

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ШУМУ НА ВИБРАНИХ ВУЛИЦЯХ МІСТА ЛЬВОВА

Михайло Мельник¹, Андрій Керницький², Роман Винарович³,
Михайло Шварц⁴, Іван Попович⁵

¹⁻⁵ Національний університет “Львівська політехніка”,

кафедра систем автоматизованого проектування, Львів, Україна

¹ E-mail: Mykhaylo.R.Melnyk@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-8593-8799

² E-mail: Andriy.B.Kernytskyu@lpnu.ua, ORCID: 0000-0001-8188-559X

³ E-mail: roman.i.vynarovych@lpnu.ua, ORCID: 0009-0000-3462-977X

⁴ E-mail: mykhailo.y.shvarts@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-5567-442X

⁵ E-mail: popovych.i.p@gmail.com, ORCID: 0009-0002-8023-6082

© Мельник М., Керницький А., Винарович Р., Шварц М., Попович І., 2024

У роботі представлено результати експериментального дослідження еквівалентного рівня шуму на вибраних вулицях м. Львів залежно від часу доби. На основі експериментальних даних побудовано емпіричні математичні моделі розрахунку рівня шуму залежно від часу доби. Також розроблено інформаційну систему, яка дає змогу дослідити зміну еквівалентного рівня шуму від транспортних потоків залежно від часу доби, яка може використовуватися в разі розрахунку необхідної шумоізоляції конструкцій прилеглих будівель.

Ключові слова: інформаційна система, вимірювання шуму, дорожній шум, MatLab, еквівалентний рівень шуму.

Вступ

Невпинний ріст кількості транспортних засобів та підвищення інтенсивності руху транспортних потоків (ТП) в умовах обмеженої площі і недосконалої транспортної мережі призвели до загострення транспортних проблем практично в усіх великих містах. Вирішення цих проблем особливо ускладнене у старовинному м. Львів, зокрема в центральній історичній його частині, насиченій великою кількістю перехресть і вузьких вулиць. Спричинене розвитком транспорту підвищення рівня шуму є одним із найсерйозніших негативних факторів, який безпосередньо впливає на здоров'я мешканців міста. Тому для автоматизованого проектування пасажирсько-транспортної системи необхідна розроблення і програмна реалізація комплексних моделей для опису не тільки транспортних потоків, але й усіх супутніх факторів, які визначають життєдіяльність міста і пов'язані безпосередньо з розвитком транспорту. Для визначення й оцінки впливу транспорту на навколишнє середовище в цій роботі запропоновано провести експериментальне дослідження еквівалентного рівня шуму, актуальність якого для м. Львів і інших старовинних міст не викликає сумніву.

Метою роботи є дослідження зміни еквівалентного рівня шуму на протязі доби у м. Львів. До того ж необхідно вирішити такі завдання: знайти місце густої забудови з найнесприятливішими умовами, а саме: дорожнє покриття – бруківка в неналежному стані, близька відстань до будинків автомобільної дороги, а також місце, де курсують трамваї; провести експериментальне дослідження в різний час доби еквівалентного рівня шуму; провести аналіз отриманих результатів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання впливу шуму від автомобільного трафіку в урбанізованих районах ретельно досліджують на глобальному рівні через його значний вплив на здоров'я людей та якість їхнього життя. В європейському масштабі здійснено значні дослідження, які виявили чинники, що сприяють такому шумовому забрудненню, та запропонували можливі варіанти вирішення проблеми [1–4].

Згідно з даними [5–6], урбанізація, зростання населення та відповідне збільшення автомобільного потоку були визначені як головні фактори, що призводять до зростання рівня шуму, особливо у містах. Такий шум негативно впливає на здоров'я людей, сприяючи розладам сну, серцево-судинним захворюванням та порушенням когнітивних функцій [7–11].

Дослідження подібні до [12] визначили властивості доріг (зокрема бруківки), обсяг трафіку та швидкість, а також тип транспортного засобу як істотні джерела шуму в містах. Вони запропонували різні стратегії вирішення, як-от малошумні дорожні покриття.

В Україні теж великого значення набули дослідження щодо шумового забруднення міст через автомобільні потоки. Автори наводять дані про рівень шумового забруднення на вулицях міст України [13–16], зокрема вулиці м. Львів. Зокрема, [17] виконали значний аналіз шумового забруднення на магістральних вулицях центральної частини Львова. Вони виявили, що рівень шуму значно перевищує допустимі норми, особливо на вузьких вулицях зі старою забудовою.

У статті [18] спрямовано дослідження на вивчення проблеми шумового забруднення урбоєкосистеми Львова. Визначено джерела та основні характеристики шумового забруднення, способи боротьби з ним, а також проаналізовано рівень шуму на різних ділянках доріг міста.

Дослідники у працях [19–22] сконцентрували увагу на впливі дорожнього покриття на рівень шумового забруднення у м. Львів, на перевищенні допустимих норм шуму в міських умовах, особливо в центральній частині обласного центру. Вони впевнені, що знизити шум від транспорту в містах за допомогою традиційних методів достатньо складно і це вимагає суттєвих матеріальних витрат. Доступнішим є контроль і зниження шуму від джерел його виникнення, у нашому випадку – рівня шуму, що генерується від автомобілів (зокрема легкових, частка яких у сумарному транспортному потоці найістотніша).

Отже, дані дослідження заклали фундамент для подальшого застосування інформаційних систем визначення рівня шуму в населених пунктах, особливо в містах з великим часом навантаження на дороги, як-от м. Львів. Аналіз останніх розробок та досліджень у цій сфері свідчить про її високу актуальність та перспективи подальших наукових досліджень.

Експериментальне дослідження рівня шуму.

Вибір місця проведення експерименту

Дослідження шумового забруднення є актуальною проблемою в містах, де населення стикається з постійним впливом різних джерел шуму. Транспортний шум – це перевищення природного рівня шуму, спричиненого роботою двигунів, колесами, гальмами і аеродинамічними особливостями транспортного засобу [22].

Основним оцінювальним показником шуму в гігієні є еквівалент рівня шуму $L_{екв}$. Це рівень постійного шуму, за якого за певний період часу t передається така сама енергія, як і за неусталеного шуму за цей самий період часу. Еквівалентний неперервний рівень звуку визначається за рівнянням:

$$L_{екв} = 10 \lg \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} 10^{0,1L_{A(t)}} dt, \quad (1)$$

де $L_{A(t)}$ – значення рівня звуку; t_1, t_2 – період часу.

На першому етапі проведено акустичні вимірювання комунікаційного шуму на трьох різних вулицях у м. Львів протягом дня з 05:00 ранку до 23:00 вечора. Кожен вимір здійснювався у формі 10-хвилинних експериментів із метою збору детальних даних щодо рівня шуму в різні часові періоди.

У процесі попереднього аналізу виявлено, що деякі вулиці міста мають особливо несприятливі умови щодо шумового забруднення. Зокрема, вулиця Шевченка виявилася однією з найшумніших. Це пояснюється кількома факторами, включаючи погане дорожнє покриття із бруківки, трамвайний рух та велику інтенсивність транспортного потоку, який спостерігається на цій вулиці. Враховуючи ці дані, вирішено зосередити увагу на вимірюваннях саме на вул. Шевченка для детальнішого аналізу шумових умов.

Дослідження шумового забруднення у м. Львів має важливе значення для здоров'я та комфорту місцевого населення. Результати цього дослідження не лише допоможуть зрозуміти основні джерела шуму в місті, але й стануть основою для розроблення стратегій зменшення шумового забруднення та покращення якості життя мешканців.

Проведення експерименту

Для того, щоб дослідити точну картину зміни рівня шуму протягом доби, експерименти проводилися в різні періоди доби. На рис. 1 показано вимірювання на вул. Ярослава Мудрого о 5 годині ранку. Натомість вимірювання шуму в тому самому пункті, але у денну пору, показано на рис. 2. Такі результати цікаві тим, що можуть показати, коли починає наростати шумове навантаження.



Рис. 1. Вимірювання еквівалентного рівня шуму зранку на вул. Ярослава Мудрого



Рис. 2. Вимірювання еквівалентного рівня шуму вдень на вул. Ярослава Мудрого

Зібрана інформація є цінною для подальшого аналізу та використання. Важливою є не лише сама інтенсивність шуму, а й фактори, які можуть впливати на його поширення та сприйняття. Додаткові дані, зібрані під час вимірювань, як-от: день тижня, час доби, температура повітря, тиск, вологість та швидкість вітру, можуть виявитися важливими для подальшого аналізу. Наприклад, температура повітря та вологість впливають на швидкість поширення звуку, а вітер може змінювати напрямок та інтенсивність шуму.

Дані з відеозйомки дали змогу визначити кількість транспортних засобів за категоріями, зокрема трамваї, та можуть допомогти в розумінні джерел шуму та визначенні їхнього впливу на загальний рівень шумового забруднення.

Ця додаткова інформація може бути використана для калібрування комп'ютерних систем симуляції поширення звуку або для тестування нових методів прогнозування дорожнього шуму. Вона дасть змогу покращити точність та достовірність моделей, що використовуються для аналізу та прогнозування шумового забруднення в м. Львів. Такий комплексний підхід до збору та аналізу даних може сприяти розробці більш ефективних стратегій контролю за шумом та покращенню якості життя місцевого населення.

Для зручного використання даних нарисовано детальну схему (див. Рис. 3) забудови і позначено всі пункти, в яких велося вимірювання.

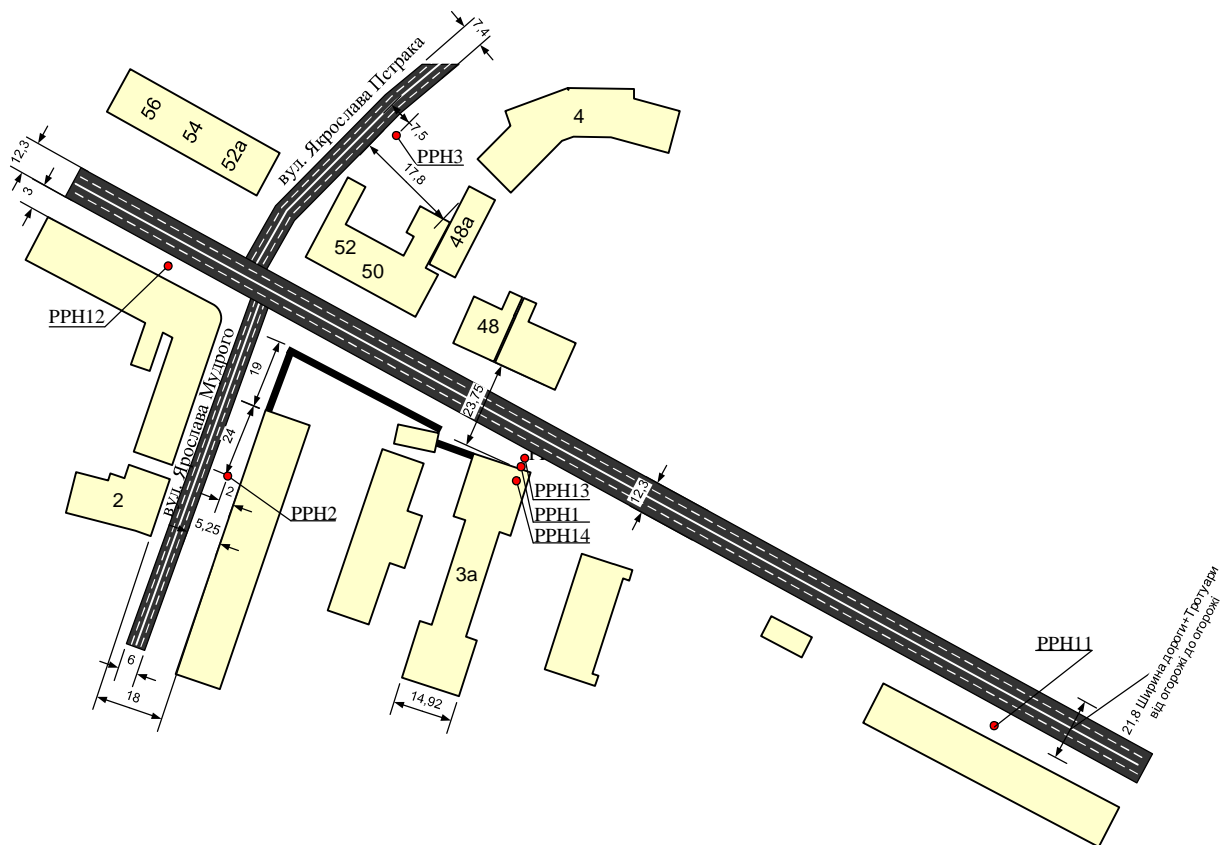


Рис. 3. Розміщення вимірювальних пунктів на вул. Шевченка та прилеглих вулицях

Координати пунктів вимірювання

Для забезпечення можливості проведення подальших симуляцій на комп'ютері всі пункти, в яких велося спостереження за рівнем шуму, детально позначені на схемі. З допомогою GPS-реєстратора записано їхні координати, які зіставлені в таблиці нижче.

Таблиця 2

Географічні координати пунктів вимірювання

Номер пункту вимірювання	Координати GPS	Висота положення мікрофону над рівнем дороги, [м]	Відстань до стіни будинку, [м]
PPH1	49.8440065, 24.0108481	1,5	2
PPH2	49.843972, 24.010861	1,5	2
PPH3	49.844806, 24.011583	1,5	від центру дороги 7,5 м

Аналогічно багато експериментів проведено для вул. Шевченка (див. Рис. 4). У результаті виконання роботи проведено достатню кількість замірів, щоб можна було показати тенденцію зміни рівня шуму протягом доби.

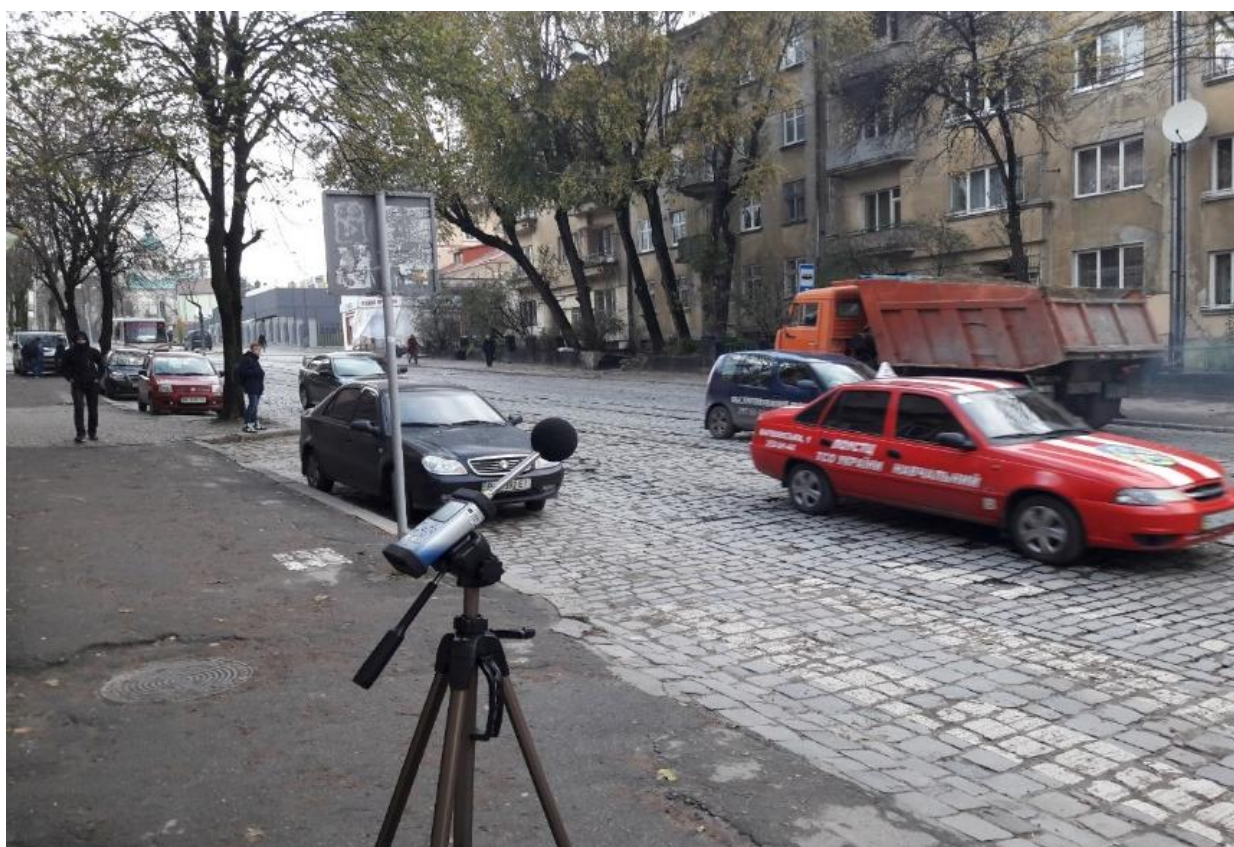


Рис. 4. Вимірювання еквівалентного рівня шуму вдень на вул. Шевченка

Отримані результати представлено на рис. 5, де PPH1 – це еквівалентний рівень шуму у дБ(А) для вул. Шевченка, PPH2 – результати для вул. Ярослава Мудрого, а PPH3 – це результати для вул. Пстрака. Як бачимо, найбільші рівні шуму для вул. Шевченка, що і слід було очікувати, адже там також курсують і трамваї. Аналізуючи результати для вул. Шевченка, бачимо, що до 8 год ранку він стрімко росте і о 10 годині досягає піку, після чого повільно спадає, але цей спад максимально становить тільки 2.5 дБ і це у години пік від 17:30 до 19:00, після чого знову зростає і починає спадати тільки після 21:30. Спад рівня шуму у години пік між 17:30 і 19:00 на перший погляд може видатися дивним, адже автомобілів навпаки більше, але саме затори спричиняють суттєве зменшення швидкості, що для доріг, покритих бруківкою та ще й у такому стані, призводить до зменшення рівня шуму.

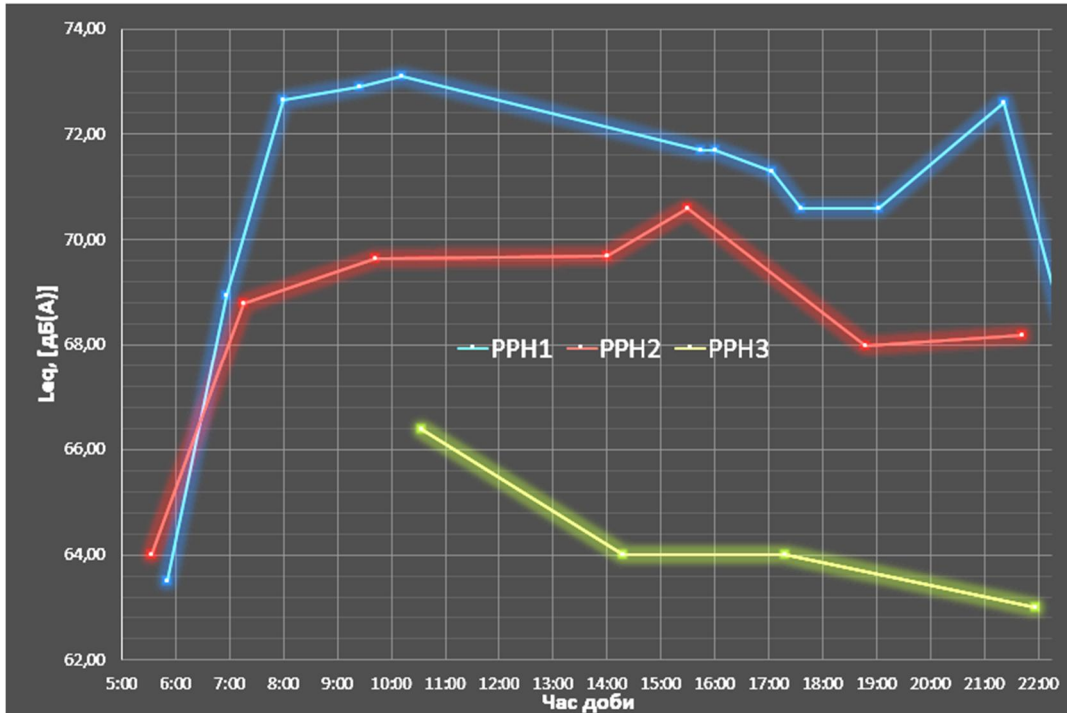


Рис. 5. Графік залежності рівня шуму від часу доби

Коли на вул. Шевченка в районі 15:30 год рівень шуму вже знижується, то на вул. Ярослава Мудрого він піковий, бо коли на вул. Шевченка немає автомобілів, то автомобілі по вул. Ярослава Мудрого рухаються швидко і створюють шум, і навпаки, коли на вул. Шевченка затор, то і на вул. Ярослава Мудрого утворюється затор, автомобілі біля пункту вимірювання рухаються практично з нульовою швидкістю.

Базуючись на експериментальних даних виміряного еквівалентного рівня шуму, визначено найбільш некорисну годину для дня (від 09:40 до 10:40) та ночі (від 22:00 до 23:00).

На вул. Шевченка бракує плавності руху автомобілів протягом дня. Автомобілі стоять у заторі та рухаються з невеликою швидкістю, натомість вночі автомобілів небагато, однак вони рухаються з великою швидкістю.

Математична модель.

Математична модель еквівалентного рівня шуму для вул. Шевченка

Використовуючи інтерполяційний многочлен Лагранжа, побудовано математичну модель для знаходження рівня шумового забруднення для вул. Шевченка в м. Львів, яка представлена нижче.

$$f(t) = \begin{cases} -392.5x^2 + 327.7x + 7.0386 & \text{якщо } 0.24 \leq t \leq 0.33 \\ 20.644x^2 - 10.746x + 73.948 & \text{якщо } 0.33 < t \leq 0.43 \\ -6.9624x^2 + 1.5893x + 73.692 & \text{якщо } 0.43 < t \leq 0.71 \\ -1326.3x^3 + 3336.3x^2 - 2773.7x + 833.54 & \text{якщо } 0.71 < t \leq 0.89 \\ -91.826x + 154.35 & \text{якщо } 0.89 < t \leq 0.94 \end{cases}, \quad (2)$$

де $f(t)$ – еквівалентний рівень шуму в дБ(А) для часу t ; t – це час доби, поділений на 24 години.

Тобто, якщо ми хочемо визначити рівень шуму для 12:00 год дня, то $t = \frac{12}{24} = 0,5$.

Оскільки, як бачимо з графіку та на Рис. 5, значення рівня шуму протягом доби можуть різко мінятися, тож для точного наближення експериментальних даних час доби поділено на п'ять періодів. Для кожного періоду окремо знайдено поліном, який найкраще відобразить зміну рівня шуму в часі. Для порівняння побудованої моделі (2) та експериментальних даних побудовано графічну залежність, як на Рис. 6, на якій чітко видно, що експериментальні дані позначені червоними маркерами і дані, отримані з моделі для вул. Шевченка, позначені синьою лінією, збігаються, отже запропонована модель є правильною і може бути використана для визначення еквівалентного рівня шуму для періоду доби від 5:00 год до 23:00 год.

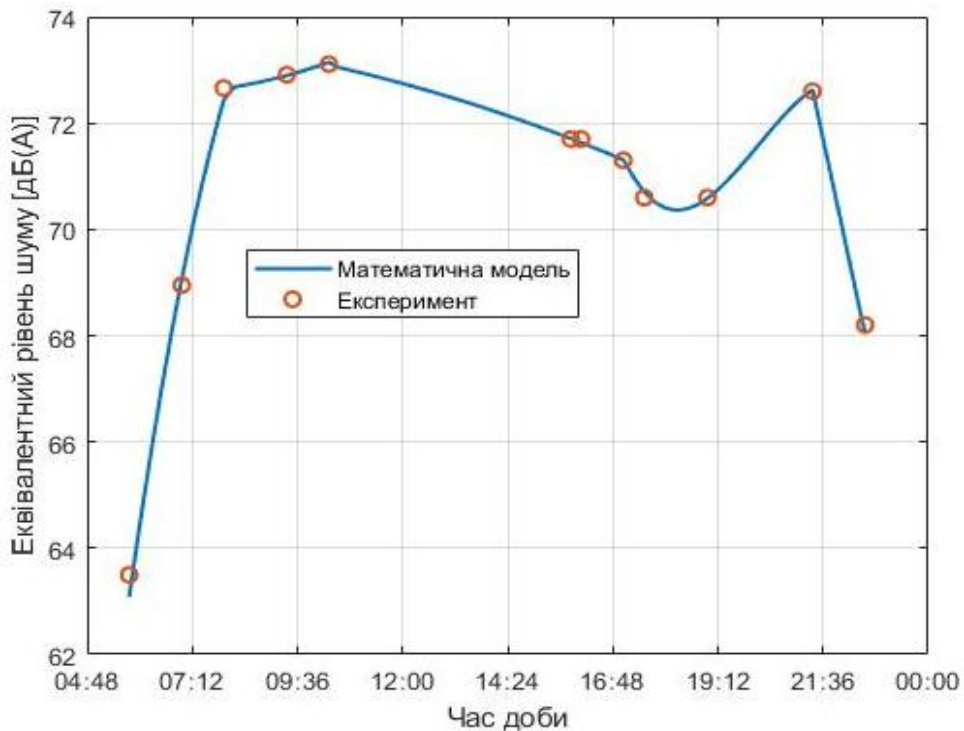


Рис. 6. Порівняння математичної моделі та експериментальних даних еквівалентного рівня шуму протягом доби для вул. Шевченка

Математична модель визначення рівня шуму на вул. Ярослава Мудрого

Аналогічно до попередньої моделі, для моделі рівня шуму на вул. Ярослава Мудрого використано також інтерполяційний многочлен Лагранжа. З його допомогою побудовано математичну модель для знаходження рівня шумового забруднення для вул. Ярослава Мудрого в м. Львів, яка представлена нижче.

$$f(t) = \begin{cases} 67.482x + 48.395 & \text{якщо } 0.23 \leq t \leq 0.30 \\ 8.4245x + 66.235 & \text{якщо } 0.30 < t \leq 0.40 \\ 0.3349x + 69.505 & \text{якщо } 0.40 < t \leq 0.58 \\ 771.57x^3 - 1719.9x^2 + 1253.3x - 229.344 & \text{якщо } 0.58 < t \leq 0.90 \end{cases}, \quad (3)$$

Реалізацію моделі (3) у системі MatLab представлено на Рис. 7.

```

%Mat модель рівня шуму на протязі доби вул. Я.Мудрого
twymSzew=[0.23 0.30 0.40 0.58 0.65 0.78 0.90];
ywymSzew=[64.00 68.78 69.64 69.70 70.60 68.00 68.20];

t=0.23:0.01:0.90;
[r c]=size(t);
for i=1:c
    if (t(i)>=0.23) & (t(i)<=0.30)
        y(i)=67.482.*t(i) + 48.395;
    elseif (t(i)>0.30) & (t(i)<=0.40)
        y(i)=8.4245.*t(i) + 66.235;
    elseif (t(i)>0.40) & (t(i)<=0.58)
        y(i)=0.3349.*t(i) + 69.505;
    elseif (t(i)>0.58) & (t(i)<=0.90)
        y(i)=771.57.*t(i).^3 - 1719.9.*t(i).^2 + 1253.3.*t(i) - 229.344;
    end
end

hp = plot(t,y,'LineWidth',1.5);
hold on
hpwym = plot(twymSzew,ywymSzew,'o','LineWidth',1.5);
ha = get(hp,'Parent');
Data = get(ha,'XTick');
timestr = datestr(Data,15);
set(ha,'XTickLabel',timestr);
legend('Математична модель','Експеримент');
xlabel('Час доби');

```

Рис. 7. Фрагмент програми для визначення рівня шуму на вул. Ярослава Мудрого протягом доби

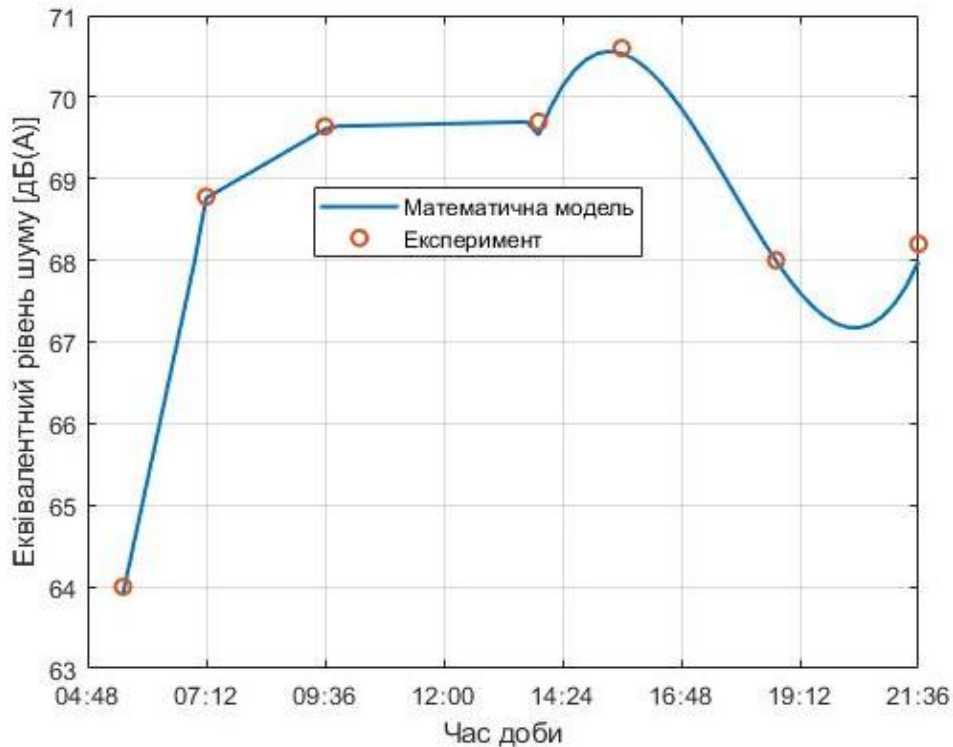


Рис. 8. Порівняння математичної моделі та експериментальних даних еквівалентного рівня шуму протягом доби для вул. Ярослава Мудрого

Код програми, як на Рис. 7, дав змогу перевірити розроблену модель на точність, порівняти з експериментальними даними. Як бачимо з графіку, і модель, і експериментальні дані збігаються, отже модель є правильною.

Після перевірки моделей спроектовано інтерфейс користувача. На Рис. 9 представлено інтерфейс користувача, який складається зі слайдера для швидкої зміни години доби, випадаючого списку із назвою вулиць, для яких необхідно розрахувати еквівалентний рівень шуму, та вікна виводу результатів і шкали для швидкої оцінки рівня шуму.

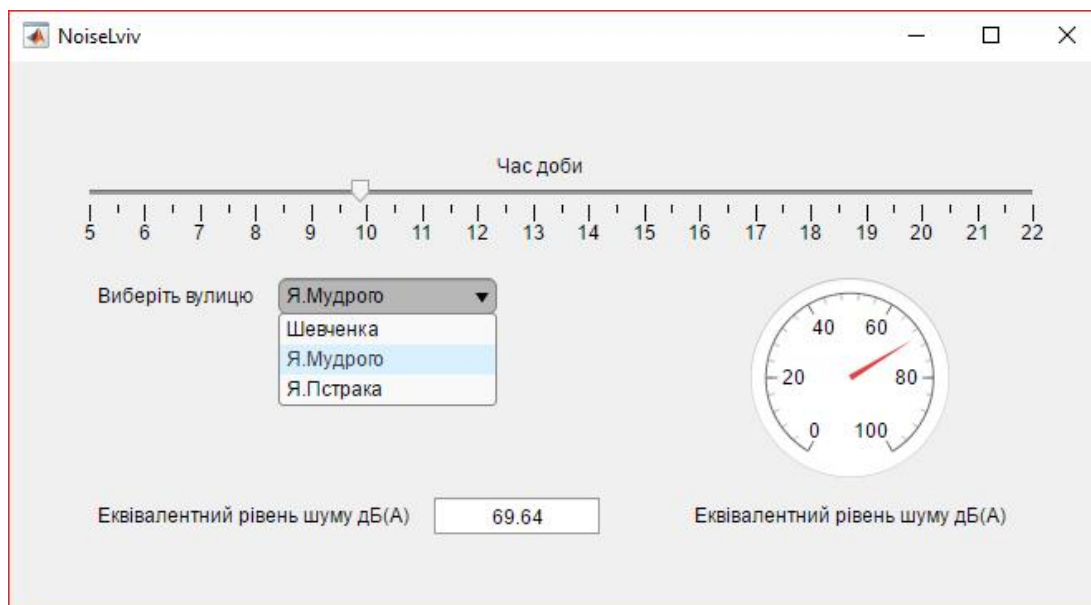


Рис. 9. Інтерфейс користувача інформаційної системи визначення еквівалентного рівня шуму для вибраних вулиць м. Львів

Висновки

Експериментальні дослідження, проведені на вул. Шевченка та прилеглих, розкрили важливі аспекти шумового середовища. Наші результати свідчать про те, що швидкість руху транспортного потоку має більший вплив на рівень шуму, ніж кількість транспортних засобів. Окрім того встановлено, що рівень шуму на цих вулицях перевищує допустимі рівні для денного періоду, що становить 55 дБ(А) [23–24]. Для зменшення шумового забруднення можуть бути використані різні заходи, як-от встановлення якісних вікон або встановлення знаків обмеження швидкості.

Розроблено математичні моделі еквівалентного рівня шуму залежно від часу доби, які виявилися ефективними й точними в прогнозуванні шумового забруднення на вулицях міста. Наші результати підтверджують можливість швидкого та точного визначення рівня шуму на вибраній вулиці і в обраний час доби за допомогою розробленої інформаційної системи.

Отримані результати відіграють важливу роль у подальшому розвитку систем моделювання поширення звуку. Вони можуть бути використані для калібрування та вдосконалення наявних систем, а також для тестування нових методів і підходів у цій галузі. Це допоможе покращити ефективність та точність систем прогнозування шуму, що своєю чергою сприятиме зниженню шумового забруднення і покращенню якості життя мешканців міста.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Brown, L. (2015). Effects of road traffic noise on health: From burden of disease to effectiveness of interventions. *Procedia Environmental Sciences*, 30, 3–9. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.001>
2. Ow, L. F., Ghosh, S. (2017). Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. *Applied Acoustics*, 120, 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.01.007>
3. Titu, A. M., Boroiu, A. A., Mihailescu, S., Pop, A. B., Boroiu, A. (2022). Assessment of road noise pollution in urban residential areas—A case study in Pitești, Romania. *Applied Sciences*, 12(4053), 1–14. <https://doi.org/10.3390/app12094053>

4. Peris, E. (2020). Environmental noise in Europe: 2020. European Environment Agency. <https://doi.org/10.2800/171081>
5. Ozer, S., Irmak, M. A., Yilmaz, H. (2008). Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris* L. and *Populus nigra* L. in Erzurum, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144(1–3), 191–197. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9975-2>
6. Zambon, G., Roman, H. E., Smiraglia, M., Benocci, R. (2018). Monitoring and prediction of traffic noise in large urban areas. *Applied Sciences*, 8(2), 251. <https://doi.org/10.3390/app8020251>
7. Dzhambov, A. M., Lercher, P. (2019). Road traffic noise exposure and depression/anxiety: An updated systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4143), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214143>
8. Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325–1332. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)
9. Clark, C., Stansfeld, S. (2007). The effect of transportation noise on health and cognitive development: A review of recent evidence. *International Journal of Comparative Psychology*, 20(2), 145–158.
10. Hegewald, J., Schubert, M., Freiberg, A., Romero Starke, K., Augustin, F., Riedel-Heller, S. G., Zeeb, H., Seidler, A. (2020). Traffic noise and mental health: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6175. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176175>
11. Babisch, W. (2008). Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise & Health*, 10(38), 27–33. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.39001>
12. Petrescu, V., Ciudin, R., Claudiu, I., Cioca, L.-I., Victor, N. (2015). Traffic noise pollution in a historical city center – Case study project within environmental engineering field of study. *3rd International Engineering and Technology Education Conference & 7th Balkan Region Conference on Engineering and Business Education (IETEC'15 & BRCEBE'15)*, 1-8.
13. Міронова, Н. Г., Морозов, А. В., Морозова, Т. В., Рибак, В. В. (2021). Дослідження акустичного навантаження від транспортного потоку на прикладі міста Хмельницького. *Дороги і мости*, 24, 193–205.
14. Решетченко, А. І. (2018). Дослідження впливу автотранспортних потоків на акустичне середовище урболандшафтів. *Комунальне господарство міст. Серія "Технічні науки та архітектура"*, 146, 180–183.
15. Лучко, І. А. (2010). Результати дослідження шумового навантаження на вулицях, дорогах та проспектах м. Києва. *Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Гірництво"*, 19, 188–197.
16. Adamenko, Y., Coman, M., Kundelska, T. (2017). Ecological safety of Ivano-Frankivsk urban system according to acoustical and electromagnetic load factors. *Scientific Bulletin Series D: Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering*, 31(2), 27–33.
17. Гринчишин, Н. М., Шуплат, Т. І., Жоріна, О. О. (2021). Шумове забруднення магістральних вулиць центральної частини міста Львова. *Вісник ЛДУБЖД*, 24, 6–11.
18. Калин, Б. М., Шелевій, М. І. (2016). Напрямки оптимізації шумового фактору транспортних потоків у місті Львові. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*, 18(2), 104–107.
19. Качмар, Р. Я. (2013). Оцінювання екологічних та економічних втрат від шуму транспортних потоків міста Львова. *Автомобільний транспорт: дослідження*, 1(231), 10–13.
20. Качмар, Р., Lanets, O. (2020). The impact of parameters of traffic flows of Lviv street-road network on the level of environmental and economic losses. *Transport Technologies*, 1, 83–91.
21. Качмар, Р., Льода, В., Полякевич, В. (2018). Вплив дорожнього покриття в дм міста Львова на рівень шумового забруднення. *Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні: тези доповідей III-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції*, 189–191.
22. Зубик, С. В., Ходан, М. М. (2014). Архітектурно-планувальні методи боротьби з транспортним шумом міста. *Науковий вісник НЛТУ України*, 24(11), 185–191.
23. Гутаревич, Ю. Ф., Зеркалов, Д. В., Говорун, А. Г. (2002). *Екологія автомобільного транспорту: навч. посібник*. Київ: Основа.
24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. (1999). Міністерство охорони здоров'я України.
25. ДБН В.1.1-31:2013 – Захист територій, будинків і споруд від шуму. (2013). Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.

REFERENCES

1. Brown, L. (2015). Effects of road traffic noise on health: From burden of disease to effectiveness of interventions. *Procedia Environmental Sciences*, 30, 3–9. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.001>
2. Ow, L. F., Ghosh, S. (2017). Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. *Applied Acoustics*, 120, 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.01.007>
3. Titu, A. M., Boroiu, A. A., Mihailescu, S., Pop, A. B., Boroiu, A. (2022). Assessment of road noise pollution in urban residential areas—A case study in Pitești, Romania. *Applied Sciences*, 12(4053), 1–14. <https://doi.org/10.3390/app12094053>
4. Peris, E. (2020). Environmental noise in Europe: 2020. European Environment Agency. <https://doi.org/10.2800/171081>
5. Ozer, S., Irmak, M. A., Yilmaz, H. (2008). Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris* L. and *Populus nigra* L. in Erzurum, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144(1-3), 191-197. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9975-2>
6. Zambon, G., Roman, H. E., Smiraglia, M., Benocci, R. (2018). Monitoring and prediction of traffic noise in large urban areas. *Applied Sciences*, 8(2), 251. <https://doi.org/10.3390/app8020251>
7. Dzhambov, A. M., Lercher, P. (2019). Road traffic noise exposure and depression/anxiety: An updated systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4143), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214143>
8. Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325–1332. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)
9. Clark, C., Stansfeld, S. (2007). The effect of transportation noise on health and cognitive development: A review of recent evidence. *International Journal of Comparative Psychology*, 20(2), 145–158.
10. Hegewald, J., Schubert, M., Freiberg, A., Romero Starke, K., Augustin, F., Riedel-Heller, S. G., Zeeb, H., Seidler, A. (2020). Traffic noise and mental health: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6175. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176175>
11. Babisch, W. (2008). Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise & Health*, 10(38), 27–33. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.39001>
12. Petrescu, V., Ciudin, R., Claudiu, I., Cioca, L.-I., Victor, N. (2015). Traffic noise pollution in a historical city center – Case study project within environmental engineering field of study. *3rd International Engineering and Technology Education Conference & 7th Balkan Region Conference on Engineering and Business Education (IETEC'15 & BRCEBE'15)*, 1–8.
13. Mironova, N. G., Morozov, A. V., Morozova, T. V., Rybak, V. V. (2021). Study of acoustic load from traffic flow in the city of Khmelnytskyi. *Roads and Bridges*, 24, 193–205.
14. Reshetchenko, A. I. (2018). Study of the impact of traffic flows on the acoustic environment of urban landscapes. *Municipal Economy of Cities. Series "Technical Sciences and Architecture"*, 146, 180–183.
15. Luchko, I. A. (2010). Results of research on noise load on streets, roads, and avenues in the city of Kyiv. *Bulletin of NTUU "KPI". Series "Mining"*, 19, 188–197.
16. Adamenko, Y., Coman, M., Kundelska, T. (2017). Ecological safety of Ivano-Frankivsk urban system according to acoustical and electromagnetic load factors. *Scientific Bulletin Series D: Mining, Mineral Processing, Non-Ferrous Metallurgy, Geology and Environmental Engineering*, 31(2), 27–33.
17. Hrynchyshyn, N. M., Shuplat, T. I., Zhorina, O. O. (2021). Noise pollution of the main streets in the central part of Lviv. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, 24, 6–11.
18. Kalyn, B. M., Sheleviy, M. I. (2016). Directions for optimizing the noise factor of traffic flows in the city of Lviv. *Scientific Bulletin of LNUVMBT named after S. Z. Gzhytskyi*, 18(2), 104–107.
19. Kachmar, R. Ya. (2013). Assessment of environmental and economic losses from traffic noise in the city of Lviv. *Automotive Transport: Research*, 1(231), 10–13.
20. Kachmar, R., Lanets, O. (2020). The impact of parameters of traffic flows of Lviv street-road network on the level of environmental and economic losses. *Transport Technologies*, 1, 83–91.
21. Kachmar, R., Lyoda, V., Polyakevych, V. (2018). The impact of road pavement in the city of Lviv on the level of noise pollution. *Bus Manufacturing and Passenger Transportation in Ukraine: Proceedings of the III All-Ukrainian Scientific and Practical Conference*, 189–191.

22. Zubyk, S. V., Khodan, M. M. (2014). Architectural and planning methods of combating urban transport noise. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 24(11), 185–191.
23. Gutariievych, Yu. F., Zerkalov, D. V., Hovorun, A. H. (2002). *Ecology of automotive transport: a textbook*. Kyiv: Osnova.
24. DSN 3.3.6.037-99 Sanitary norms of industrial noise, ultrasound, and infrasound. (1999). Ministry of Health of Ukraine.
25. DBN V.1.1-31:2013 – Protection of territories, buildings, and structures from noise. (2013). Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.

INFORMATION SYSTEM FOR DETERMINING NOISE LEVEL ON SELECTED STREETS OF LVIV

Mykhaylo Melnyk¹, Andriy Kernytskyi², Roman Vynarovich³, Mykhailo Shvarts⁴, Ivan Popovych⁵

Lviv Polytechnic National University,

Department of Computer Design Systems, Lviv, Ukraine

¹ E-mail: Mykhaylo.R.Melnyk@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-8593-8799

² E-mail: Andriy.B.Kernytskyi@lpnu.ua, ORCID: 0000-0001-8188-559X

³ E-mail: roman.i.vynarovich@lpnu.ua, ORCID: 0009-0000-3462-977X

⁴ E-mail: mykhailo.y.shvarts@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-5567-442X

⁵ E-mail: popovych.i.p@gmail.com, ORCID: 0009-0002-8023-6082

© Melnyk M., Kernytskyi A., Vynarovich R., Shvarts M., Popovych I., 2024

This paper presents the outcomes of an experimental investigation into the equivalent noise levels of selected streets in Lviv according to varying times of day. Empirical mathematical models, formulated from the experimental data, provide a method to predict noise levels based on the time of day. In addition, the study includes the development of an information system. This system allows analysis of the changes in equivalent noise levels attributable to traffic flows at different times of day. Importantly, this tool can aid in the calculation of necessary noise insulation requirements for buildings adjacent to these traffic flows.

Keywords: Information system, Noise measurement, Road noise, MatLab, Equivalent Noise Level.