

О.В. Загора, к.т.н., доцент, викл. каф., НУЦЗУ

А.Б. Феценко, к.т.н., доцент, ст. викл. каф., НУЦЗУ

ПОДАННЯ НАПІВПРОЗОРИХ ПЕРЕПОН У МОДЕЛІ РОБОЧОЇ ЗОНИ ЛОКАЛЬНОЇ RTLS-СИСТЕМИ РАЙОНУ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

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 EMX 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 EMX від майже вільного до повного їх поглинання. Для площадних об'єктів ступіть послаблення, крім властивостей середовища, суттєво залежить і від довжини перетину траси PPX площадним об'єктом - довжини відрізка траси з інтенсивним поглинанням EMX. Крайнім випадком таких об'єктів є непрозорі, які повністю поглинають (відбивають) EMX (рис.1).

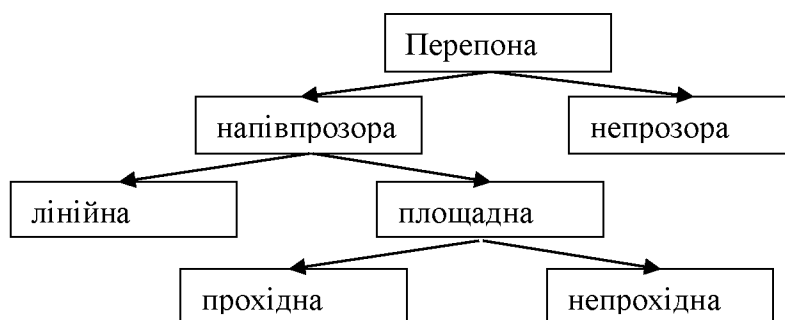


Рисунок1 Класифікація перепон PPX моделі робочої зони RTLS-системи

Програмно площинний об'єкт може бути заданий на плоскості 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 перепонов у програмній моделі необхідно запровадити енергетичний критерій:

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

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

$$P_{BX} = P_T + G_T + G_R - (K_{BII} + K_{TP} + K_{II}) = P_{const} - 20 \lg(D) - K_{II}, \quad (2)$$

де P_T , дБ/Вт – потужність передавача радіостанції; G_T, G_R , дБ – коефіцієнти підсилення антен передавача й приймача по потужності; $K_{BII} = 39,8 + 20 \lg(D) - 20 \lg(\lambda)$, дБ – втрати потужності сигналу у вільному просторі; $K_{TP} \approx 0$, дБ – втрати РРХ в атмосфері (для малих відстаней можна знехтувати); K_{II} , 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 перепонов.

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

$$K_{II} \leq P_{const} - P_{MHH} - 10 \lg(D^2). \quad (3)$$

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

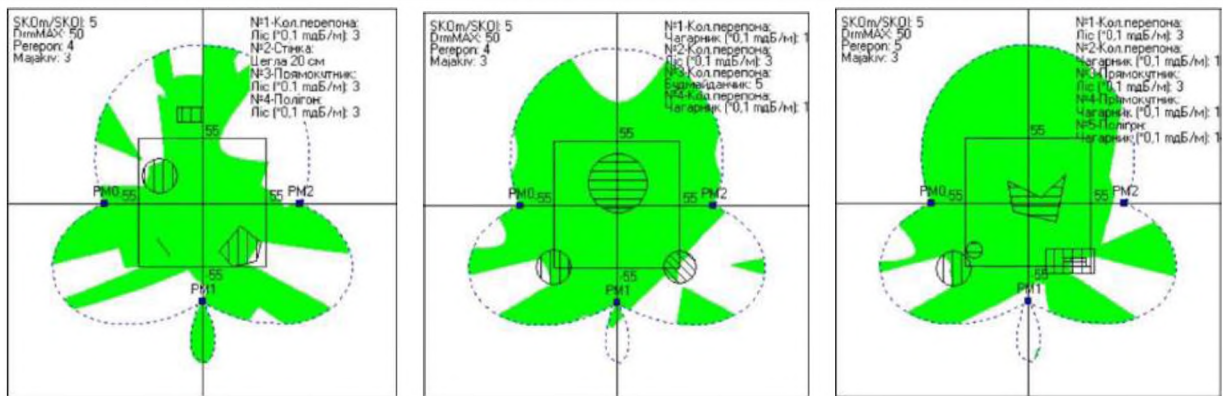
$$K_{II} = k_{npi} \cdot D_{npi}, \quad (4)$$

де D_{npi} - довжини шляху РРХ у межах перепонов, м;

k_{npi} - питома згасання хвиль у перепонові, дБ/м.

Поширення радіохвиль усередині будівель має специфічні риси, пов'язані із середовищем поширення. В результаті, поширення дуже сильно залежить від таких специфічних характеристик, як тип конструкційний матеріал будівлі, наявність в стінах будівлі металу, кількості поверхів у будинку, щільність розміщення обладнання в будівлі і т.п. Врахувати такі фактори дозволяють методи математичного прогнозування.

Перевірка практичної реалізації алгоритму здійснювалася за допомогою математичного апарату програмного середовища Borland C++Builder. Під час моделювання використовувалися просторові комбінації з 3-4 радіомаяків, при цьому перевірявся вплив форми перепонов, та її параметрів на форму робочої зони. Для дослідження впливу напівпрозорих перепонов на робочу зону у розрахункові зони вводилося додатково від трьох до п'яти перепонов різної форми, в тому числі досліджувався вплив на робочу зону перепонов з різних матеріалів, різної форми, вплив форми перепонов та їх сполучення (рис.2,а)-в):



а) б) в)
Рис. 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. Загальний вплив напівпрозорих перепон на форму робочої зони RTLS-системи має складнопередбачуваний характер. 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 оперативного прогнозування робочої зони локальної RTLS-системи за відсутності та при наявності у зоні НС основних різновидів напівпрозорих перепон РРХ. Після розрахунку розмірів зони навігаційного забезпечення та нанесення границь роботи локальної RTLS-системи на карту 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. Закора О.В., Фещенко А.Б., Борисова Л.В., Михайлик В.О. Моделирование рабочей зоны локальной RTLS-системы района надзвичайної ситуації. *Problems of Emergency Situations: Scientific Journal*. –Х.: НУЦЗУ, 2021. № 2(34) pp.144-153.

*A.V.Zakora, Ph.D., Associate Professor, Lecturer of the Department,
 A.B.Feshchenko, Ph.D., Associate Professor, Senior Lecturer of the Department,
 National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkov, Ukraine*

SEMI-TRANSPARENT OBSTACLES REPRESENTATION IN THE MODEL OF THE WORKING AREA OF THE LOCAL RTLS-SYSTEM OF THE EMERGENCY SITUATION DISTRICT

The report is devoted to the issues of accounting for the influence of translucent obstacles on the local radio navigation system quality in the emergency area. A classification and an analytical apparatus are proposed that allow taking into account the influence of such objects in the system mathematical modeling.