situations: Scientific Journal*. –Х.: НУЦЗУ, 2021. № 2(34) pp.144-153.