

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АКУСТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ МІСЦЕВОГО РІВНЯ

В.В. Тютюнник, док. тех. наук, професор, Д.В. Усачов

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні міста, як елементи державної системи управління, є складними та розгалуженими системами з розподілом у просторі та часі параметрів життєдіяльності, які за чисельністю населення поділяються на невеликі, малі, середні, великі тощо, а також за характером спеціальних функцій на промислові, транспортні, наукові, історичні, багатогалузеві.

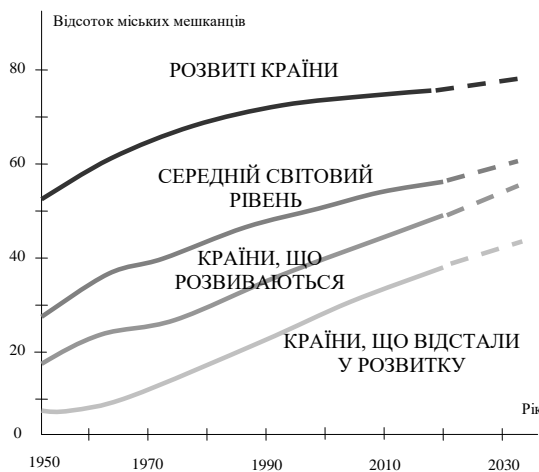


Рис. 1. Динаміка кількості міських мешканців на Земній кулі

Розвиток інфраструктури, будівництво доріг і систем комунікацій істотно впливає на рівень розвитку міст. За прогнозами експертів ООН (рис. 1), в найближчих 15 років зростання міського населення продовжуватиметься і може досягти понад 60% від населення Земної кулі.

Крім того, місто – це не просто скупчення матеріальних об'єктів (житлових і виробничих будівель, комунікацій і так далі), а цілісна, складна, динамічна система, в якій взаємодіють люди, природа, економіка і суспільство.

Зворотнім боком даного процесу є те, що міста у процесі свого функціонування та розвитку створюють передумови для виникнення небезпек, що негативно впливають на стан природно-екологічного, економіко-технічного та соціально-політичного балансу як на території міста так і в регіоні, а також можуть завдати шкоди життєво важливим національним інтересам [1].

Одним із шляхів підвищення ефективності безпеки в містах є необхідність створення ситуаційних центрів, з ефективною геоінформаційною системою моніторингу території міста з метою виявлення та ідентифікації джерел небезпек різної природи.

Тому, авторами безперервний та тривалий у реальному масштабі часу оперативний моніторинг за зоною надзвичайних ситуацій (НС) пропонується здійснювати шляхом об'єднання у систему моніторингу наземних автоматизованих пристроїв контролю акустичного простору та пасивної локації джерел небезпек, а також отримання й обробки інформації від наземних пристроїв акустичного контролю ситуаційним центром, функціонування якого пов'язано з системою виконання антикризових рішень щодо запобігання, локалізації та ліквідації наслідків НС [2, 3].

Методи пасивної акустичної локації джерел терористичних небезпек мають свої специфічні особливості, а саме: в умовах відсутності інформації про термін акустичного випромінювання дальність до джерела випромінювання не можливо визначити за даними прийому тільки одного наземного засобу

автоматизовано контролю акустичного простору. У зв'язку з цим, для визначення координат джерела терористичної небезпеки необхідно застосовувати комплекс двох або декількох рознесених у просторі засобів автоматизовано контролю акустичного простору, які з'єднані каналами зв'язку та утворюють комп'ютерну мережу; прийом прямого, а не відбитого сигналу, полегшує виявлення і вимір координат джерела терористичної небезпеки, але незнання форми сигналу та наявність інших джерел акустичного випромінювання ускладнює процес оперативного моніторингу за зоною терористичних дій; відсутність передавальних пристроїв при пасивній локації спрощує апаратуру, а також підвищує її енергозбереження та скритність.

Функціональну схему цієї системи наземних стаціонарних засобів автоматизованого контролю акустичного простору, ситуаційного центру, підсистеми зв'язку та передачі телеметричної інформації, а також підсистеми виконання антикризових рішень щодо запобігання, локалізації та ліквідації наслідків НС, представлено на рис. 2.

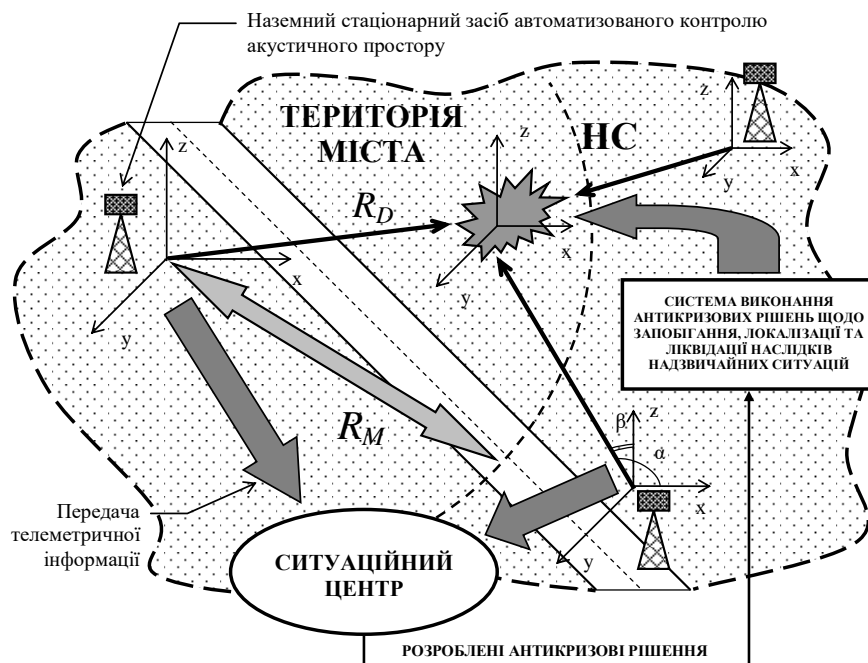


Рис. 2. Схема функціонування на території міста системи наземних стаціонарних засобів автоматизованого контролю акустичного простору, ситуаційного центру, підсистеми зв'язку та передачі телеметричної інформації, а також підсистеми виконання антикризових рішень щодо запобігання, локалізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій терористичного характеру

Основним показником ефективності функціонування підсистеми оперативного акустичного моніторингу зони НС на території міста є достовірність ідентифікації джерела небезпеки за видом та місцем виникнення [4].

Фактори, які можуть впливати на достовірність акустичної ідентифікації джерела небезпеки, можливо об'єднати у три групи. До першої групи належать фактори, які характеризують безпосередньо динаміку зміни показників розвитку джерела небезпеки. До другої групи факторів належать тактико-технічні характеристики засобів контролю акустичного простору (метрологічні та експлуатаційні показники засобів отримання та обробки інформації). До третьої групи факторів належать географічні та фізико-хімічні характеристики місця

виникнення джерела небезпеки та середовища розповсюдження інформаційного акустичного сигналу.

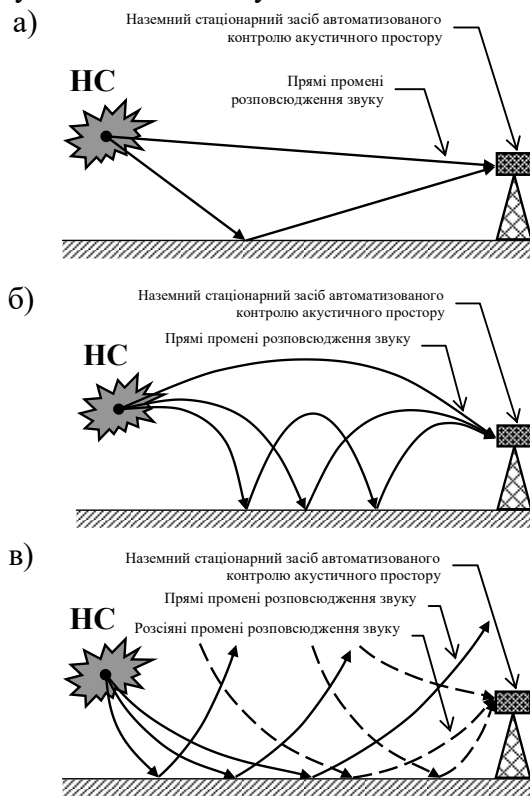


Рис. 3. Променеві картини розповсюдження звуку в атмосфері від джерел терористичних дій до наземних стаціонарних засобів автоматизованого контролю акустичного простору в різних метеорологічних умовах: а) нейтральний режим; б) хвилевідний режим (приведено тільки промені типу "верх-низ"); в) антихвилевідний режим

Тому, тільки дуже слабкий звук, розсіяний турбулентними неоднорідностями у верхніх шарах атмосфери, проникає у цю зону. Ці два режиму розповсюдження звуку працюють в основному на відстанях які перевищують 1 км.

В той же час, територія великого міста характеризується функціонуванням динамічно-розгалуженої системи забудови на великій площі поверхні земної кулі, де локально та ймовірно виникають різні атмосферні процеси, а також існує велика концентрація на одиниці площі об'єктів різного функціонального призначення, будівель та споруд з різною кількістю поверхів, автотранспортів шляхів тощо. Всі ці фактори сприяють виникненню перешкод для ефективного прийому інформаційного сигналу засобів контролю акустичного простору. Тому, розглядаючи умови акустичного моніторингу за зоною НС на території такого міста виникає доцільність встановлення засобів контролю акустичного простору на відстанях які не перевищують 1 км.

Розглядаючи умови приземного розповсюдження в атмосфері акустичних хвиль від джерела небезпеки, необхідно враховувати високу чутливість звукового випромінювання в атмосфері до значення таких метеорологічних параметрів, як швидкість та напрямок вітру, температура, вологість повітря та атмосферний тиск, а також до їх змін з висотою. Суттєвий вплив на дальність приземного розповсюдження звуку також здійснюють характеристики турбулентності, підстилюючої поверхні, геометрії поширення та джерела звуку.

За умов приземного розповсюдження в атмосфері звуку від джерела небезпеки на великі відстані характеристики акустичних хвиль визначаються головним образом рефракцією на градієнтах температури та швидкості вітру, що призводить до виникнення хвилевідного (рис. 3, б) та антихвилевідного (рис. 8, в) режимів. У першому випадку промені загибаються до низу з багаторазовим відбитком від Землі. Цьому режиму поширення звуку притаманні відносно малі значення ослаблення звуку. В іншому випадку промені загибаються вгору і зона акустичної тіні виникає біля Землі на певній відстані від джерела НС.

В таких умовах виникає необхідність аналізу ефективності функціонування засобів контролю акустичного простору у режиму слабкої рефракції звуку, який можливо віднести до випадку прямого поширення звукової хвилі в точку спостереження. При цьому режимі (рис. 3, а) в точку спостереження приходять тільки два променя: прямий промінь, який не має точки повороту, та відбитий від Землі промінь, де променева картина розповсюдження звуку характеризується зневажливо малою кривизною траєкторій променів. Розрахунок звукових тисків у цьому випадку можливо виконати за виразом:

$$L_{RM}(f) = L_s(f) + L_{abs}(f) + L_t(f) + L_e(f) + L_{div}(f) + L_{pat}(f), \quad (1)$$

де R_M – радіус зони імовірнісної акустичної ідентифікації терористичних дій, $L_{RM}(f)$ – рівень звукового тиску на вході наземного стаціонарного засобу контролю акустичного простору на частоті f від джерела терористичних дій, які виникли на межі зони достовірної акустичної ідентифікації, $L_s(f)$ – звуковий тиск від джерела терористичних дій, що перерахованих до звукового тиску на відстані одного метра від джерела, $L_{abs}(f)$ – вклад класичного та молекулярного поглинання звуку у атмосфері, $L_t(f)$ – вклад турбулентного послаблення звуку, $L_e(f)$ – вклад приземного ослаблення звуку (враховується вплив інтерференції прямої та відбитої хвилі), $L_{div}(f)$ – вклад кутової розбіжності, $L_{pat}(f)$ – доданок, який враховує характеристики діаграми направленості засобу контролю акустичного простору.

Рівняння (1) виражає закон збереження енергії та є рівнянням енергетичного балансу. Всі складові правої частини цього рівняння, крім складової $L_s(f)$, мають, як правило, від’ємне значення. Для достовірної акустичної ідентифікації джерела небезпеки та визначення на території міста місця виникнення НС необхідно виконання наступних умов: $R_D \leq R_M$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андронов В.А. Дівізінюк М.М., Калугін В.Д., Тютюник В.В. Науково-конструкторські основи створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні: Монографія. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2016. 319 с.

2. Рубан І.В., Тютюник В.В., Тютюник О.О. Особливості створення системи підтримки прийняття антикризових рішень в умовах невизначеності входної інформації при надзвичайних ситуаціях. Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського. 2021. №1(40). С. 75–84.

3. Тютюник В.В., Яценко О.А., Рубан І.В., Тютюник О.О. Особливості функціонування системи ситуаційних центрів на різних стадіях розвитку надзвичайних ситуацій. Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського. 2022. Вип. 1(43). С. 41–52.

4. Дивізінюк М., Гончаренко Ю., Гончаренко Д. О проблеме расчета дальности приема акустической информации с открытых площадок. Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Київ: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", 2012. № 1(23). С. 29–35.