

Вплив антропогенних факторів на вирішення прикладних завдань знімання мовної інформації на відкритій місцевості

Influence of anthropogenic factors on the solution of applied problems of recording language information in the open area

Олена Азаренко * 1 A

*Corresponding author: ¹ д.ф.-м.н., професор, заступник керівника, e-mail: azarenko_ev@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2927-5545

Юлія Гончаренко ^{2 B}

к.т.н., доцент, професор кафедри, e-mail: vup@e-u.in.ua, ORCID: 0000-0003-2045-0263

Михайло Дівізінюк ^{3 C}

д.ф.-м., професор, головний науковий співробітник, e-mail: divizynyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5657-2302

Володимир Мірненко ^{4 D}

д.т.н., професор, Заслужений працівник освіти України, директор, e-mail: mirnenkovi@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7484-1035

Валерій Стрілець ^{5 A}

керівник, e-mail: v.strelec.brand@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1913-7878

Яцек Лукаш Вільк-Якубовський ^{6 F}

Dr of Technical Science, assistant professor (adjunct), Department of Information Systems, e-mail: j.wilk@tu.kielce.pl, ORCID: 0000-0003-1275-948X

^A Науково-дослідний лабораторно-експериментальний центр "БРАНД ТРЕЙД", м. Київ, Україна

^B Європейський університет, м. Київ, Україна

^C Інститут геохімії та навколишнього середовища НАН України, м. Київ, Україна

^D Департамент військової освіти та науки Міністерства оборони України, м. Київ, Україна

^F Технологічний університет Кельце, м. Кельце, Польща

Olena Azarenko * 1 A

*Corresponding author: ¹ Dr, Professor, Deputy Head, e-mail: azarenko_ev@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2927-5545

Yulia Honcharenko ^{2 B}

Ph.D., Associate Professor, Professor of Department, e-mail: vup@e-u.in.ua, ORCID: 0000-0003-2045-0263

Mykhailo Divizynyuk ^{3 C}

Dr, Professor, Head of Department, e-mail: divizynyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5657-2302

Volodymyr Mirnenko ^{4 D}

Dr, Professor, Director of the Department, e-mail: mirnenkovi@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7484-1035

Valeriy Strilets ^{5 A}

Head, e-mail: v.strelec.brand@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1913-7878

Jacek Lukasz Wilk-Jakubowski ^{6 F}

Dr of Technical Science, assistant professor (adjunct), Department of Information Systems, e-mail: j.wilk@tu.kielce.pl, ORCID: 0000-0003-1275-948X

^A Research laboratory-experimental center "BRAND TRADE", Kyiv, Ukraine

^B European University, Kyiv, Ukraine

^C Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

^D Department of Military Education and Science of the Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine

^F Kielce University of Technology, Kielce, Poland

Received: April 2, 2022 | Revised: June 8, 2022 | Accepted: June 30, 2022

DOI: 10.33445/sds.2022.12.3.12

Мета роботи: на основі систематизації особливостей акустичних антропогенних чинників у повітряному середовищі аналізується їх вплив на вирішення прикладних завдань знімання мовної інформації на відкритій місцевості.

Дизайн/Метод/Підхід дослідження: при виконанні цієї роботи використовувалися методи аналізу фізичних властивостей повітряного середовища та технічних параметрів засобів прийому акустичних сигналів, методи опису акустичних полів, систематизації та узагальнення даних та знань, методи якісної оцінки впливу антропогенних факторів.

Результати дослідження: у статті показано, що складовими акустичного фону є джерела природного, штучного і змішаного походження, кожен з яких має специфічний шумовий спектр. Антропогенний фактор повітряного середовища визначається як сімейство (об'єднання) шумів штучного походження. Ці технічні шуми є результатом діяльності людини.

Теоретична цінність дослідження: полягає в тому, що дальність знімання мовної інформації на відкритій місцевості залежить від рівня акустичного фону в районі вирішення прикладних завдань. При сталості технічних параметрів акустичного пристрою та постійній силі цілі, дальність її виявлення буде тим меншою, ніж вище рівень акустичного фону, і навпаки, зменшення інтенсивності акустичного фону призводить до збільшення дальності знімання мовної інформації.

Purpose: on the basis of systematization of features of acoustic anthropogenic factors in the air environment their influence on the decision of applied problems of removal of the speech information in the open area is analyzed.

Design/Method/Approach: in performing this work used methods of analysis of physical properties of the air and technical parameters of acoustic signals, methods of describing acoustic fields, systematization and generalization of data and knowledge, methods of qualitative assessment of the impact of anthropogenic factors.

Findings: the article shows that the components of the acoustic background are sources of natural, artificial and mixed origin, each of which has a specific noise spectrum. Anthropogenic air factor is defined as a family (association) of noise of artificial origin. These technical noises are the result of human activity.

Theoretical implications: is that the range of recording language information in the open depends on the level of acoustic background in the area of application. With the constancy of the technical parameters of the acoustic device and the constant strength of the target, the range of its detection will be less the higher the level of the acoustic background, and conversely, reducing the intensity of the acoustic background increases the range of speech information.

Тип статті: науково-практична.

Papertype: scientific and practical.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, акустична хвиля, джерело звуку, акустичний фон, мікрофон.**Key words:** emergency, acoustic wave, sound source, acoustic background, microphone.

1. Вступ

Запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру на об'єктах критичної інфраструктури, що охороняються, пов'язана з виконанням закону України "Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання" [1]. Головне завдання у запобіганні надзвичайним ситуаціям терористичного характеру на об'єктах критичної інфраструктури та інших об'єктах, що охороняються, – це недопущення терористичних актів на цих об'єктах [2]. Охорона та захист подібних об'єктів покладається на служби охорони та фізичного захисту цих об'єктів. Цими підрозділами використовуються інженерно-технічні загородження та фізичні бар'єри, засоби оптоелектронного та інфрачервоного спостереження, радіолокаційного та акустичного контролю [3]. Ці засоби використовуються як для охорони периметра об'єкта, так і для контролю всередині периметра і на підходах до нього в санітарних та інших контрольованих зонах [4, 5].

Окрім служб охорони та фізичного захисту протидію терористичним загрозам здійснюють територіальні органи служби безпеки та міністерства внутрішніх справ України. Керуючись Законом України "Про оперативно-розшукову діяльність" [6] та іншими нормативними документами і джерелами [7-10], вони також використовують спеціальні акустичні засоби для знімання мовної інформації. Інформація, що одержується подібним чином, підвищує ефективність роботи територіальних органів, що позитивно впливає на остаточний результат протидії терористичним загрозам. Однак, дальність знімання мовної інформації залежить від багатьох факторів, одним з яких є перешкодова обстановка, яка обумовлена антропогенними чинниками, або акустичним фоном у районі розв'язання прикладних завдань зі знімання мовної інформації [10-15].

2. Постановка проблеми

Тому метою даної роботи є систематизація особливостей акустичних антропогенних чинників у повітряному середовищі та їх вплив на вирішення прикладних завдань знімання мовної інформації на відкритій місцевості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові завдання.

По-перше, розглянемо джерела шуму, що формують акустичний фон. По-друге, систематизуємо закономірності добової, всередині сезонної і сезонної мінливості акустичного фону. По-третє, проаналізуємо дальність знімання мовної інформації на відкритій місцевості від рівня інтенсивності акустичного фону.

3. Результати

3.1 Характеристика джерел шуму, що формують акустичний фон

Залежно від причин виникнення шумів і звуків в атмосфері їх поділяють на шум природного, штучного і змішаного походження [7, 8, 13-15].

Перше сімейство (об'єднання) викликається силами і процесами, що відбуваються в природному середовищі і на Землі в цілому, і поділяються на групи динамічних шумів, шумів метеорологічного (синоптичного) і сейсмічного, біологічного характеру. Динамічні шуми, в свою чергу, поділяються на аеродинамічні і гідродинамічні шуми. Перші викликаються головним чином рухом вітру, другі – рухом водного потоку. Рух вітру само по собі викликає динамічний шум внаслідок переміщення неоднорідностей, що знаходяться в структурі

атмосфери, а також турбулентних процесів різного масштабу, що відбуваються в стратифікованому повітряному середовищі. Крім цього, повітряний потік, наштовхуючись на природні перешкоди, з одного боку, сам є генератором звуків, з іншого – призводить до коливальний рух перешкоди, які є вторинними джерелами шуму. Подібне відбувається, коли чути шелест листя і скрип дерев в лісах, садах, гаях, коли вітер завиває в складках рельєфу горбистій місцевості, коли шарудить очерет в плавнях і чагарник на узліссях лісу. Також вітер здатний переміщати в степу колючки, в пустелі – пісок, створюючи при цьому мелодійні співзвуччя (виття верблюжої колючки і дихання пустелі). Повітряний потік, взаємодіючи з водною поверхнею, генерує на ній хвилі, які, руйнуючись, є вторинним джерелом шуму (шум хвиль, шторму). Крім цього, хвилі, стикаючись з береговою лінією, генерують специфічний шум, який ще називають шумом прибою. Якщо ж на водній поверхні є битий лід, то під дією вітру його викидає на берег, де він ламається і формує тороси з битого льоду. Цей процес супроводжується інтенсивним шумом, що нагадує шум швидко йде товарного поїзда. Характеристики аеродинамічних шумів (інтенсивність, тривалість, частотний спектр) так чи інакше залежать від сили вітру (швидкості руху повітряного потоку) та його тривалості.

Гідродинамічні шуми викликаються рухом водного потоку, натикається на перешкоди. Саме цим ефектом пояснюється рев річкової води, що виходить на поріг, гул і гуркіт гірських струмків і річок. Рух води також є одним з домінуючих чинників, що призводять до інтенсивного руйнування криги під час льодоходу на річках, що супроводжується гучним тріском і гуркотом.

Група шумів синоптичного походження визначається процесами, що відбуваються в атмосфері. Це електричні розряди – блискавки, які супроводжуються гуркотом грому під час грози, опади у вигляді зливого дощу або граду, барабанящий по будь-якій поверхні, на яку випадає, викликаючи звуки різної інтенсивності і частоти. Опади у вигляді снігу лягають на гілки дерев, чагарників, схилів і під час танення падають, викликаючи гупання при падінні, що на схилах пагорбів і гір може привести до появи лавин різної величини, схід яких супроводжується інтенсивним гулом і тріском.

Шуми сейсмічного походження обумовлені переміщеннями земної кори, виверженням вулканів, постійно існуючими коливаннями земної кори. Вони проявляються головним чином в низькочастотному діапазоні. Тут також слід виділити гул, яким супроводжуються зсувні явища і селеві потоки. Вони відносно нетривалі, але їх інтенсивність така, що їх гул поширюється на такі ж відстані, як і гуркіт вулканів.

Біологічні шуми створюються різними представниками фауни і комахами. Це і спів птахів, крик звірів і плескіт риб, і дзижчання бджіл, і стрекотіння цикад, і квакання жаб та інше.

До шумів змішаного походження відносять динамічні шуми на об'єктах штучного походження. Наприклад, завивання вітру на лініях електропередачі, розбивання хвиль про гідротехнічні споруди (греблі, моли, хвилерізи тощо), стікання води після зливи через дренажні споруди, також шуми, що виникають внаслідок обвалення технічних конструкцій під впливом природних сил, наприклад, зривання дахів з будинків під впливом вітру, обвал будинків під впливом скупчився на їх дахах снігу і льоду або розмиву ґрунтовими водами їх фундаментів.

Сімейство (об'єднання) шумів штучного походження або технічні шуми є результатом діяльності людини. По групах їх поділяють на шуми транспорту, шуми підприємств, шуми гірничих і підричних робіт, а так само шум від великого скупчення людей.

Основні види транспорту: автомобільний, залізничний, авіаційний, водний, продукту провідний. Кожен з видів транспорту має ряд особливостей і відповідно специфічний акустичний фон, що супроводжує їх роботу. Для автомобільного транспорту, незалежно від того легковий автомобіль, вантажний або автобусний міського або міжміського сполучення, принципова відмінність в тому, який вид двигуна встановлений на ньому, бензиновий або

дизельний. Для дизельних установок характерний більш низькочастотний спектр шумів, а для бензинових – більш високочастотний. Інтенсивність кожного автомобільного транспортного засобу визначається потужністю двигуна і застосовуваними в його конструкції елементами звукопоглинання. Найбільш мал шумними вважаються представники електротранспорту. Необхідно відразу зазначити, що найгучнішим елементом вітчизняних тролейбусів є електро компресори, що забезпечують відкриття і закриття дверей. Крім цього, при скупченні одиночних автотранспортних засобів з працюючим двигуном, наприклад, на стоянці або автобусній зупинці, настає явище резонансу, яке негативно впливає на людський організм, викликаючи підвищену дратівливість.

Шумова забарвлення залізничного транспорту має два аспекти. Перший - це робота дизелів тепловозів і двигунів електровозів, які багато в чому по шумовий забарвленням нагадують автомобільний транспорт, тільки на порядок інтенсивніше. Другий аспект - це стукіт вагонних коліс, який проявляється тим інтенсивніше, чим більше швидкість поїзда. Наявність стуку коліс при русі як складу, так і окремих вагонів створюють специфічну акустичну забарвлення навколо залізничних вокзалів, залізничних переходів (розвідних гірок), де відбувається переформування і формування поїздів. Найбільш яскраво шум від поїздів, що проходять проявляється поблизу залізничних мостів і тунелів, де стукіт коліс резонує з металевими конструкціями і переизлучається, як посилене відлуння.

Авіаційний транспорт складається з реактивних і гвинтових літаків, вертольотів, які здійснюють пасажирські та вантажні перевезення. Шумовий вплив від цих транспортних засобів проявляється під час їх зльоту і заходу на посадку, а також під час виконання профілактичних робіт, коли авіаційні двигуни працюють на повну потужність при стоянці літальних апаратів на спеціальних майданчиках. Для бойових літаків також характерний повітряний удар, вибухова хвиля (хвиля Рімана), яка генерується під час подолання літальним апаратом звукового бар'єру.

Водні транспортні засоби оснащуються дизельними і турбінними (газо- або паро-) установками, які забезпечують їх рух. Шумовий вплив від них проявляється головним чином при заходах в порти і виході з них, під час швартування і стоянки біля причалів. Крім шумового спектра від працюючої головної енергетичної установки водні транспортні засоби можуть мати ряд специфічних звукових сигналів у вигляді сирен, Тифон, церковних звуків і риндових склянок. Звуки від витравлюють при швартуванні якірного ланцюга військові фахівці, не пов'язані з морем, сприймають як автоматні і кулеметні черги.

Продукту провідний транспорт – це різні види трубопроводів (газопроводи, нафтопроводи, бензопроводи, водопроводи та інше). Для руху певного виду продукту по трубопроводу через певну відстань будуються насосні або компресорні станції. Вони забезпечують підтримку робочого тиску в продуктопроводі і реєстрації кількості продукту, що перекачується. Робота насосів і компресорів має специфічну шумову забарвлення, крім цього, самі трубопроводи можуть бути вторинним джерелом шуму, тобто пере випромінюють шум працюючих на станції агрегатів.

Група шумів підприємств має ряд специфічних особливостей. По-перше, вони зосереджені в певному місці, території підприємства. По-друге, крім специфічних виробничих шумів підприємства тут присутні шуми автомобільного, продукту провідного, а на ряді підприємств і залізничного транспорту. По-третє, ряд підприємств мають спеціальні сигнальні системи, а саме, гудок, який визначає початок і кінець робочого дня, перерва на обід і його закінчення; сирена для оголошення пожежної та інших тривог; гучномовний систему, яка забезпечує спеціальне інформування працівників і визначає їх дію в екстремальних ситуаціях. Як правило, підприємства оточені високими парканами або будівлями, що визначають їх периметр, які також виконують роль акустичних екранів. З цієї причини основне зашумлення відбувається у верхній частині простору.

Специфіка гірничодобувних підприємств полягає в тому, що тут систематично відбуваються вибухові роботи, що забезпечують розробку кар'єрів. Як правило, ці вибухи намагаються приурочити до одного і того ж часу доби, щоб забезпечити максимальну безпеку цих робіт. Крім того, перед вибухами в обов'язковому порядку відбувається оповіщення з пересувних Мегафон установок і сирен.

Група шумів, викликаних великим скупченням людей, проявляється під час масових заходів, демонстрацій, концертів. Прикладом такого постійно діючого шуму є міський ринок, де одночасно говорять сотні і тисячі людей. Результатом цього є широкосмуговий гул. Під час маніфестацій і концертів, що проводяться на відкритих майданчиках, до цього гулу додається мова і музика, посилена спеціальними акустичними пристроями і системами.

Таким чином, складовими акустичного фону є джерела природного, штучного і змішаного походження, кожен з яких має специфічний шумовий спектр.

3.2 Закономірності добової, всередині сезонної і сезонної мінливості акустичного фону

У загальному випадку під мінливістю розуміється зміна характеристик даного об'єкту, періодично наступні один за одним в певні періоди часу. Регіональний акустичний фон, що формується сукупністю джерел шуму різного походження, змінюється і в залежності від часу доби і пори року, а також від специфічних гідрометеорологічних умов, що відбуваються в різні дні одного і того ж року. Наприклад, вночі, коли на підприємстві (заводі) не проводиться ніякої роботи, шум на ньому буде мінімальним. До початку робочого дня робітники будуть стікатися до підприємства, проходити через прохідну, збиратися в цехах, переодягатися. Потім буде включатися техніка, верстати, обладнання. Шум буде наростати і залишатися на певному середньому рівні протягом робочого дня. В кінці робочого дня устаткування буде вимикатися і, відповідно, шум буде слабшати.

Аналогічна ситуація і на вулицях міста, пов'язана з вантажопотоком автомобільного транспорту і кількістю пішоходів. На рис. 1 наведені діаграми усереднених рівнів шумів, зроблених в різні періоди на одній з міських площ районного центру. Вимірювання робилися спрямованим мікрофоном, а час осереднення було рівним одній годині в смузі від 50 Гц до 10 кГц, щодо рівня чутності, що дорівнює $2 \cdot 10^{-5}$ Па. Взимку в нічний час середній фоновий рівень щодо порога чутності перевищує 10 дБ. З третьої години ночі починає під'їжджати транспорт оптового ринку – рівень зростає до 15, а потім до 30 дБ.

Після шостої ранку починає ходити автотранспорт (маршрутні таксі, автобуси), що призводить до зростання шуму до 80, а потім і до 100 дБ, який тримається протягом всього робочого дня і падає після 19-20 годин, коли закінчується повернення людей додому після роботи, а після 22-ї години він падає до 10-15 дБ. Інакше справа йде влітку. Єдиний шумовий мінімум близько другої години ночі, потім починає працювати оптовий ринок, після шести все їдуть на роботу, але вдень на площі додаються ще тисячі відпочиваючих, які їдуть на відпочинок і повертаються в центр міста.

Денний рівень становить 110-120 дБ і падає тільки після 20 годин. У вечірні години він не зменшується нижче 50 дБ за рахунок роботи танцмайданчиків, дискотек та інших розважальних закладів. О другій годині настає короткочасна пауза, а зам знову зростання.

Таким чином, акустичний фон має добову, всередині сезонну і сезонну мінливість, яка визначається станом складових фону джерел шуму.

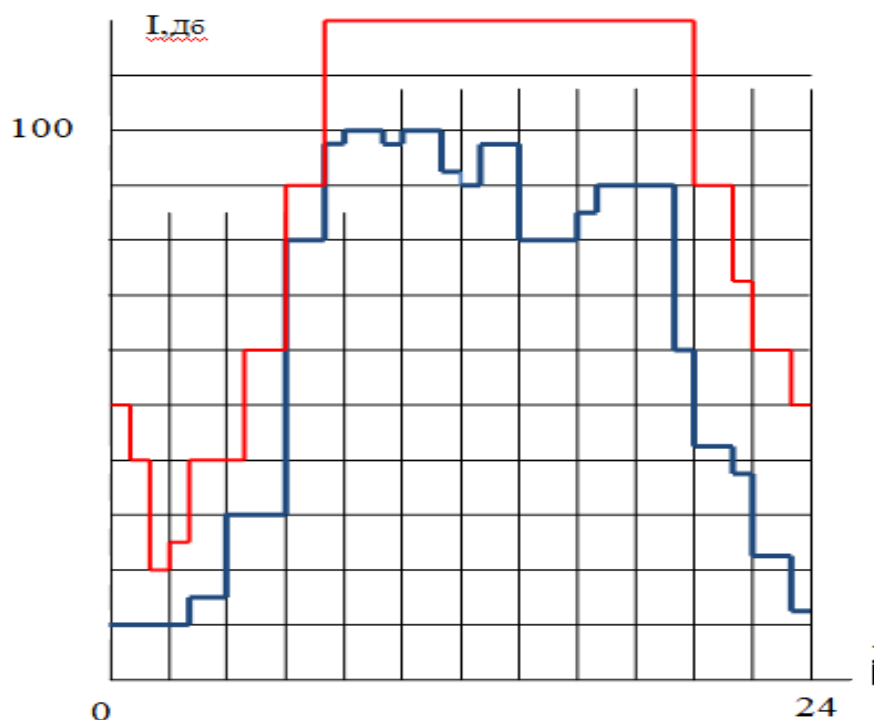


Рисунок 1 – Зміна акустичного фону на площі влітку (червоний), взимку (синій)

3.3. Залежність дальності знімання мовної інформації на відкритій місцевості від рівня інтенсивності акустичного фону

У загальному вигляді дальність знімання мовної інформації на відкритій місцевості визначається розв'язанням несупоряданої нерівності розповсюдження звукової хвилі

$$20 \cdot \lg D + \alpha D_{\text{км}} + K \leq (10 \cdot \lg \delta + 20 \cdot \lg P_n - 10 \cdot \lg J_{\text{пр}} - 20 \cdot \lg P_c), \quad (1)$$

де $10 \lg 4\pi = K \approx 10,98$ дБ.

δ – коефіцієнт розпізнавання приймального пристрою;

$J_{\text{пр}}$ – коефіцієнт спрямованої дії спрямованого мікрофона;

P_c – інтенсивність акустичного випромінювання мети в смузі частот приймального акустичного пристрою;

P_n – інтенсивність перешкод в смузі приймального пристрою

Ліва частина виразу (1) – $(20 \lg D + \alpha D + 10 \lg 4\pi)$ являє собою закономірність спаду акустичного поля в стандартній (однорідній і безмежній) атмосфері. Тут фактор середовища не враховується. Середовище вважається безмежної і однорідною, в якій загасання звуку відбувається на величину α , значення якої визначається центральною частотою приймального пристрою.

Найбільше значення дистанції D , при якому досягається рівність обох частин, є найбільшою або енергетичною дальністю виявлення акустичного сигналу.

Строго кажучи, жоден з розглянутих параметрів, жодна з вимірюваних величин не є постійною. Вони всі мають складні функціональні залежності, врахувати які для поточного стану часу неможливо. З цих причин в літературних джерелах пропонуються ідеальні умови вирішення завдань. Робляться припущення, що на даний період часу всі параметри, що визначають стан фізичної системи постійні і беруться тільки два, один з яких є аргументом, а інший – відповідна функція.

Права частина вираження (1) прийнято називати енергетичним потенціалом приймального пристрою (з коефіцієнтом спрямованої дії акустичної системи j) по певної цілі (з наведеним значенням шумності до смуги приймального пристрою P_c) в конкретній помеховій обстановці (рівнем місцевого акустичного фону в смузі приймального пристрою P_n), яка позначається як $\Pi_{\text{ЕАЦ}}$.

Сукупність технічних факторів приймального пристрою вважатимемо постійними величинами. Перешкоди, які визначаються власними шумами, також вважатимемо постійними. Значення рівня шумів в смузі прийому для кожної акустичної цілі індивідуально. Його також називають силою цілі. Відповідно, чим вище рівень шумів акустичного фону (перешкод), тим менше дальність виявлення. Крім цього так само говорять, що об'єднання технічних параметрів приймального пристрою і акустичних параметрів джерела звуку є енергетичний потенціал виявлення певного пристрою за конкретною акустичною цілі (джерела звуку). Тоді енергетичний потенціал виявлення можливо розглянути як залежність від інтенсивності перешкод або рівня шумів акустичного фону, тобто $\Pi_{\text{ЕАЦ}}(P_n)$.

Ліву частину виразу (1) – закономірність спаду інтенсивності розповсюджується акустичної хвилі, позначимо як $\Psi(D, f_0)$, де f_0 – центральна частота приймального акустичного пристрою. Тепер вираз (1) набуде вигляду:

$$\Psi(D, f_0) \leq \Pi_{\text{ЕАЦ}}(P_n) \quad (2)$$

Отримали вираз (2) в якій дальності знімання мовної інформації на відкритій місцевості є залежність від рівнем місцевого акустичного фону в смузі приймального пристрою. Вона показує, що при сталості технічних параметрів акустичного пристрою та постійній силі цілі, дальність її виявлення буде тим меншою, ніж вище рівень акустичного фону. І навпаки, зменшення інтенсивності акустичного фону призводить до збільшення дальності знімання мовної інформації.

Таким чином, дальність знімання мовної інформації на відкритій місцевості залежить від рівня акустичного фону в районі вирішення прикладних завдань. При сталості технічних параметрів акустичного пристрою та постійній силі цілі, дальність її виявлення буде тим меншою, ніж вище рівень акустичного фону. І навпаки, зменшення інтенсивності акустичного фону призводить до збільшення дальності знімання мовної інформації.

4. Висновки

Складовими акустичного фону є джерела природного, штучного і змішаного походження, кожен з яких має специфічний шумовий спектр. Акустичний фон має добову, всередині сезонну і сезонну мінливість, яка визначається станом складових фону джерел шуму. Дальність знімання мовної інформації на відкритій місцевості залежить від рівня акустичного фону в районі вирішення прикладних завдань. При сталості технічних параметрів акустичного пристрою та постійній силі цілі, дальність її виявлення буде тим меншою, ніж вище рівень акустичного фону. І навпаки, зменшення інтенсивності акустичного фону призводить до збільшення дальності знімання мовної інформації.

5. Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

6. Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел**References**

1. Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання: Закон України від 19 жовтня 2000 року № 2064-III. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2064-14#Text>
2. Азаренко Е. В. Защита критической инфраструктуры государства от террористического воздействия / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк, М.И. Ожиганова // К.: ИГНС НАНУ, 2018. 84 с. (ISBN 978-617-7187-25-6).
- 3 Средства сигнализации в охране стационарных объектов. Интернет публикация. 10.09.2009. – 5 с. URL : <http://www.karabiner.ua>
4. Азаренко, О., Гончаренко, Ю., Дівізінюк, М., Мірненко, В., & Сириця, Ю. (2020). Структурно-логічна модель управління надзвичайно ситуацією терористичного характеру та її особливостей, вбудованих скритим електромагнітним впливом на оперативний состав охороняемого об'єкта критичної інфраструктури. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, 10(1), 177-187. DOI : 10.33445/sds.2020.10.1.18
5. Азаров, С., Дівізінюк, М., Лобойченко, В., Мірненко, В., & Шевченко, Р. (2020). Нові підходи до розробки комплексних методів цивільної безпеки. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, 10(3), 51-63. DOI : 10.33445/sds.2020.10.3.5
6. Про оперативно-розшукову діяльність: Закон України від 18 лютого 1992 року № 2135-XII. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2135-12#Text>
7. Wilk-Jakubowski, J. (2021). A review on information systems engineering using vsat networks and their development directions. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 31(3), P. 409–428. DOI : 10.2298/YJOR200215015W
8. Xovard B. (1991). Lazeracustic. *Optronics. Sincepress*. vol. 10. №10. p. 89-100.
1. On physical protection of nuclear installations, nuclear materials, radioactive waste, other sources of ionizing radiation: Law of Ukraine of October 19, 2000 № 2064-III. Available from : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2064-14#Text>
2. Azarenko, E. V., Goncharenko, Yu. Yu., Divizinyuk, M. M., Ozhiganova M. I. Protection of critical infrastructure of the state from terrorist influence. Kyiv: IGNS NASU, 2018. 84 p. (ISBN 978-617-7187-25-6).
3. Azarenko, E. V., Goncharenko, Yu. Yu., Divizinyuk, M. M., Ozhiganova M. I. Protection of critical infrastructure of the state from terrorist influence. Kyiv: IGNS NASU, 2018. 84 p. (ISBN 978-617-7187-25-6).
4. Azarenko, E., Honcharenko, Y., Divizinyuk, M., Mirnenko, V., & Syrytsia, I. (2020). Structural-logical model of emergency situation management of terrorist character and its features caused by latent electromagnetic influence on the operational staff of the guarded facility of critical infrastructure. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, 10(1), 177-187. DOI : 10.33445/sds.2020.10.1.18
5. Azarov, S., Divizinyuk, M., Loboichenko, V., Mirnenko, V., & Shevchenko, R. (2020). New approaches to the development of integrated methods of civil security. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, 10(3), 51-63. DOI : 10.33445/sds.2020.10.3.5
6. On operational and investigative activities: Law of Ukraine of February 18, 1992 № 2135-XII. Available from : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2135-12#Text>
7. Wilk-Jakubowski, J. (2021). A review on information systems engineering using vsat networks and their development directions. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 31(3), P. 409–428. DOI : 10.2298/YJOR200215015W
8. Xovard B. (1991). Lazeracustic. *Optronics. Sincepress*. vol. 10. №10. p. 89-100.

9. Stawczyk, P., Wilk-Jakubowski, J. (2021). Non-invasive attempts to extinguish flames with the use of high-power acoustic extinguisher. *Open Engineering*, 11(1), P. 349–355. DOI : 10.1515/eng-2021-0037
10. Гончаренко Ю.Ю., Гончаренко Д. Г., Дивизинюк М. М. Про проблему розрахунку дальності прийому акустичної інформації з відкритих майданчиків. Науково-технічний збірник "Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні". – Київ: Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України НТУУ "КПІ", 2012. – Вип. 1 (23). – С. 29 – 35.
11. Азаренко Е. В. Анализ экспериментов по определению дальности съема речевой информации / Е. В. Азаренко, О. В. Бас, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дивизинюк, М. И. Ожиганова, А. С. Рыжкин // Науково-технічний збірник "Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні". – Київ: Державна служба спеціального звуку та захисту інформації в Україні НТУУ "КПІ", 2019. – Вип. 1 (37). – С. 89 – 97.
12. Wilk-Jakubowski, J.Ł. (2021). Analysis of flame suppression capabilities using low-frequency acoustic waves and frequency sweeping techniques. *Symmetry*, 13(7), 1299. DOI : 10.3390/sym13071299
13. Госсард Е. Волны в атмосфере / Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 520 с.
14. Вовк И.В., Гринченко В.Т. Звук, рожденный потоком. К.: Наукова думка, 2010. – 221 с.
15. Vovchuk, T.S., Wilk-Jakubowski, J.L., Telelim, V.M., Shevchenko, O.S., Tregub, N.S. (2021). Investigation of the use of the acoustic effect in extinguishing fires of oil and petroleum products. *SOCAR Proceedings*, Special Issue No.2 (2021), P. 24-31. URL: <http://dx.doi.org/10.5510/OGP2021SI200602>
9. Stawczyk, P., Wilk-Jakubowski, J. (2021). Non-invasive attempts to extinguish flames with the use of high-power acoustic extinguisher. *Open Engineering*, 11(1), P. 349–355. DOI : 10.1515/eng-2021-0037
10. Goncharenko Yu.Yu., Goncharenko D. G., Divizyniuk M.M. (2012). On the problem of calculating the range of acoustic information from open areas. *Scientific and technical collection "Legal, regulatory and metrological support of the information protection system in Ukraine"*. Kyiv: State Service for Special Communications and Information Protection of Ukraine NTUU "KPI", Issue. 1 (23). P. 29-35.
11. Azarenko E. V., Goncharenko Yu. Yu., Divizinyuk, M. M., Ozhiganova, M. I., Ryzhkin A. C. (2019). Analysis of experiments to determine the range of speech information. *Scientific and technical collection "Legal, regulatory and metrological support of information protection systems in Ukraine"*. Kyiv: State Service for Special Sound and Information Protection in Ukraine NTUU "KPI", Issue. 1 (37). P. 89-97.
12. Wilk-Jakubowski, J.Ł. (2021). Analysis of flame suppression capabilities using low-frequency acoustic waves and frequency sweeping techniques. *Symmetry*, 13(7), 1299. DOI : 10.3390/sym13071299
13. Gossard E. Waves in the atmosphere / Per. with English – Moscow: Mir, 1978. 520 p.
14. Vovk I.V., Grinchenko V.T. (2010). Sound born of a stream. Kyiv: *Scientific Opinion*, 221 p.
15. Vovchuk, T. S., Wilk-Jakubowski, J.L., Telelim, V. M., Shevchenko, O. S., Tregub, N. S. (2021). Investigation of the use of the acoustic effect in extinguishing fires of oil and petroleum products. *SOCAR Proceedings*, Special Issue No.2 (2021), P. 24-31. URL : <http://dx.doi.org/10.5510/OGP2021SI200602>