



УДК 625.7/.8

EXPERIMENTAL STUDY OF THE ACOUSTIC FIELD IN LABORATORY CONDITIONS**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АКУСТИЧНОГО ПОЛЯ В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ****Talakh L.O. / Талах Л.О.***c.t.s., as. prof./ к.т.н., доц.*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4643-5582>**Rotko S.V. / Ротко С.В.***c.t.s., as. prof./ к.т.н., доц.*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1860-7890>*Lutsk National Technical University, Lutsk, Lvivska, 75, 43018**Луцький національний технічний університет, Луцьк, Львівська, 75, 43018*

Анотація. Однією із важливих транспортних екологічних проблем є питання зниження шуму на територіях населених пунктів та в місцях постійного перебування людей. Надмірні рівні шуму за своїм негативним впливом стоять поруч із забрудненням атмосфери та води.

Для визначення акустичних характеристик шумозахисних екранів були проведені експериментальні дослідження в лабораторних умовах. Були відтворені умови наближені до ідеальних та умови фоновому шуму, погодних умов, що відповідали умовам на ділянці руху транспортних засобів.

Метою експерименту було дослідження ефективності шумозахисних екранів при використанні їх для зменшення рівнів шуму потоків транспорту.

Ключові слова: шумозахисний екран, транспортні засоби, селитебна територія, частота звуку, кут нахилу екрана, відстань

Вступ.

Однією із важливих транспортних екологічних проблем є питання зниження шуму на територіях населених пунктів та в місцях постійного перебування людей. Надмірні рівні шуму за своїм негативним впливом стоять поруч із забрудненням атмосфери та води.

Транспортні магістралі є одними з найбільших джерел надмірного шуму, особливо на селительних територіях, розташованих уздовж них. Щорічне зростання інтенсивності транспортних засобів приводить до збільшення рівнів звуку. Численні вимірювання рівнів шуму, створюваних транспортним потоком сягають значень 90–95 дБА, що на 30–35 дБА більше допустимих значень для селительної території встановленими нормативними документами [1, 2] в денний час доби. Це в свою чергу призводить до проблем зі здоров'ям проживаючого на таких територіях населення. Аналіз досліджень [3–5] показав, що постійне знаходження людей в зонах з надмірним шумом призводить до швидкої втомлюваності, сонливості, збільшення вірогідності виникнення серцево-судинних захворювань, порушення системи обміну речовин.

Одним із шляхів вирішення цієї проблематики є застосування на автомагістралях шумозахисних екранів, які вже набули широке застосування в країнах Європи, Америки, Азії та все частіше починають застосовуватися в Україні. За конструкцією їх виконують у вигляді порівняно суцільних тонких



стінок, які встановлюються вздовж автошляхів, та які зменшують рівні шуму на житловій території.

Дослідження конструктивних параметрів екрану, його впливу на поширення джерела звуку та зони, які захищаються від впливу шуму розпочалося з 50-х років 20-го століття. До недавнього часу в Україні, не зважаючи на діючий нормативний документ [1, 2], що прямо вказував на необхідність застосування шумозахисних екранів, їх спорудження відбувалось у дуже малій та недостатній кількості. Тому якісне оцінювання ефективності екранів шумозахисту в залежності від конструктивних його параметрів, а також збільшення його ефективності в цілому, на цей день є вкрай актуальною та важливою.

Основний текст.

Для визначення акустичних характеристик шумозахисних екранів були проведені експериментальні дослідження в лабораторних умовах, були відтворені умови наближені до ідеальних та умови фоновому шуму, погодних умов, що відповідали умовам на ділянці руху.

Метою експерименту було дослідження ефективності шумозахисних екранів при використанні їх для зменшення рівнів шуму потоків транспорту.

Змінними параметрами екранів була їх висота та геометричне розташування точок вимірювання. Експеримент проводився в умовах вільного звукового поля в звукозаглушеній камері.

Моделлю потоку транспорту була лінійна група 24 розташованих попарно гучномовців (під кутом 30°) на відстані 30 см один від одного. Довжина транспортного потоку складала 3,5 м. Акустичний центр джерела звуку був розміщений від поверхні на відстані 10 см. Це моделювало проїзну частину, зроблену з гіпсокартонних листів (ГКЛ) товщиною 12,5 мм. До шумозахисного екрана відстань становила 1,0 м (рисунок 1).



Рисунок 1 – Модель стенда для експерименту

Для усунення поширення звуку через листи, на них були розміщені звукопоглинальні шари товщиною 600 мм із базальтових матів. Поверх ГКЛ були укладені тонкі базальтові мати товщиною до 10 мм для усунення дзеркального відбиття від листів ГКЛ звуку.

Моделлю самих екранів теж стали ГКЛ, встановлені перпендикулярно до



умовного полотна проїзної частини. Довжини створеної з екрана та полотна проїзної частини становили по 3,75 м. Таким чином модель була розроблена в масштабі 1:10. Висота моделі шумозахисного екрана: 0,3; 0,5; 0,7 м та без екрана.

Вимірювання проводилися на таких частотах – третиннооктавний ряд частот згідно [6] з 250 Гц до 6300 Гц.

Точки вимірювання були розташовані за шумозахисним екраном на відстанях по горизонталі (13 точок) від 0,1 до 3,5 м від екрана та по вертикалі (5 точок) від 0,15 до 1,0 м від рівня дорожнього полотна. В цілому для кожної висоти макету екрана та смуги частот проводилося вимірювання в 65 точках.

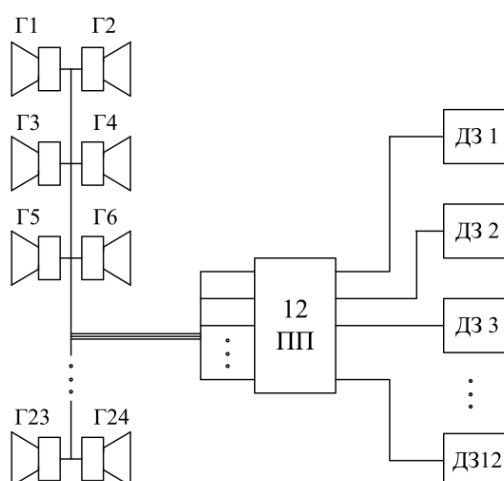


Рисунок 2 – Тракт випромінювання звукового сигналу

Тракт випромінювання сигналу (рисунок 2) складався з некогерентних цифрових джерел шуму (ДЗ1 – ДЗ12); підсилювача потужності 12-канального (12ПП); звукових випромінювачів (гучномовці ГДШ-1, Г1 – Г24).

Тракт прийому (рисунок 3) складався з двох мікрофонів МК-1 та МК-2; мікрофонного двоканального підсилювача (МП); двоканальної зовнішньої звукової карти (ЗК).

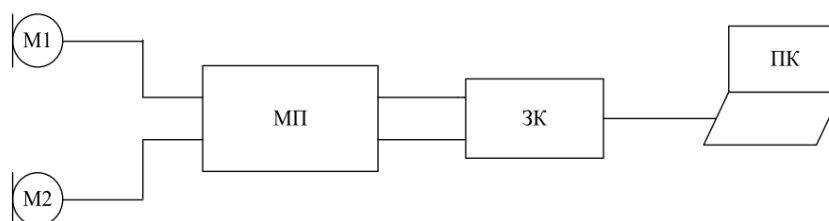


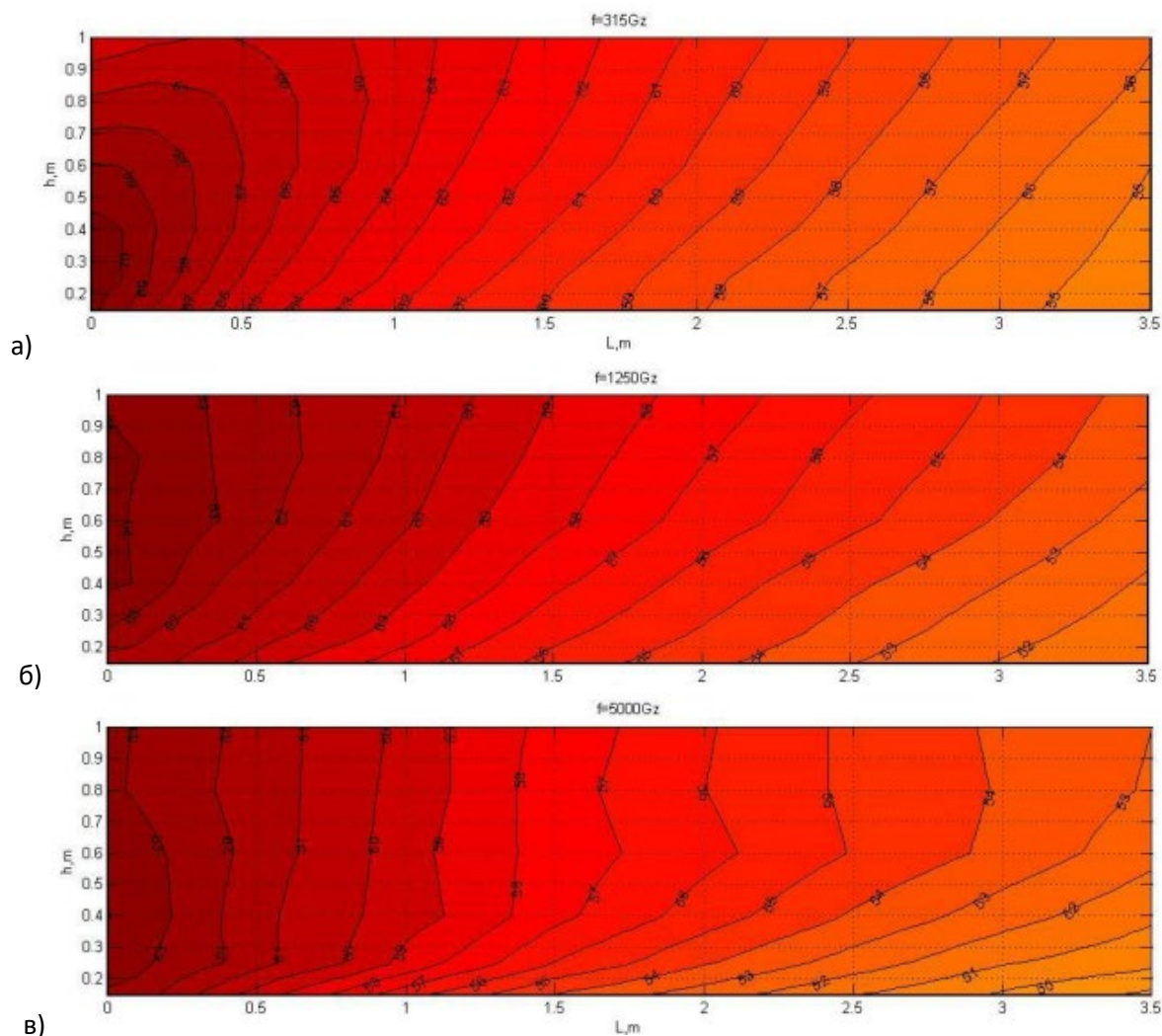
Рисунок 3 – Тракт прийому звукового сигналу

Процедура вимірювань проводилася наступним чином. На гучномовці вмикався білий некогерентний шум з частотою в діапазоні вимірювання 3 дБ. Один із мікрофонів знаходився на висоті 2 м від поверхні проїзної частини посередині в площині екрана. Цим мікрофоном контролювався випромінюваним джерелом рівень звуку. Другий мікрофон розташовувався послідовно в вимірювальних точках. Час запису сигналу складав 30 с. Потім сигнали розділялися на 15 рівних частин по 2 с кожен.



Вимірювання акустичного поля за екраном проводилося в 15-ти третиннооктавних смугах частот. Межа результатів повторюваності для частот до 800 Гц становила 1,5 дБ. Для достовірності результатів, вимірювання проводилося в частотах 315 Гц, 1250 Гц та 5000 Гц, що в натурних умовах рівне 31,5 Гц, 125 Гц та 500 Гц відповідно.

Область шумозахисту (за екраном) без застосування екрану з відповідними рівнями звуку відображено на рисунку 4.



**Рисунок 4 – Акустичне поле без екрану в зоні шумозахисту для частот:
а – 315 Гц; б – 1250 Гц; в – 5000 Гц**

Ефективності для екранів висотою екрана 0,3; 0,5 та 0,7 м наведено на рисунках 5-7.

Порівнюючи відображені на рисунках 5-7 ефективності встановлено, що ефективність екрану зростає зі збільшенням його висоти.

Проведемо аналіз отриманих звукових полів та порівняємо ефективності акустично поглинальних та жорстких шумозахисних екранів (рисунок 8). Порівняння даних рисунків дає можливість зрозуміти, застосування поглинального екрана практично не впливає на поле між джерелом шуму та екраном, оскільки відбита від екрану звукова хвиля не спостерігається.

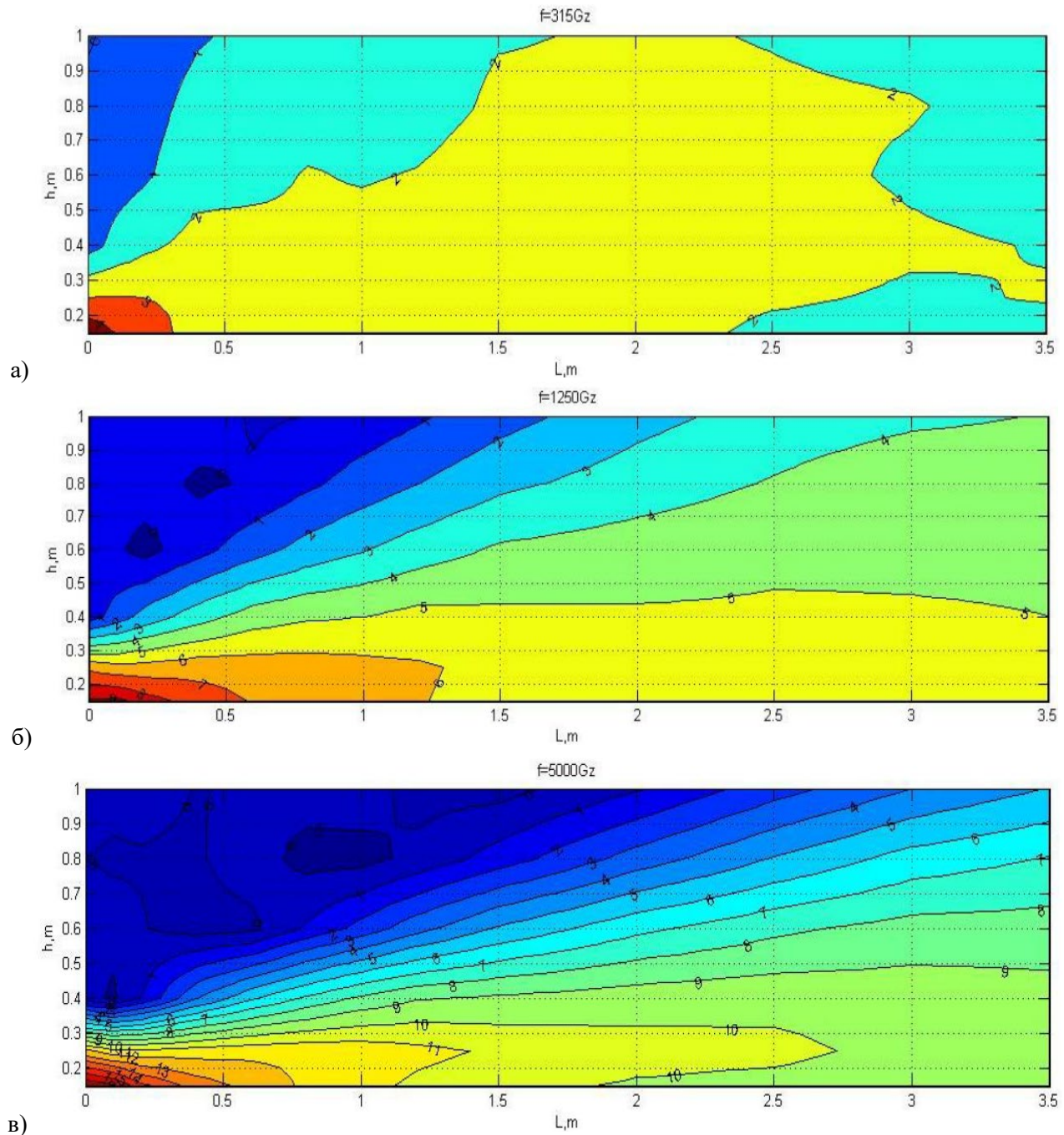
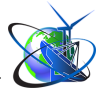


Рисунок 5 – Ефективність екрану висотою 0,3 м для частот: а – 315 Гц; б – 1250 Гц; в – 5000 Гц

Визначимо ефективність екранів залежно від частоти звуку, висоти, кута нахилу екрану, відстані до джерела звуку.

На рисунку 9 відображено ефективності екранів на частоті 125 Гц. Акустичне поле при кутах до 90° перед екраном залишається практично незмінним, при цьому ефективність коливається близько 0 дБ.

При незначних кутах тіні від 90° до 150° ефективність акустично звукопоглинального та жорсткого екранів на великих відстанях ($R=25$ м) практично співпадають. Різниця в ефективності при збільшенні кута тіні двох екранів поступово збільшується до 4 дБ. При цьому збільшення за рахунок звукопоглинання ефективність більш помітна для високих екранів (5 та 7 м) 4 дБ, ніж для низьких – 2,5 дБ.

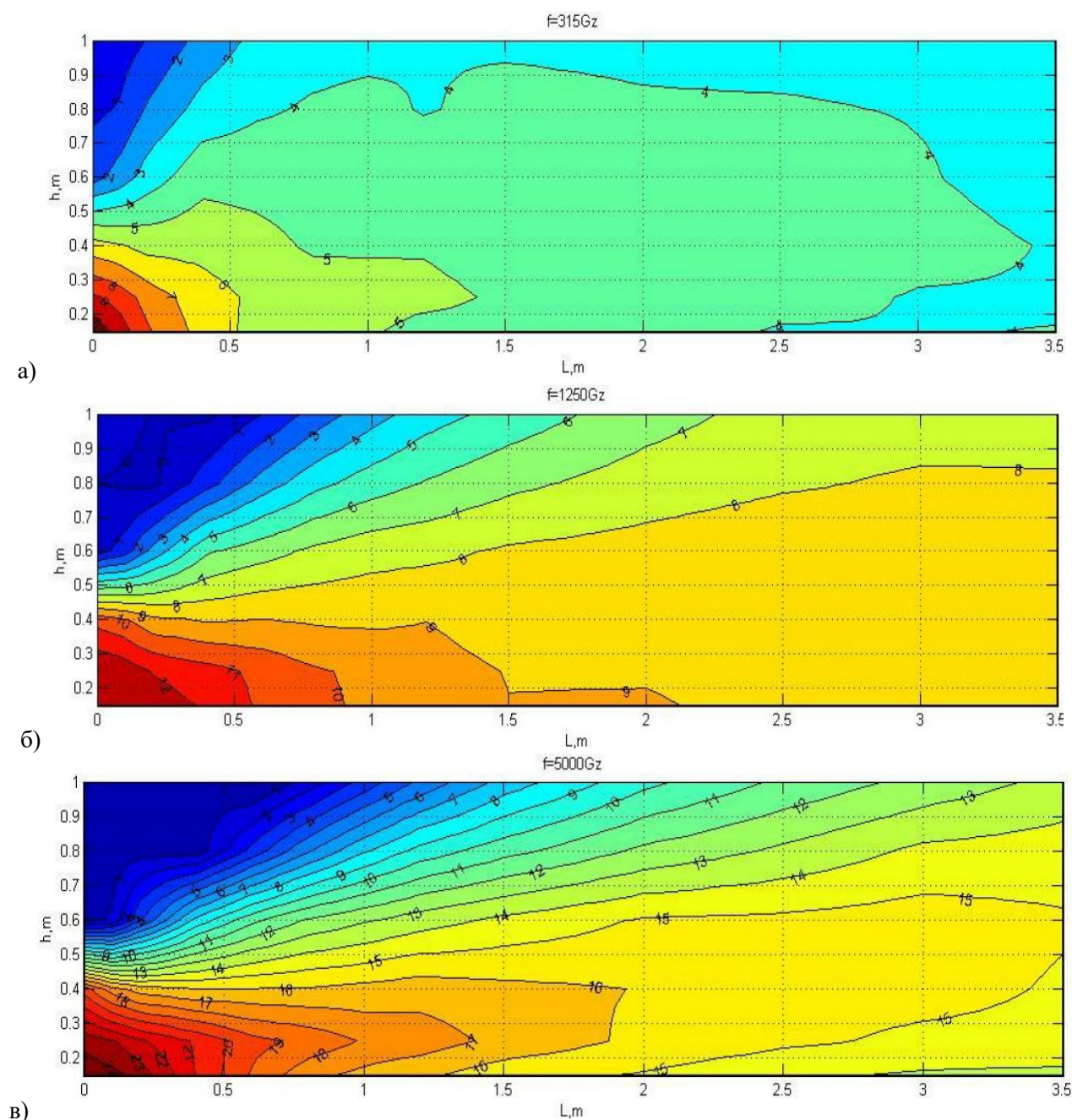
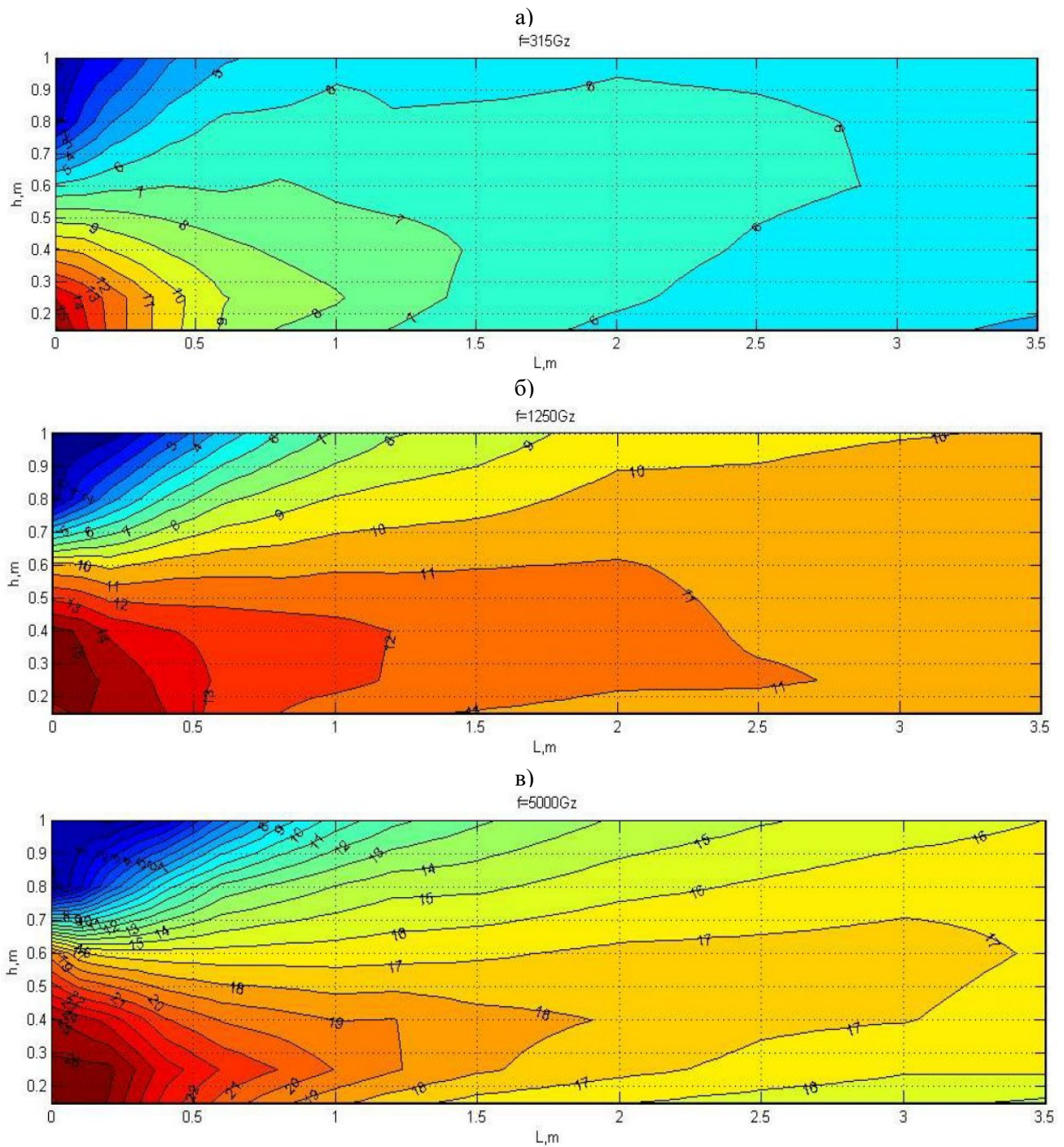


Рисунок 6 – Ефективність екрану висотою 0,5 м для частот: а – 315 Гц; б – 1250 Гц; в – 5000 Гц

Аналізуючи розрахунки (рисунок 10) бачимо, що наявність звукопоглинального екрану впливає на поле перед ним не більше, ніж 2 дБ для будь-якої відстані від 5 м до 20 м від джерела звуку до екрана.

Подібно до жорсткого екрана, при зменшенні відстані від джерела звуку до екрана, його ефективність підвищується. Так, при зменшенні відстані між екраном та джерелом звуку від 10 м до 5 м ефективність звукопоглинального екрана збільшується на 5 дБ для близьких до екрану точок, і до 4 дБ для точок на відстані 25 м від екрана. Одночасно для жорсткого екрана збільшення його ефективності при зменшенні відстані дорівнює 3 дБ та 2,5 дБ відповідно.



**Рисунок 7 – Ефективність екрану висотою 0,7 м для частот:
а – 315 Гц; б – 1250 Гц; в – 5000 Гц**

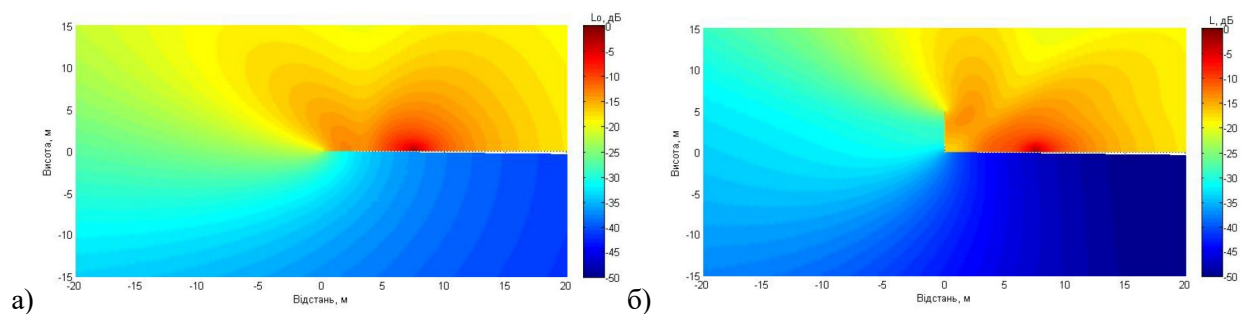


Рисунок 8 – Акустичне поле що знаходиться над акустично жорсткою півплощиною, від лінійного джерела звуку: а) - без екрану; б) – з екраном звукопоглинальним висотою 5 м

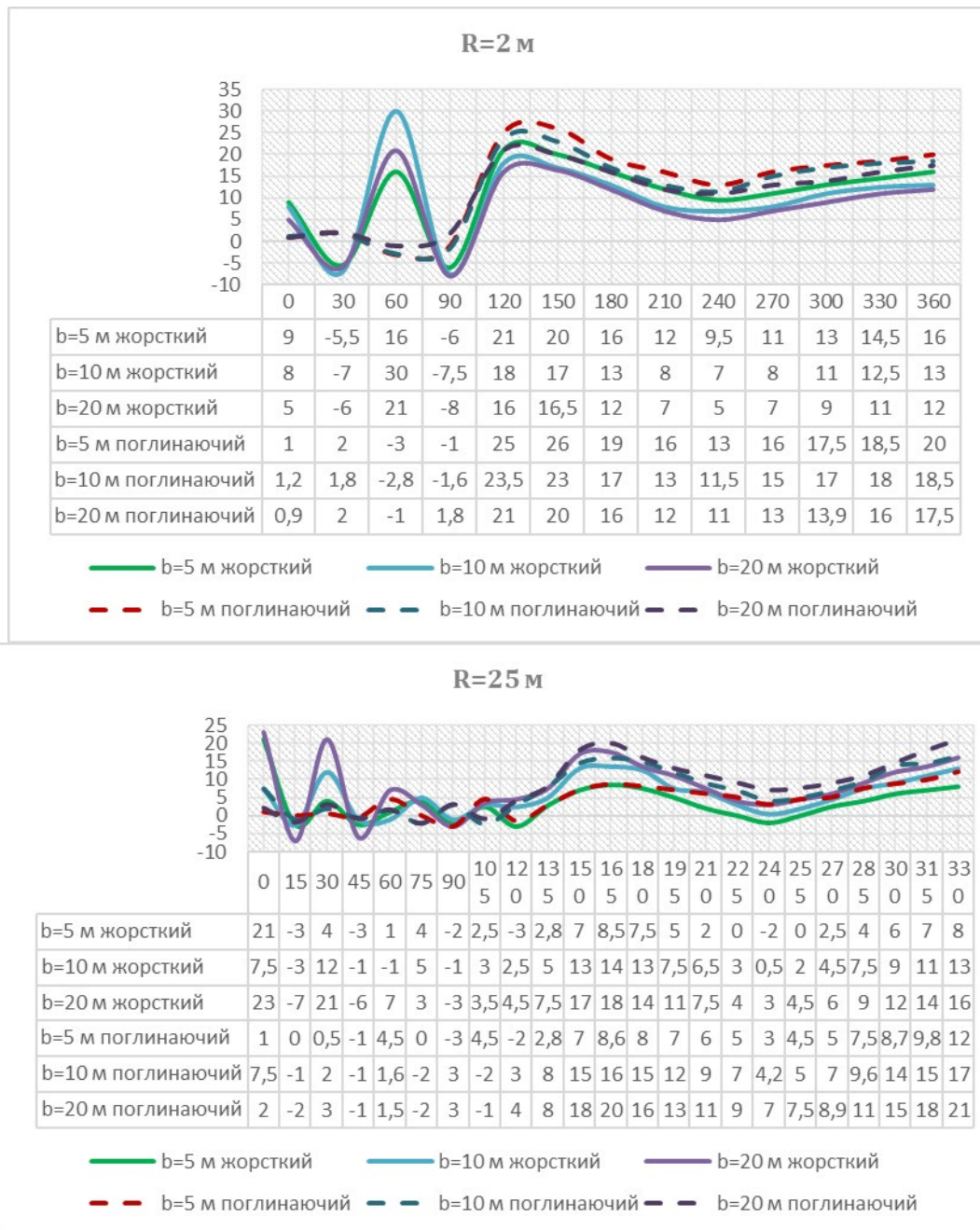


Рисунок 9 – Ефективність екранів в залежності від висоти на відстанях (R) від основи 2 та 25 м

На рисунку 11 наведено вплив частоти звуку на ефективність жорсткого та шумопоглинального екрана на різних відстанях до об'єктів шуму.

Як видно, для обох видів екранів з підвищенням частоти його ефективність збільшується. На малих відстанях (R=2 м) від екрана ефективність звукопоглинального екрана близько на 3 дБ вища від акустично жорсткого на всіх частотах.

При збільшенні відстані (R=25 м) від екрана спостерігається вплив частоти на зростання ефективності за рахунок поглинання звуку.

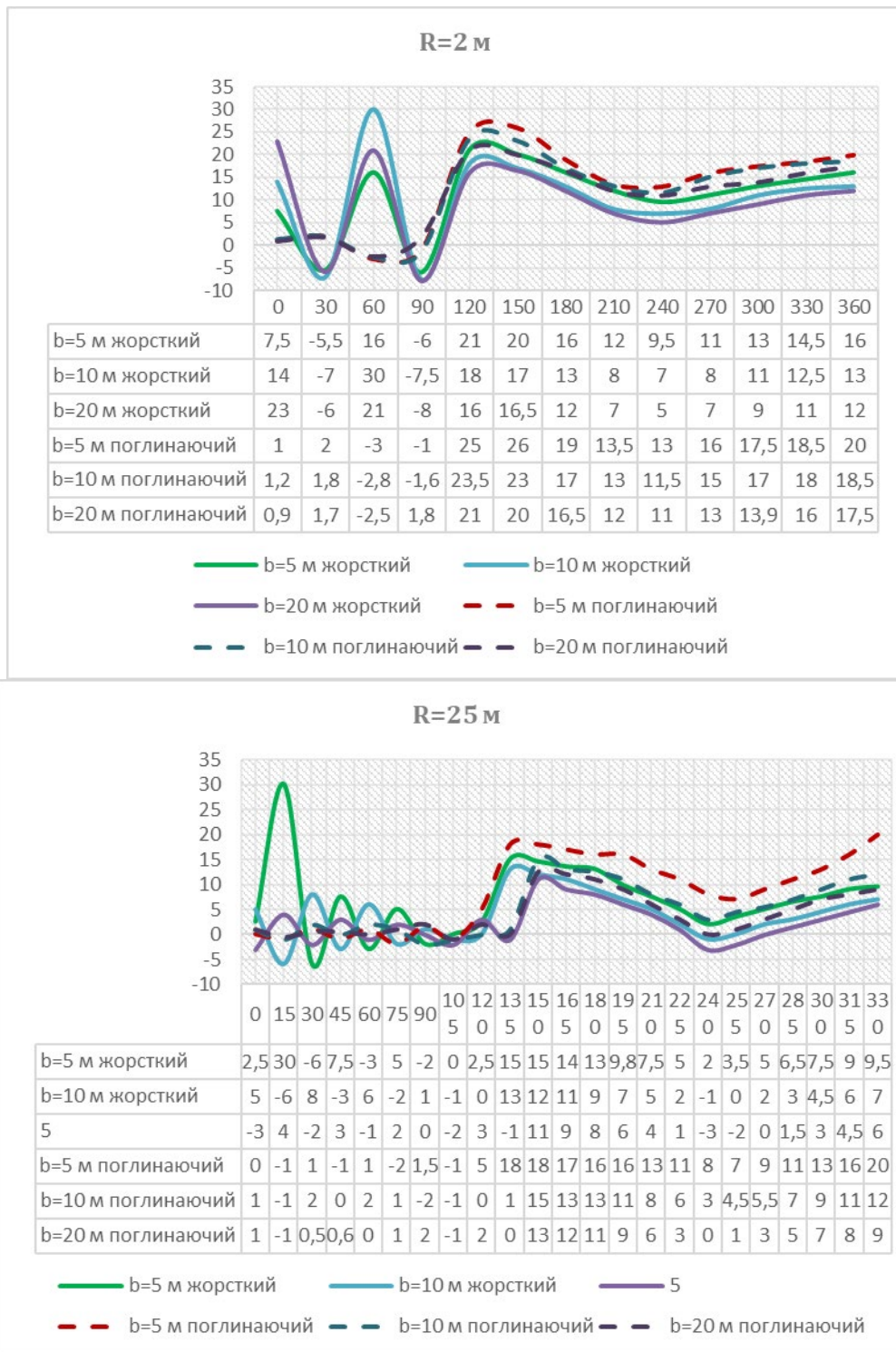


Рисунок 10 – Ефективність екранів в залежності від відстані до джерела звуку

Відповідно на низьких частотах (40 Гц) підвищення ефективності за рахунок поглинання звуку проявляється вже при куті 120°, на високих частотах (400 Гц), вплив поглинання звуку відбувається лише при досягненні максимальних значень ефективності при куті 170°. При цьому найвищий показник приросту ефективності екрана за рахунок поглинання звуку не залежить від частоти і становить при умовах наближених до реальних на автодорозі М-06 Київ – Чоп 3 дБ незалежно від відстані до екрана.

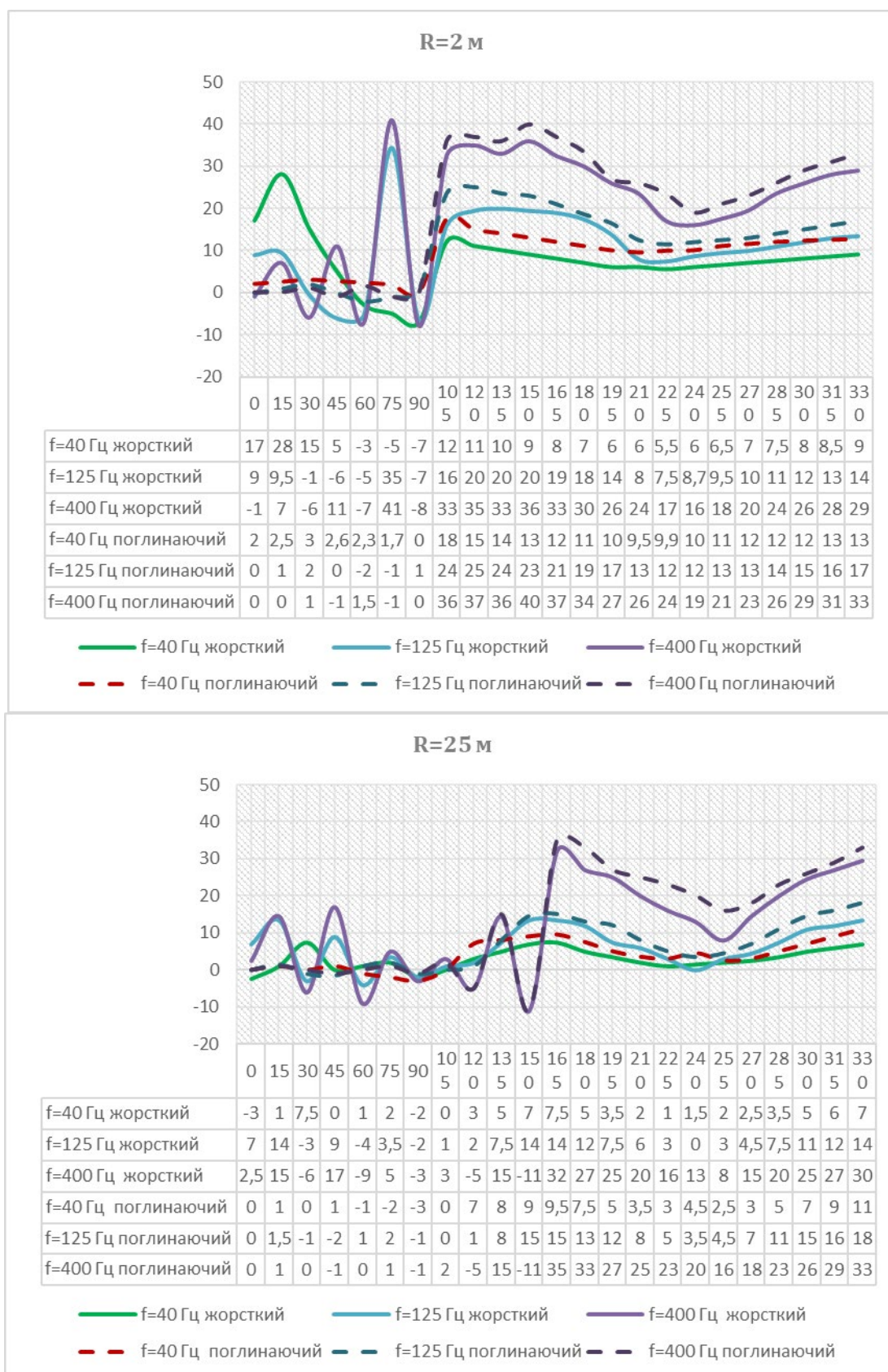


Рисунок 11 – Ефективність екранів в залежності від частоти на відстанях (R) від основи 2 та 25 м

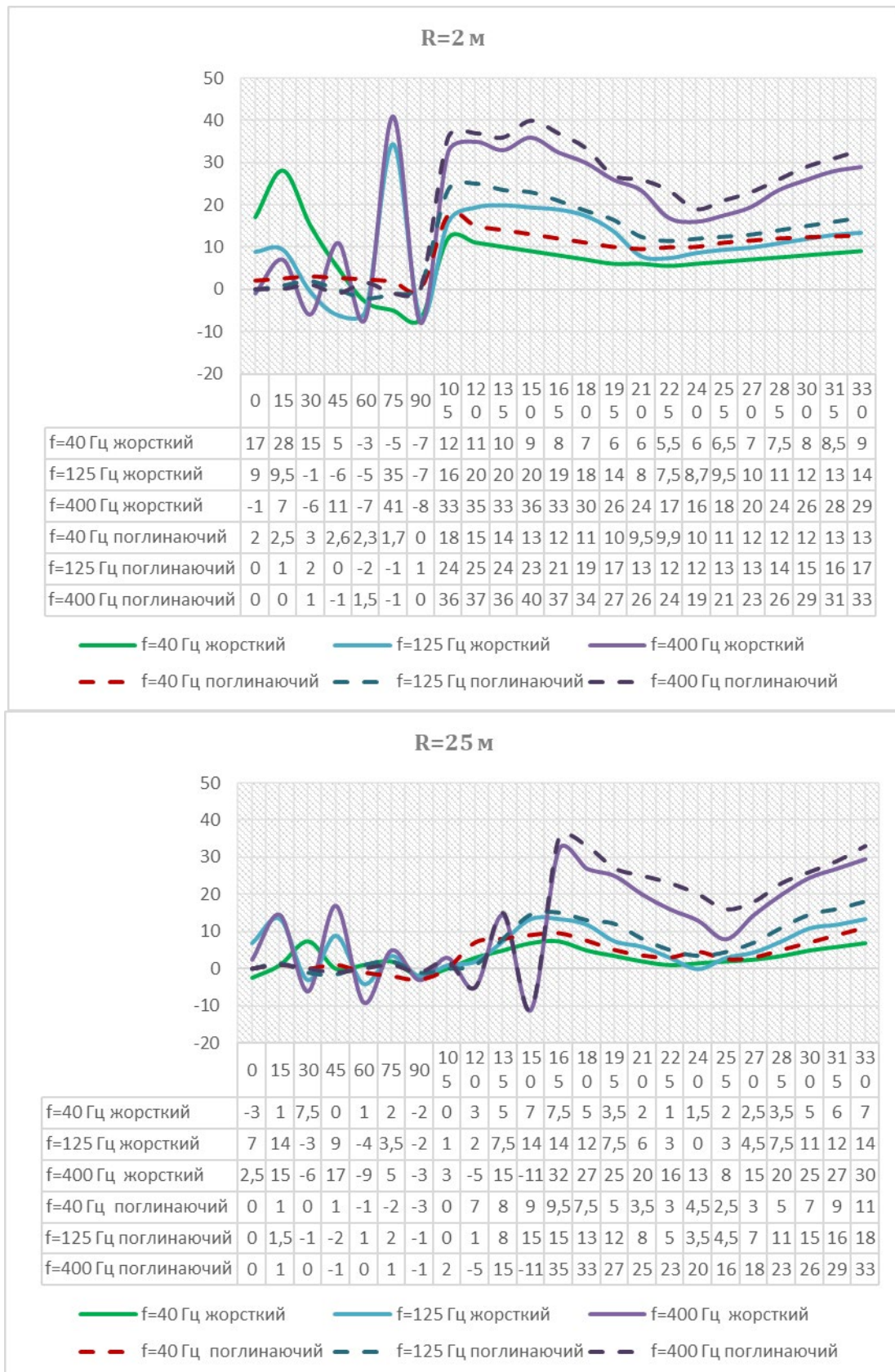
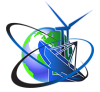


Рисунок 12 – Ефективність екранів в залежності від частоти на відстанях (R) від основи 2 та 25 м

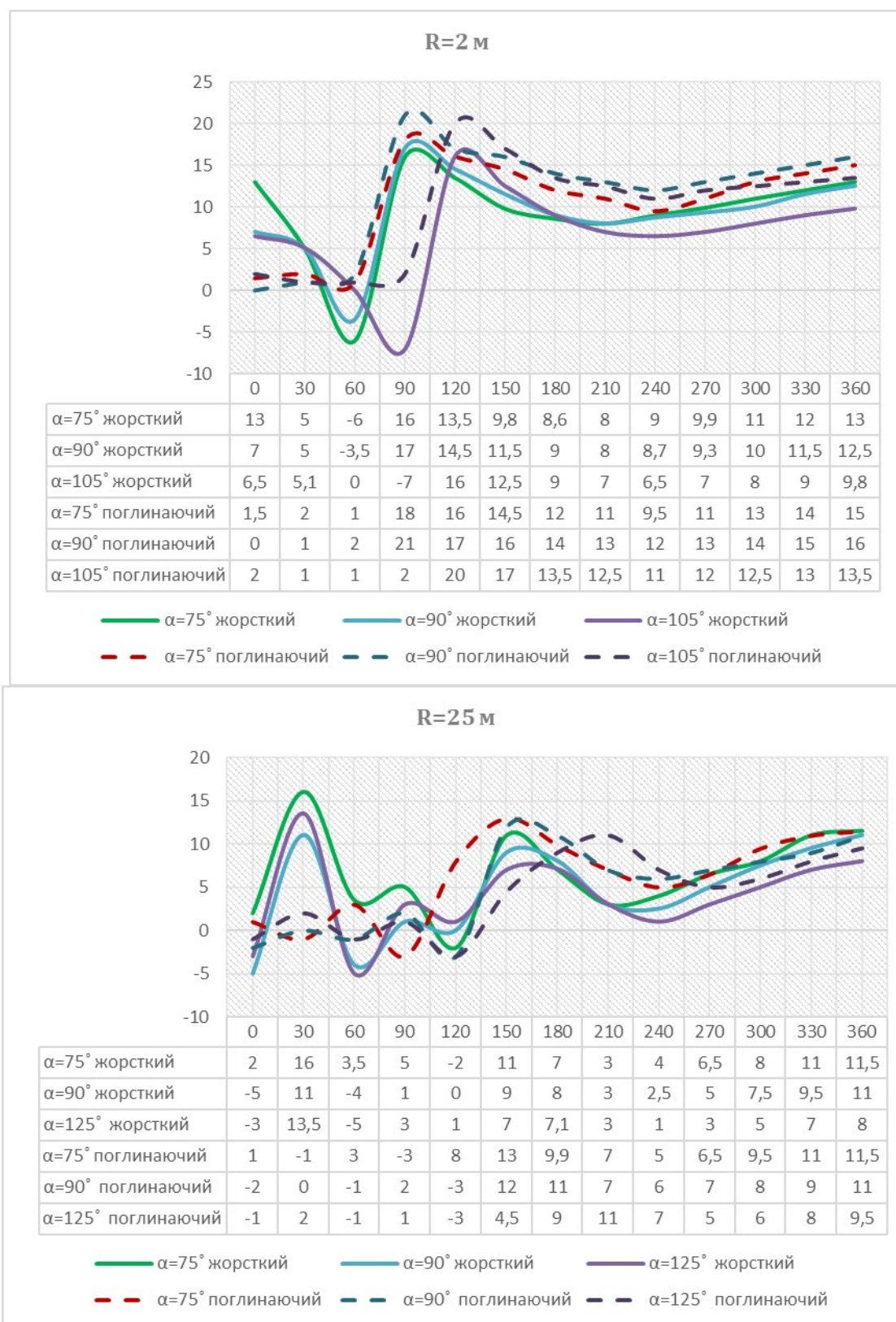


Рисунок 13 – Ефективність екранів в залежності від кута нахилу на відстанях (R) від основи 2 та 25 м

Вплив величини кута нахилу екрана (рисунок 12) на його ефективність для малих (менших за його висоту) відстаней від екрана подібна до ефективності жорсткого акустичного екрана. Для кутів від 90° до 165° при віддалені від



екрана, нахиленого в бік джерела звуку, його ефективність є більшою за ефективність екрана вертикального, а ефективність для кутів від 190° до 210° нахиленого в бік території шумозахисного є більшою, ніж для вертикального екрана.

Тобто, вплив поглинання звуку на ефективність екрана зі збільшенням кута спостереження зростає для кутів близьких до 360° та збільшується до 4 дБ у порівнянні із акустично жорстким екраном.

Висновки.

1. Напрямок найвищої ефективності екрана лежить в межах кутів від 150° до 210° та суттєво залежить від кута нахилу екрана, частоти звуку, та відстані між екраном та джерелом звуку і практично не залежить від висоти екрана;

2. Напрямок найнижчої ефективності екрана (межах кутів 210° – 270°) суттєво залежить від кута нахилу екрана та частоти звуку і практично не залежить від відстані між джерелом звуку екраном та його висоти;

3. Ефективність екрана зростає при збільшенні його частоти і висоти та зменшенні відстані між джерелом звуку та екраном. Для більшості напрямків ефективність екрана зростає при нахиленні екрана (в межах 15° – 20°) в бік джерела звуку. Проте за екраном є такі точки, де ефективність вертикального чи нахиленого від джерела звуку екрана може бути більшою. Тобто кут нахилу екрана є таким конструктивним значенням, змінюючи яке досягається зростання ефективності екрана без підвищення його висоти;

4. Зміна кута нахилу за екраном жорсткої півплощини відчутно впливає на конфігурацію поля ефективності. Малі кути нахилу дають інтерференційну картину, що обумовлена відбитим від жорсткої площини за екраном звуком та дифрагмованим звуком крізь верхню кромку цього екрана.

5. Ефективність звукопоглинального екрана на 2–5 дБ більша, ніж жорсткого. Підвищення за рахунок звукопоглинання ефективності екрана проявляється найбільше біля розташованих якомога ближче до екрана точок та для великих кутів звукової тіні.

Література

1. ГБН В.2.3-37641918-556:2015 Автомобільні дороги. Споруди шумозахисні. Вимоги до проектування.

2. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій.

3. Трохименко М.П. Вплив параметрів шумозахисного екрана на його ефективність / М.П. Трохименко, В.П. Заєць // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – Випуск 36. – 2010. – С. 71–76.

4. Заєць В.П. Зниження шуму шумозахисними екранами / В.П. Заєць // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – №6/10(60). – С.25–33.

5. Monazzam M. R. On the application of partial barriers for spinning machine noise control: a theoretical and experimental approach / M. R. Monazzam, A. Nezafat // Iranian J. of Environ. Health Sci. & Eng. — 2007. — Vol. 4, № 2. — P. 113 – 120.

6. ДСТУ EN ISO 11201:2016 Акустика. Шум, утворюваний машинами та



устаткуванням. Визначення рівнів звукового тиску випромінення на робочому місці та в інших визначених місцях у практично вільному полі над звуковідбивальною площиною без урахування поправок на середовище (EN ISO 11201:2010, IDT; ISO 11201:2010, IDT).

Abstract. *One of the important transport environmental problems is the issue of noise reduction in populated areas and places where people are constantly staying. Excessive noise levels are on a par with air and water pollution in terms of their negative impact.*

To determine the acoustic characteristics of noise barriers, experimental studies were conducted in laboratory conditions. Conditions close to ideal, including background noise and weather conditions that corresponded to those in the area where vehicles travel, were recreated.

The aim of the experiment was to investigate the effectiveness of noise barriers when used to reduce traffic noise levels.

Keywords: *noise protection screen, vehicles, residential area, sound frequency, screen angle, distance.*

Статтю надіслано: 27.12.2024 р.

© Талах Л.О.