ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ НА ШУМОВУ ТА ВІБРАЦІЙНУ БЕЗПЕКУ УРБОЕКОСИСТЕМИ

Солошич І.О.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Полтавська область
soloishych@gmail.com

Статтю присвячено дослідженню впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми. Здійснено аналіз існуючих методик щодо визначення рівня шуму та вібрації у житловій забудові. Запропоновано комплексний підхід до дослідження впливу шуму та вібрації від транспортної системи на урбоєкосистему (на прикладі міста Кременчука). За існуючою методикою на досліджуваній ділянці урбоєкосистеми проведено вимірювання рівня шуму шумоміром Smart Sensor AS804 у діапазоні від 30 до 130 дБ. Результати дослідження показали, що у зв'язку з великою інтенсивністю руху транспортної системи у центральній частині м. Кременчука, близькістю розташування житлової забудови до проїжджої частини рівень шуму у сільбищній зоні становить понад 70 дБА за норми 50–55 дБА. Найбільші шумові вібраційні навантаження на урбоєкосистему спостерігаються на перехрестях вулиць Першотравневої та Небесної Сотні, проспекті Свободи та вулиці Київській, проспекті Свободи та вулиці Європейській. Із використанням програми Lgraph2 виявлено перевищення допустимих рівнів вібрацій на лінії житлової забудови на 15–25 дБА. Розроблено програмний продукт «ЕкоАвто», який відповідно до бальної системи визначає рівень шумової та вібраційної безпеки в кожній точці досліджуваної ділянки в балах за допомогою колірної індикації. Виявлено «критичний» стан від впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми м. Кременчука. Здійснено підбір захисних заходів щодо зменшення негативного впливу транспортної системи на урбоєкосистему, а саме: зниження швидкості руху транспортного потоку, використання шумозахисних споруд, пристроїв та екранів, дворядна посадка дерев і чагарників, що позитивно позначиться не лише на якості повітряного басейну, а й на візуальному стані сільбищної зони. *Ключові слова:* транспортна система, шумова безпека, вібраційна безпека, урбоєкосистема, комплексна оцінка.

Study of the impact of the transport system on noise and vibration safety of urban ecosystem. Soloshych I.

The article is devoted to the study of the impact of the transport system on the noise and vibration safety of the urban ecosystem. An analysis of existing methods for determining the level of noise and vibration in residential buildings has been carried out. The study determines comprehensive approach to the study of the impact of noise and vibration from the transport system on the urban ecosystem (on the example of the city of Kremenchuk). According to the existing technique, in the investigated area of the urban ecosystem, the noise level measured with the Smart Sensor AS804 sound level meter is in the range from 30 to 130 dB. The results of the study showed that due to the high traffic intensity of the transport system in the central part of Kremenchuk, the proximity of residential buildings to the roadway, the noise level in the residential area is more than 70 dBA, with a norm of 50-55 dBA. The highest noise vibration loads on the urban ecosystem are observed at the intersections of Pervomayskaya and Nebesnoyi Sotni Streets, Svoboda Avenue and Kievskaya Street, Svoboda Avenue and Evropeyskaya Street. It is established that the noise level in the studied sections of the street and road network of Kremenchuk exceeds the normative permissible values by 10-30 dBA. Using the Lgraph 2 program, the permissible vibration levels on the residential line were exceeded by 15-25 dBA. The software product "EcoAvto" has been developed, which following the scoring system determines the level of noise and vibration safety at each point of the studied area in points using color indication. The "critical" state from the influence of the transport system on the noise and vibration safety of the urban ecosystem of Kremenchuk was revealed. A selection of protective measures to reduce the negative impact of the transport system on the urban ecosystem, namely - the use of noise protection structures, devices and screens, and double-row planting of trees and shrubs, which will positively affect not only the quality of the air pool but also the visual condition of the settlement area. *Key words:* transport system, noise safety, vibration safety, urban ecosystem, complex assessment.

Постановка проблеми. Інтенсивне зростання кількості автомобільного транспорту, що спостерігається за останнє десятиріччя, сприяє економічному розвитку країни, проте супроводжується негативним впливом на урбоєкосистему та здоров'я людини. В умовах інтенсивної урбанізації з усіх видів негативного впливу на природне середовище під час функціонування транспортної системи України з погляду екологічної безпеки більше 35% припадає на шумове та вібраційне забруднення; понад 80% міського населення проживає в умовах наднормативного шумового та вібраційного навантаження, зумовленого рухом автотран-

спортних потоків [1]. На головних магістралях урбанізованих територій рівень шуму перевищує 90 дБ і має тенденцію до щорічного збільшення на 0,5 дБ [1]. Експерименти доводять, що в зоні найбільшої дії шуму та вібрації знаходяться мікрорайони, які розташовані вздовж магістралей загальноміського значення, тому рівень шуму, замірваний у житловій забудові за відкритих вікон лише на 10–15 дБ нижчий, аніж поблизу магістралі [1].

У зв'язку із цим **актуальним є дослідження** впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми, тому що мешканці сільбищної зони, яка розташована поряд із дорогою,

потрапляють під дію шуму та вібрації, яка перевищує гігієнічні нормативи.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Робота відповідає Указу Президента України, в якому рекомендовано враховувати «Цілі сталого розвитку на період до 2030 р.» під час визначення напрямів наукових досліджень [2], та Закону України «Про Основні засади державної екологічної політики України на період до 2030 р.» [3], а саме зменшення негативного впливу процесів урбанізації. Представлені результати досліджень відповідають напряму наукової діяльності кафедри екологічної безпеки та організації природокористування Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Результати дослідження доцільно використовувати у розробленні міських і регіональних програм оцінки стану навколишнього природного середовища та системи моніторингу атмосферного повітря урбоecosистем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема впливу автотранспорту на урбоecosистему залишається важливою для багатьох країн світу, тому протягом останніх десятиліть проводяться дослідження з вивчення впливу шуму та вібрації на організм людини, впровадження заходів щодо поліпшення стану навколишнього середовища. У країнах Європейського Союзу шумове та вібраційне забруднення визнані одними з найбільш серйозних проблем урбанізації, тому що близько 40% території міста (з населенням 750 тис осіб) через їхній вплив є непридатним для нормального функціонування [4].

Вагомий внесок у розвиток теоретичних та практичних засад розв'язання питань, пов'язаних із негативним впливом транспортної системи на урбоecosистему і шляхами зниження міського шуму та вібрації, зробили В.Е. Абракітов [5], Б.Г. Прутков [6], В.Ю. Пулашкин, А.Н. Яремчук [7] та ін. Учені всебічно вивчали негативний вплив шумового

Таблиця 1

Інтенсивність руху транспортного потоку на досліджуваній ділянці вулично-дорожньої мережі міста Кременчука

Перехрестя	Час проведення дослідження	Інтенсивність руху, авт./годину							
		Прямий напрямок				Зворотний напрямок			
		1 точка		2 точка		1 точка		2 точка	
		ЛТ	ВТ	ЛТ	ВТ	ЛТ	ВТ	ЛТ	ВТ
Республіканської та Манагарова	8-9	330	50	270	22	364	19	370	6
	12-13	289	25	180	13	280	30	301	32
	17-18	380	17	227	11	340	12	270	14
І. Приходька пров. І. Приходька	8-9	270	20	285	13	330	38	342	14
	12-13	226	13	270	27	286	17	278	28
	17-18	230	12	237	8	312	63	295	17
І. Приходька та вул. Макаренка	8-9	468	28	396	16	370	12	364	8
	12-13	330	26	230	30	286	27	420	32
	17-18	365	15	415	25	450	15	425	18
Першотравн. та Небесної Сотні	8-9	730	45	680	27	845	16	650	20
	12-13	560	15	516	45	530	49	520	52
	17-18	690	33	727	38	760	18	556	14
Європейської та проспекту Свободи	8-9	520	26	570	27	220	12	265	9
	12-13	512	28	456	35	385	8	170	10
	17-18	475	22	524	17	275	17	315	14
Проспекту Свободи та вул. Київської	8-9	678	22	680	29	590	18	719	26
	12-13	418	42	430	48	556	33	590	26
	17-18	720	18	520	16	635	19	750	10
Проспекту Свободи та вул. Гвардійської	8-9	620	17	613	15	589	10	612	3
	12-13	580	27	550	33	546	12	480	10
	17-18	683	10	648	19	652	14	630	8
Гер. Крут та проспекту Л. Українки	8-9	470	17	512	22	526	16	498	18
	12-13	312	26	425	29	640	36	365	25
	17-18	514	19	475	17	495	10	562	19
Проспекту Л. Українки та Т. Бульби	8-9	360	26	280	18	260	22	263	12
	12-13	385	24	259	25	320	29	302	32
	17-18	362	15	312	12	297	17	286	15

Рис. 1. Графік залежності max, min еквівалентного рівня шуму

та вібраційного забруднення, проте не вирішеним залишається комплексне визначення їх дії.

У зв'язку з вищевикладеним метою статті є вирішення науково-практичного завдання, яке полягає у комплексному дослідженні впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У роботах [4–7] проведено окремі дослідження впливу шумового або вібраційного забруднення від автомобільного транспорту, тому постає необхідність у комплексному підході до визначення їхнього негативного впливу на урбоєкосистему.

Методологічне або загальнонаукове значення. Набув подальшого розвитку комплексний підхід до дослідження впливу шуму та вібрації від транспортної системи на урбоєкосистему (на прикладі міста Кременчука).

Виклад основного матеріалу. Розглянемо вплив транспортної системи на шумову та вібраційну без-

пеку урбоєкосистеми на прикладі м. Кременчука Полтавської області, в якому на січень 2020 р. зареєстровано понад 47 тис од. автотранспорту, із них 88,55% легкові й 6,85% – вантажні автомобілі, 2,58% – автобуси, 2,07% – спеціальний транспорт [8]. Через м. Кременчук проходять автошляхи європейського значення М 22 (Полтава – Слобозія) та національного значення Н 08 (Бориспіль – Маріуполь). Головною магістраллю, яка сполучає мікрорайони із центром міста, є вулиці Світлофська, Халаменюка, Першотравнева, Небесної Сотні, Макаренка, Республіканська, проспекти Лесі Українки, Свободи. Інтенсивність руху транспортного потоку на досліджуваній ділянці міста Кременчука наведено у табл. 1.

За існуючою методикою [9] на досліджуваній ділянці урбоєкосистеми проведено вимірювання рівня шуму шумоміром Smart Sensor AS804 в діапазоні від 30 до 130 дБ (табл. 2).

На рис. 1 наведено графік залежності max, min еквівалентного рівня шуму від розташування об'єктів дослідження.

Таблиця 2

Результати вимірювання рівня шуму на досліджуваній ділянці

Перехрестя вулиць	Значення max / min еквівалентного рівня шуму, дБА				Рівень шуму біля житлової забудови, дБА	
	1	2	3	сер.	Зліва	Зправа
Республікан., Манагарова	61,7/57,8	57,6/58,1	59,7/57,8	59,7/57,9	58,8	57,1
Приходька, пр. Приходька	59,8/56,0	59,7/56,6	59,9/56,9	59,8/56,5	58,5	59,6
І. Приходька, Макаренка	69,7/58,7	67,3/57,8	68,2/57,8	68,4/58,1	59,3	56,4
Першотравн., Небес. Сотні	77,0/59,4	88,8/61,9	73,3/62,9	79,7/61,4	77,7	77,7
Європейськ., Свободи	74,4/60,0	82,0/62,9	80,5/60,4	79,0/61,1	77,0	77,0
Свободи, Київської	74,8/57,9	77,1/61,5	81,8/66,0	77,9/61,8	75,9	75,9
Свободи, Гвардійської	76,5/61,3	82,5/58,3	80,5/56,7	79,8/58,8	72,8	66,8
Гер. Крут, Л. Українки	62,5/60,0	65,3/61,5	63,8/59,6	63,9/60,4	60,2	55,1
Л. Українки, Т. Бульби	65,5/57,7	62,2/58,1	61,2/61,0	63,0/58,9	60,3	59,8

Рис. 2. Графік залежності величини вібраційного прискорення від складника віброприскорення

Результати дослідження показали, що у зв'язку з великою інтенсивністю руху транспортної системи у центральній частині м. Кременчука, близькістю розташування житлової забудови до проїжджої частини рівень шуму у сільбищній зоні становить понад 70 дБА за норми 50–55 дБА [9]. Найбільші шумові вібраційні навантаження на урбоєкосистему спостерігаються на перехрестях вулиць Першотравневої та Небесної Сотні, проспекті Свободи та Київської, проспекті Свободи та вулиці Європейської.

Натурні вимірювання впливу транспортної системи на вібраційну безпеку урбоєкосистеми проводили за допомогою комп'ютерної програми Lgraph 2 та датчику, що фіксує вертикальну та горизонтальний складник коливань. Графік залежності величини вібраційного прискорення від складника віброприскорення наведено на рис. 2. Проаналізувавши отримані дані, виявлено перевищення допустимих рівнів вібрацій у лінії житлової забудови м. Кременчука на 15–25 дБА.

Для розрахунку комплексної оцінки впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми на базі комп'ютерної програми Microsoft Excel розроблено програмний продукт «ЕкоАвто», який відповідно до бальної системи [9] визначає рівень забруднення в балах (табл. 3).

На підставі отриманих результатів за результатами порівняльного аналізу з використанням бальної системи (табл. 4) та програмного продукту «ЕкоАвто» визначено рівень шумової та вібраційної безпеки в кожній точці досліджуваної ділянки за допомогою колірної індикації.

Приклад карти-схеми результатів комплексної оцінки впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми за допомогою комп'ютерної програми «ЕкоАвто» наведено на рис. 3.

Оцінюючи результати проведених розрахунків, відзначаємо, що виявлено критичний стан від впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми у м. Кременчук на перехресті вулиць Першотравневої та Небесної Сотні, Першотравневої та Пролетарської, проспекту Свободи та вулиці Київської, проспекту Свободи та вулиці Європейської.

Залежно від ситуації, що склалася на досліджуваних ділянках м. Кременчука, проаналізовано та здійснено підбір захисних заходів щодо змен-

Таблиця 3
Комплексна оцінка впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми

Чинники впливу транспортної системи	Рівень шуму, дБА	Рівень віброшвидкості, дБ	Бали
Рівень комфортності			
Сприятливий	< 50	< 30	0
Відносно сприятливий	50-55	30-40	1
Несприятливий пофакторно	55-60	40-50	2
Несприятливий	> 60	> 50	3

Таблиця 4
Рівень шумової та вібраційної безпеки урбоєкосистеми

Рівень шумової та вібраційної безпеки урбоєкосистеми	Кількість балів	Колірна індикація
Задовільний стан	< 4	Зелений колір
Критичний стан	4 – 9	Жовтий колір
Незадовільний стан	> 9	Червоний колір

Рис. 3. Комплексна оцінка впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми

шення негативного впливу транспортної системи на урбоєкосистему: зниження швидкості руху транспортного потоку, використання шумозахисних споруд, пристроїв та екранів, дворядна посадка дерев і чагарників, що позитивно позначиться не лише на шумовій та вібраційній безпеці урбоєкосистеми, а й на візуальному стані сельбищної зони.

Головні висновки. На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки: 1. Установлений рівень шуму у м. Кременчук перевищує нормативні допустимі значення на 10–30 дБА. 2. Із використанням програми Lgraph2 виявлено перевищення допустимих рівнів вібрацій на лінії житлової забудови на 15–25 дБА. 3. За допомогою розробленого програмного продукту «ЕкоАвто» установлено критичний стан від впливу транспортної системи на шумову та вібраційну безпеку урбоєкосистеми у м. Кременчук на перехресті вулиць Першотравневої та Небесної

Сотні, Першотравневої та Пролетарської, Свободи та Київської, Свободи та Європейської. 4. Здійснено підбір захисних заходів щодо зменшення негативного впливу транспортної системи на урбоєкосистему м. Кременчука: зниження швидкості руху транспортного потоку, використання шумозахисних пристроїв та екранів, дворядна посадка дерев і чагарників, що позитивно позначиться не лише на якості повітряного басейну, а й на візуальному стані сельбищної зони.

Перспективи використання результатів досліджень. Розроблений комплексний підхід дослідження впливу шуму та вібрації від транспортної системи на урбоєкосистему (на прикладі міста Кременчука) з використанням комп'ютерної програми «ЕкоАвто» може бути використаний в окремих навчальних курсах під час викладання дисциплін екологічного спрямування.

Література

1. Решетченко А.І. Дослідження впливу автотранспортних потоків на акустичне середовище урболандшафтів. *Комунальне господарство міст*. 2018. № 7(146). С. 180–183.
2. Цілі сталого розвитку: Україна : Національна доповідь 2017 / М-во економічного розвитку і торгівлі України. URL: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf (дата звернення: 14.01.2021).
3. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 01 січня 2020 р. № 2354-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> (дата звернення: 10.01.2021).
4. Night noise guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2019. Mode of access: URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0019/246322/E92845r.pdf (дата звернення: 14.04.2021).
5. Абракітов В.Е. Картографування шумового режиму центральної частини міста Києва : монографія. Харків : ХНАМГ, 2012. С. 123–125.
6. Прутков Б.Г. Методи і шляхи зниження міського шуму : монографія. Ужгород : ЦНП Містобудування, 2014. С. 34.
7. Пулашкин В.Ю., Яремчук А.Н. Картографування шумового забруднення автомагістралей г. Николаева методами гис-технологій (с использованием программного пакета ARCGIS). *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2019. № 2(21). С. 132–139.
8. Регіональний сервісний центру Полтавській області Міністерства внутрішніх справ України. : вебсайт. URL: <http://hsc.gov.ua/postlugi/postlugi-shho-nadayutsya-servisnimi-tsentrarn/> (дата звернення: 10.05.2021).
9. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. URL: <http://vsegost.com/Catalog/20/20016.shtml> (дата звернення: 10.05.2021).