



УДК 625.7/.8

## EXPERIMENTAL STUDY OF THE ACOUSTIC FIELD ON A HIGHWAY ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АКУСТИЧНОГО ПОЛЯ НА МАГІСТРАЛІ

Talakh L.O. / Талах Л.О.

c.t.s., as. prof./ к.т.н., доц.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4643-5582>

Lutsk National Technical University, Lutsk, Lvivska, 75, 43018

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Львівська, 75, 43018

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 на магістралі. Визначено ефективність екранів залежно від частоти звуку, висоти, кута нахилу екрана, відстані до джерела звуку.

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 [3–6] 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.**

На автомагістралях в Україні для влаштування шумозахисних екранів жорсткого та поглинаючого типів використовують шумозахисні панелі, як вітчизняного так і закордонного виробництва.

Для визначення акустичних характеристик шумозахисних екранів були проведені експериментальні дослідження на ділянці автомагістралі М-07 Київ – Ковель – Ягодин. Реальні умови дали можливість перевірити доцільність встановлення захисних екранів неподалік від забудов населених пунктів. Для експериментальних досліджень були використані тимчасово встановлені шумозахисні екрани, виготовлені із панелей фірм ТОВ «АТ Механіка» та ТОВ «ПАСС+КО ЮА», які зображені на рисунку 1.

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

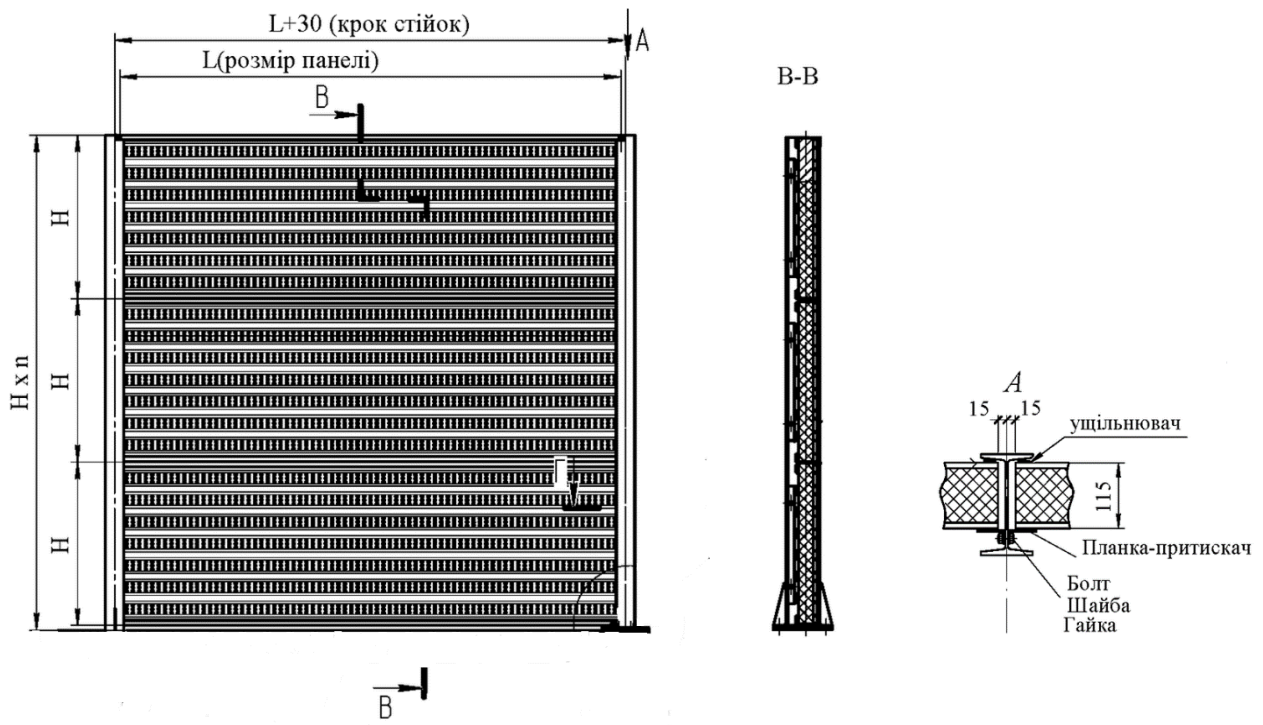
Визначимо ефективність екранів залежно від частоти звуку, висоти, кута нахилу екрана, відстані до джерела звуку.

У таблиці 1 і на рисунку 2 відображено ефективності екранів на частоті 125 Гц та відстані 2 м від основи. Акустичне поле при кутах до 90° перед екраном залишається практично незмінним, при цьому ефективність коливається близько 0 дБ.

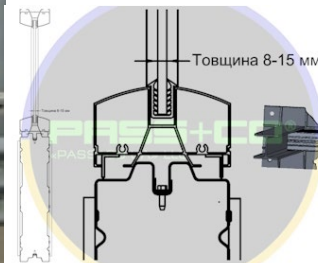
У таблиці 2 і на рисунку 3 відображено ефективності екранів на частоті 125 Гц та відстані 25 м від основи.

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.

Аналізуючи розрахунки бачимо, що наявність звукопоглинального екрана 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.



a)



б)

**Рисунок 1 – Загальний вид шумопоглинаючої (а) та жорсткої (б) панелей [7, 8]**

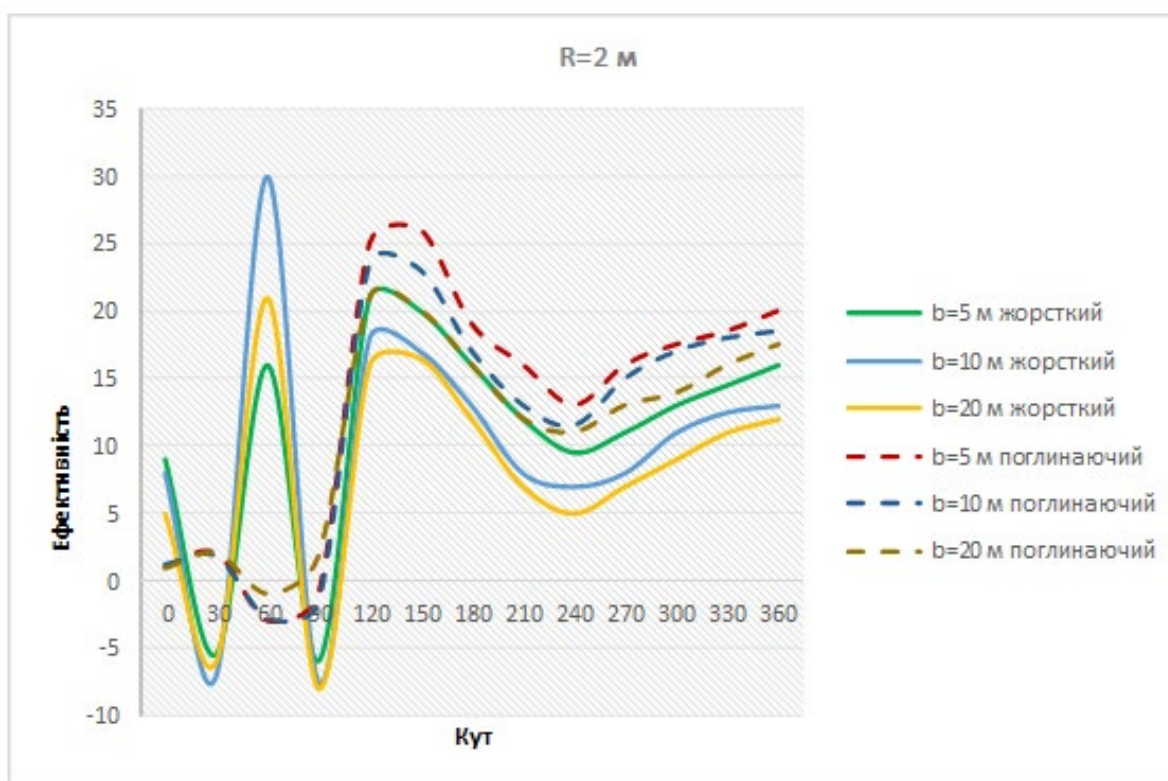
Подібно до жорсткого екрана, при зменшенні відстані від джерела звуку до екрана, його ефективність підвищується. Так, при зменшенні відстані між екраном та джерелом звуку від 10 м до 5 м ефективність звукопоглинального екрана збільшується на 5 дБ для близьких до екрану точок, і до 4 дБ для точок на відстані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

У таблиці 3 і на рисунку 4 відображено ефективності екранів в залежності від відстані до джерела звуку на відстанях (R) від основи 2 м.

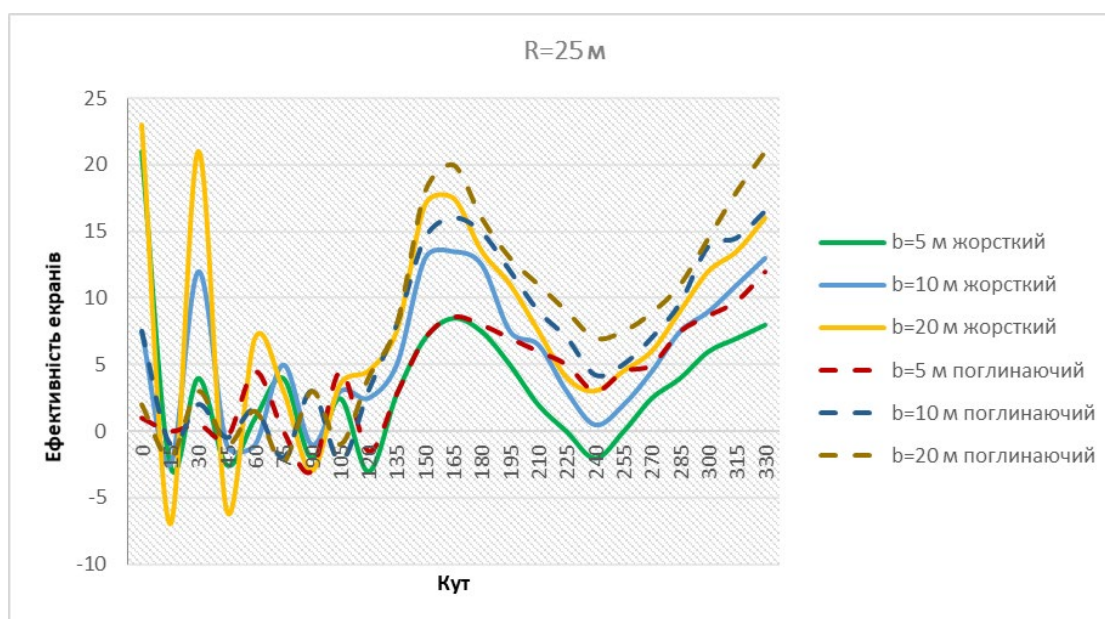


**Таблиця 1 – Результати ефективності екранів в залежності від висоти на відстанях (R) від основи 2 м**

Кут	Відстань/тип екрану					
	b=5 м жорсткий	b=10 м жорсткий	b=20 м жорсткий	b=5 м поглинаючий	b=10 м поглинаючий	b=20 м поглинаючий
0	9	8	5	1	1,2	0,9
30	-5,5	-7	-6	2	1,8	2
60	16	30	21	-3	-2,8	-1
90	-6	-7,5	-8	-1	-1,6	1,8
120	21	18	16	25	23,5	21
150	20	17	16,5	26	23	20
180	16	13	12	19	17	16
210	12	8	7	16	13	12
240	9,5	7	5	13	11,5	11
270	11	8	7	16	15	13
300	13	11	9	17,5	17	13,9
330	14,5	12,5	11	18,5	18	16
360	16	13	12	20	18,5	17,5



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



**Рисунок 3 – Ефективність екранів в залежності від висоти на відстанях (R) від основи 25 м**

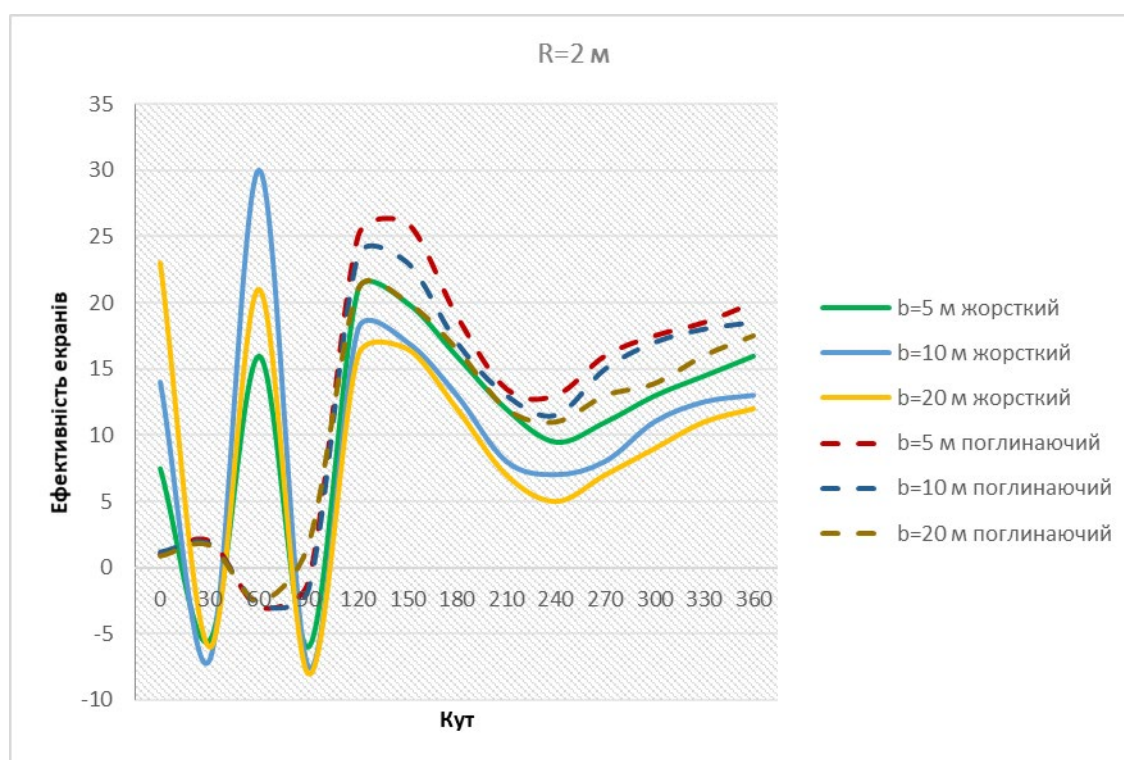
**Таблиця 2 – Результати ефективності екранів в залежності від висоти на відстанях (R) від основи 25 м**

Кут	Відстань/тип екрану					
	b=5 м жорсткий	b=10 м жорсткий	b=20 м жорсткий	b=5 м поглинаючий	b=10 м поглинаючий	b=20 м поглинаючий
0	21	7,5	23	1	7,5	2
15	-2,5	-2,5	-7	0	-1	-2
30	4	12	21	0,5	2	3
45	-2,5	-1	-6	-0,5	-0,5	-1
60	1	-1	7	4,5	1,6	1,5
75	4	5	3	0	-2	-2,3
90	-2	-1	-3	-3	3	3
105	2,5	3	3,5	4,5	-2,3	-1
120	-3	2,5	4,5	-1,5	3	4
135	2,8	5	7,5	2,8	8	8
150	7	13	17	7	14,5	18
165	8,5	13,5	17,5	8,6	16	20
180	7,5	12,5	13,5	8	14,9	16
195	5	7,5	11	7	12	13
210	2	6,5	7,5	6	9	11
225	0	3	4	5	7	9
240	-2	0,5	3	3	4,2	7
255	0	2	4,5	4,5	5	7,5
270	2,5	4,5	6	5	7	8,9
285	4	7,5	9	7,5	9,6	11
300	6	9	12	8,7	13,86	14,5
315	7	11	13,5	9,8	14,5	18
330	8	13	16	12	16,5	21



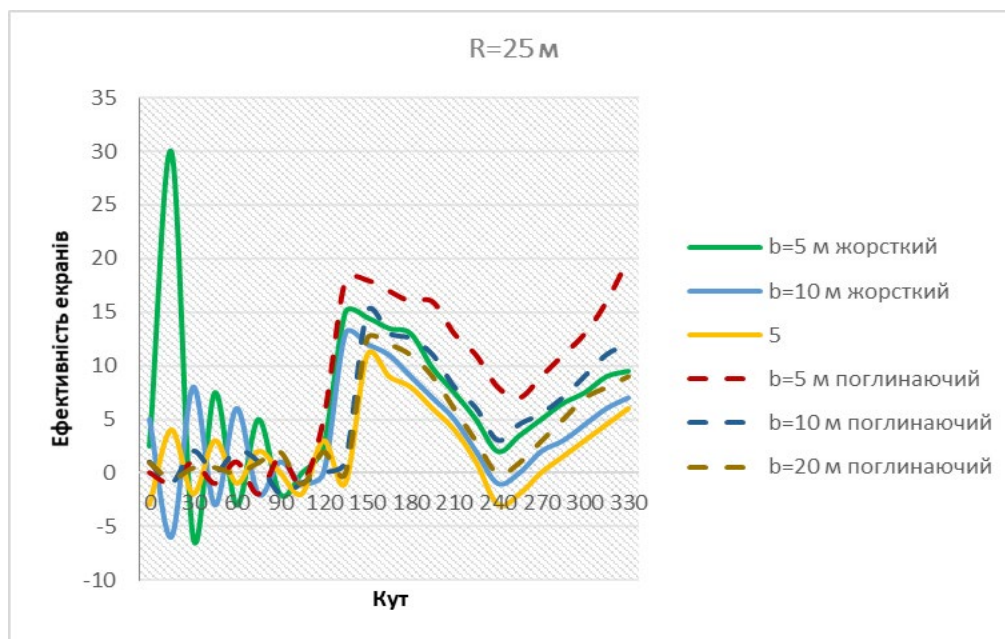
**Таблиця 3 – Результати ефективності екранів в залежності від відстані до джерела звуку на відстанях (R) від основи 2 м**

Кут	Відстань/тип екрану					
	b=5 м жорсткий	b=10 м жорсткий	b=20 м жорсткий	b=5 м поглинаючий	b=10 м поглинаючий	b=20 м поглинаючий
0	7,5	14	23	1	1,2	0,9
30	-5,5	-7	-6	2	1,8	1,7
60	16	30	21	-3	-2,8	-2,5
90	-6	-7,5	-8	-1	-1,6	1,8
120	21	18	16	25	23,5	21
150	20	17	16,5	26	23	20
180	16	13	12	19	17	16,5
210	12	8	7	13,5	13	12
240	9,5	7	5	13	11,5	11
270	11	8	7	16	15	13
300	13	11	9	17,5	17	13,9
330	14,5	12,5	11	18,5	18	16
360	16	13	12	20	18,5	17,5



**Рисунок 4 – Ефективність екранів в залежності від відстані до джерела звуку на відстанях (R) від основи 2 м**

У таблиці 4 і на рисунку 5 відображено ефективності екранів в залежності від відстані до джерела звуку на відстанях (R) від основи 25 м.



**Рисунок 5 – Ефективність екранів в залежності від відстані до джерела звуку на відстанях (R) від основи 25 м**

**Таблиця 4 – Результати ефективності екранів в залежності від відстані до джерела звуку на відстанях (R) від основи 25 м**

Кут	Відстань/тип екрану					
	b=5 м жорсткий	b=10 м жорсткий	b=20 м жорсткий	b=5 м поглинаючий	b=10 м поглинаючий	b=20 м поглинаючий
0	2,5	5	-3	0	1	1
15	30	-6	4	-1	-1	-0,5
30	-6	8	-2	1	2	0,5
45	7,5	-3	3	-1	0	0,55
60	-3	6	-1	1	2	0
75	5	-2	2	-2	1	1
90	-2	1	0	1,5	-2	2
105	0	-1	-2	-1	-1	-1
120	2,5	0	3	5	0	2
135	15	13	-1	18	1	0
150	14,5	12	11	18	15	12,5
165	13,5	11	9	17	13	12
180	13	9	8	16	12,5	11
195	9,8	7	6	16	11	9
210	7,5	5	4	13	8	6
225	5	2	1	11	6	3
240	2	-1	-3	8	3	0
255	3,5	0	-2	7	4,5	1
270	5	2	0	9	5,5	3
285	6,5	3	1,5	11	7	5
300	7,5	4,5	3	13	9	7
315	9	6	4,5	16	11	8
330	9,5	7	6	20	12	9



У таблиці 5 і на рисунку 6 наведено вплив частоти звуку на ефективність жорсткого та шумопоглинального екрана на відстанях (R) від основи 2 м, а у таблиці 6 і на рисунку 7 на відстанях (R) від основи 25 м 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.

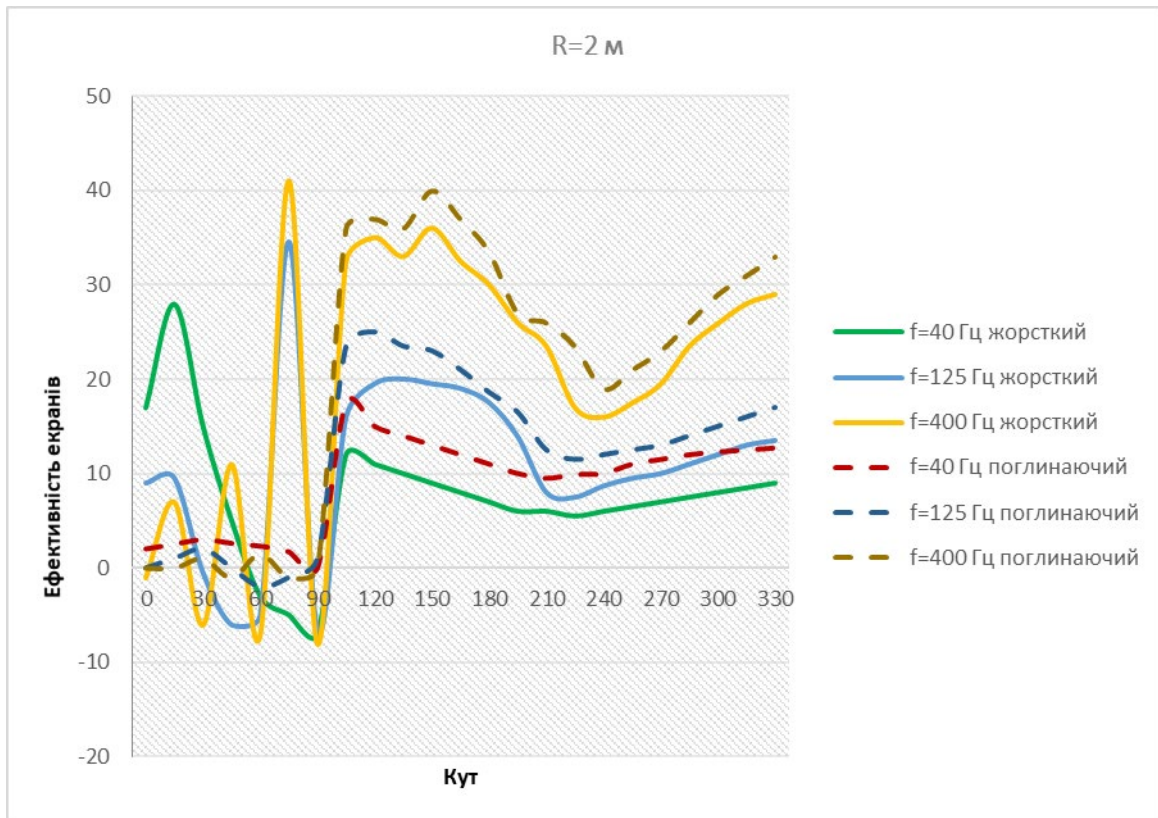
При збільшенні відстані (R=25 м) від екрана спостерігається вплив частоти на зростання ефективності за рахунок поглинання звуку.

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 на автодорозі М-07 Київ – Ковель – Ягодин 3 дБ незалежно від відстані до екрана.

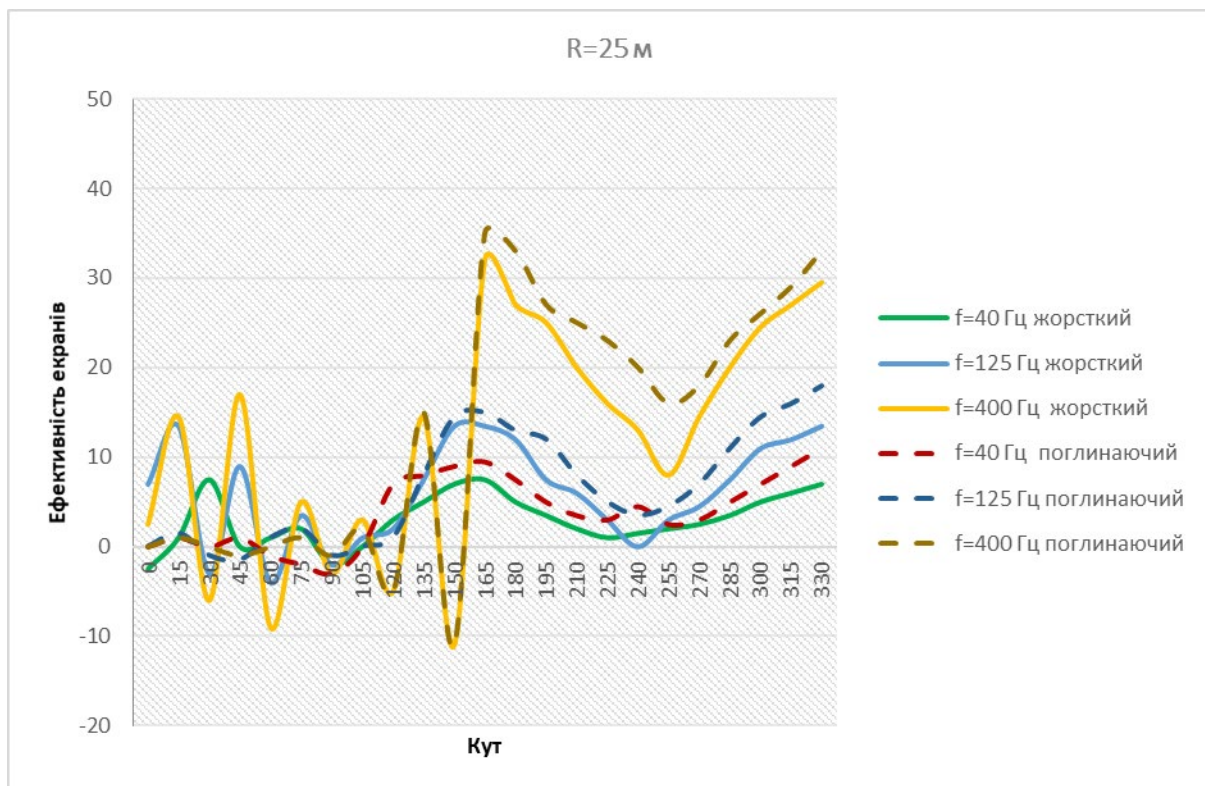
**Таблиця 5 – Результати ефективності екранів в залежності від частоти на відстанях (R) від основи 2 м**

Кут	Відстань/тип екрану					
	f=40 Гц жорсткий	f=125 Гц жорсткий	f=400 Гц жорсткий	f=40 Гц поглинаючий	f=125 Гц поглинаючий	f=400 Гц поглинаючий
0	17	9	-1	2	0	0
15	28	9,5	7	2,5	1	0
30	15	-0,5	-6	3	2	1
45	5	-6	11	2,6	0	-1
60	-3	-5	-7	2,3	-2	1,5
75	-5	34,5	41	1,7	-1	-1
90	-7	-6,5	-8	0	1	0
105	12	16	32,5	17,5	23,5	36
120	11	19,5	35	15	25	37
135	10	20	33	14	23,5	36
150	9	19,5	36	13	23	40
165	8	19	32,5	12	21	37
180	7	17,5	30	11	18,6	33,5
195	6	13,9	26	10	16,5	27
210	6	8	23,5	9,5	12,5	26
225	5,5	7,5	17	9,9	11,5	23,5
240	6	8,7	16	10	12	19
255	6,5	9,5	17,5	11	12,5	21
270	7	10	19,5	11,5	13	23
285	7,5	11	23,5	12	14	26
300	8	12	25,9	12,3	15	29
315	8,5	13	28	12,5	16	31
330	9	13,5	29	12,7	17	33





**Рисунок 6 – Ефективність екранів в залежності від частоти на відстанях (R) від основи 2 м**



**Рисунок 7 – Ефективність екранів в залежності від частоти на відстанях (R) від основи 25 м**



**Таблиця 6 – Результати ефективності екранів в залежності від частоти на відстанях (R) від основи 25 м**

Кут	Відстань/тип екрану					
	f=4 0 Гц жорсткий	f=1 25 Гц жорсткий	f=4 00 Гц жорсткий	f=40 Гц поглинаючий	f=125 Гц поглинаючий	f=400 Гц поглинаючий
0	-2,5	7	2,5	0	0	0
15	1	13,5	14,5	1	1,5	1
30	7,5	-3	-6	0	-1	0
45	0	9	17	1	-1,5	-1
60	1	-4	-9	-1	1	0
75	2	3,5	5	-2	2	1
90	-2	-2	-3	-3	-1	-1
105	0	1	3	0	0	2
120	3	2	-5	7	1	-5
135	5	7,5	14,5	8	8	15
150	7	13,5	-11	9	14,5	-11
165	7,5	13,5	32	9,5	15	35
180	5	12	27	7,5	13	33
195	3,5	7,5	25	5	12	27
210	2	6	20	3,5	8	25
225	1	3	16	3	5	23
240	1,5	0	13	4,5	3,5	20
255	2	3	8	2,5	4,5	16
270	2,5	4,5	14,5	3	7	18
285	3,5	7,5	20	5	11	23
300	5	11	24,5	7	14,5	26
315	6	12	27	9	16	29
330	7	13,5	29,5	11	18	33

У таблиці 7 і на рисунку 8 відображено ефективності екранів в залежності від кута нахилу на відстанях (R) від основи 2 м, на у таблиці 8 та рисунку 9 на відстані 25 м.

Вплив величини кута нахилу екрана на його ефективність для малих (менших за його висоту) відстаней від екрана подібна до ефективності жорсткого акустичного екрана.

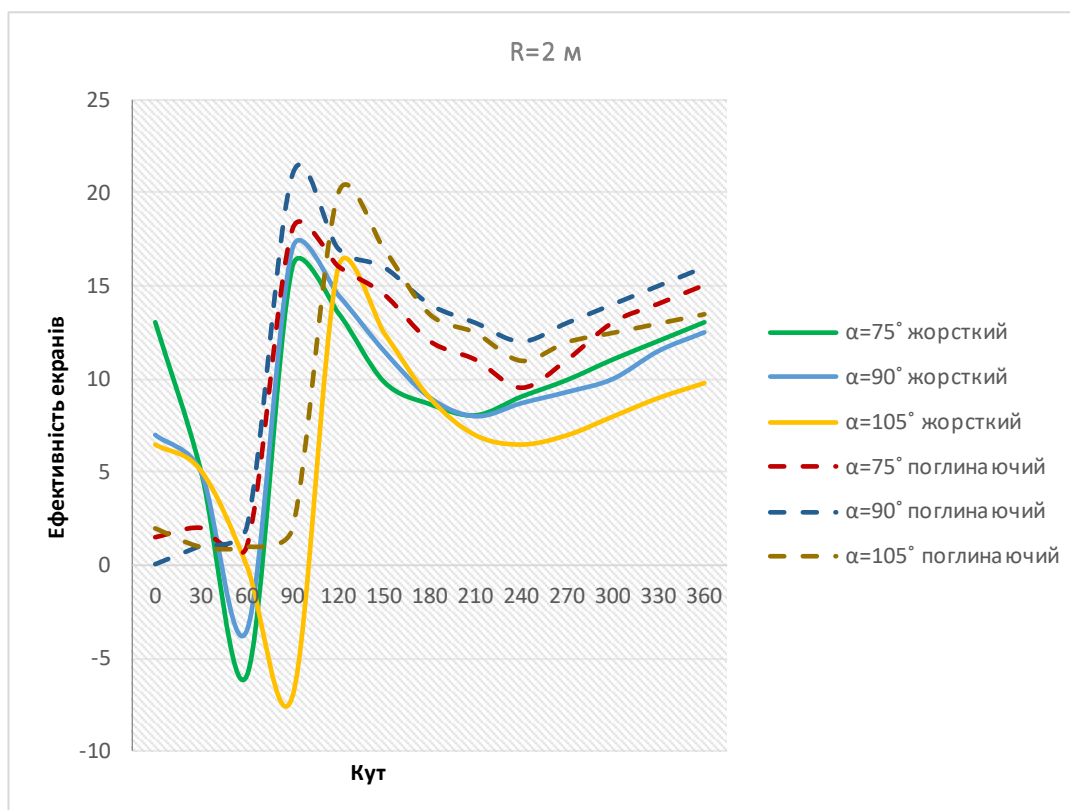
Для кутів від 90° до 165° при віддалені від екрана, нахиленого в бік джерела звуку, його ефективність є більшою за ефективність екрана вертикального, а ефективність для кутів від 190° до 210° нахиленого в бік території шумозахисного є більшою, ніж для вертикального екрана.

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.



**Таблиця 7 – Результати ефективності екранів в залежності від кута нахилу на відстанях (R) від основи 2 м**

Кут	Відстань/тип екрану					
	$\alpha=75^\circ$ жорсткий	$\alpha=90^\circ$ жорсткий	$\alpha=105^\circ$ жорсткий	$\alpha=75^\circ$ поглинаючий	$\alpha=90^\circ$ поглинаючий	$\alpha=105^\circ$ поглинаючий
0	13	7	6,5	1,5	0	2
30	5	5	5,1	2	1	1
60	-6	-3,5	0	1	2	1
90	16	17	-7	18	21	2
120	13,5	14,5	16	16	17	20
150	9,8	11,5	12,5	14,5	16	17
180	8,6	9	9	12	14	13,5
210	8	8	7	11	13	12,5
240	9	8,7	6,5	9,5	12	11
270	9,9	9,3	7	11	13	12
300	11	10	8	13	14	12,5
330	12	11,5	9	14	15	13
360	13	12,5	9,8	15	16	13,5

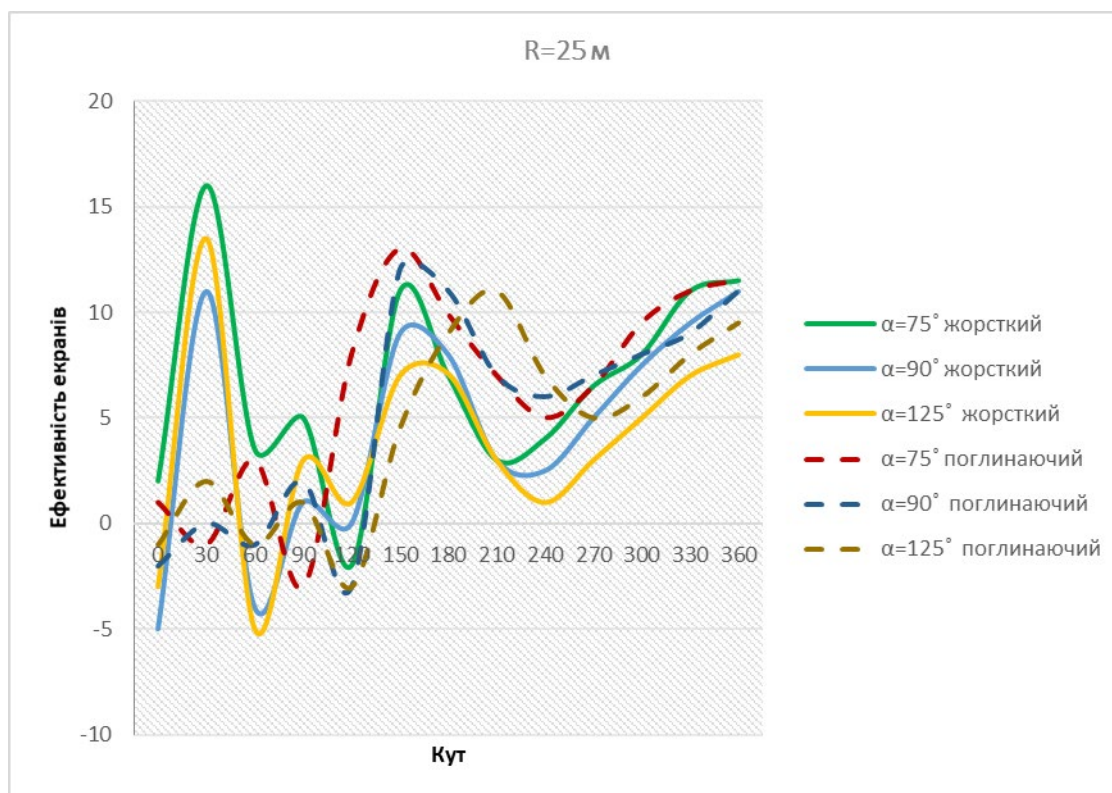


**Рисунок 8 – Ефективність екранів в залежності від кута нахилу на відстанях (R) від основи 2 м**



**Таблиця 8 – Результати ефективності екранів в залежності від кута нахилу на відстанях (R) від основи 25 м**

Кут	Відстань/тип екрану					
	$\alpha=75^\circ$ жорсткий	$\alpha=90^\circ$ жорсткий	$\alpha=125^\circ$ жорсткий	$\alpha=75^\circ$ поглинаючий	$\alpha=90^\circ$ поглинаючий	$\alpha=125^\circ$ поглинаючий
0	2	-5	-3	1	-2	-1
30	16	11	13,5	-1	0	2
60	3,5	-4	-5	3	-1	-1
90	5	1	3	-3	2	1
120	-2	0	1	8	-3	-3
150	11	9	7	13	12	4,5
180	7	8	7,1	9,9	11	9
210	3	3	3	7	7	11
240	4	2,5	1	5	6	7
270	6,5	5	3	6,5	7	5
300	8	7,5	5	9,5	8	6
330	11	9,5	7	11	9	8
360	11,5	11	8	11,5	11	9,5



**Рисунок 9 – Ефективність екранів в залежності від кута нахилу на відстанях (R) від основи 25 м**



### Висновки.

1. Напрямок найвищої ефективності екрана лежить в межах кутів від  $150^\circ$  до  $210^\circ$  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  $210^\circ$ – $270^\circ$ ) 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  $15^\circ$ – $20^\circ$ ) 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, виробы 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. Заєць В. П. Шумозахисні екрани для зниження рівнів звукового тиску від рухомих джерел звуку : дис. ... канд. техн. наук. : 05.09.08 – прикладна акустика та звукотехніка / В. П. Заєць. – К., 2013. – 182 с. <https://uacademic.info/ua/document/0413U003400>.
7. Екрани шумозахисні (шумопоглинаючі панелі). <http://mehanika.com.ua/index.php/uk/ekrani-shumozakhisni-shumopoglinayuchi-paneli>.



8. Шумовідбивні екрани <https://passco.com.ua/uk/solutions/shumozahysni-ekrany/shumovidbyvni-ekrany/>

9. 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 protection screens, experimental studies were conducted on the highway. The effectiveness of the screens was determined depending on the sound frequency, height, angle of inclination of the screen, and distance to the sound source.*

*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.