

РОЗРАХУНОК ШУМУ ТА ВИКИДІВ CO₂ В ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА ЛЬВОВА

© Мазур В.В., Мельник М.Р., 2009

Розглянуто методи розрахунку шуму та викидів CO₂ в транспортній мережі міста Львова.

Ключові слова – розрахунок шуму, викиди CO₂, транспортна мережа

The methods for noise calculation and CO₂ pollution in Lviv transport network are considered in this paper.

Keywords – noise calculation, CO₂ pollution, transport network

Вступ

Невпинне зростання кількості транспортних засобів та підвищення інтенсивності руху транспортних потоків (ТП) в умовах обмеженої площі і недосконалої транспортної мережі зумовили загострення транспортних проблем практично у всіх великих містах. Вирішення цих проблем особливо ускладнене у старовинному м. Львові, зокрема в центральній історичній його частині, насиченій великою кількістю перехресть і вузьких вулиць. Спричинене розвитком транспорту підвищення рівня шуму і загазованості є одним із найсерйозніших негативних факторів, який безпосередньо впливає на здоров'я мешканців міста. Тому для автоматизованого проектування пасажирсько-транспортної системи необхідне розроблення і програмна реалізація комплексних моделей для опису не тільки транспортних потоків, але й всіх супутніх факторів, які визначають життєдіяльність міста і пов'язані безпосередньо з розвитком транспорту [1]. Для визначення і оцінювання впливу транспорту на навколишнє середовище в цій роботі розглядаються питання розрахунку шуму і викидів CO₂, актуальність яких для м. Львова не викликає сумніву. Саме тому такі розрахунки виконували в межах міжнародного українсько-німецького проекту з розроблення стратегії розвитку пасажирсько-транспортної системи м. Львова.

Сьогодні існує багато програм та моделей для розрахунку автотранспортного шуму. Однією з найвідоміших серед них є німецька методика RLS-90 [2], яка забезпечує необхідну точність і врахування важливих факторів. Однак, специфіка м. Львова вимагає подальшого розвитку шумових моделей і вдосконалення методів та алгоритмів цієї програми для врахування таких додаткових факторів, як визначення рівня шуму на малих відстанях від дороги на вузьких вулицях міста, розрахунок шуму при малих швидкостях транспорту тощо.

До недавнього часу в Україні під час розрахунків загазованості основну увагу приділяли нормуванню та визначенню концентрації шкідливих газів (CO, CxHy, NOx). Для цього розроблено моделі та методики. Підписання Україною Кіотського протоколу обумовило необхідність розроблення моделей і програм для визначення викидів CO₂. Аналіз можливості використання деяких відомих моделей (зокрема [3]) для розрахунку викидів CO₂ автотранспортом на території м. Львова виявив їхні недоліки. Так наведені співвідношення забезпечують розрахунок викидів CO₂ переважно на перегонах і не враховують специфіку зони перехресть. Необхідно також детальніше враховувати склад транспортних потоків міста.

Метою роботи є розроблення математичних моделей для розрахунку шуму та викидів CO₂ і адаптація їх для транспортної мережі міста Львова.

Розрахунок викидів CO₂ і автотранспортного шуму базується на визначенні інтенсивності та характерних швидкостей транспортних потоків. Визначали інтенсивність транспортних потоків з використанням відеознімання на 150 перехрестях міста для дообіднього та післяобіднього періодів

з поглибленим розподілом за групами транспорту (легкові автомобілі, три групи автобусів та чотири групи вантажних автомобілів). Крім того, на основі інтервальних спостережень ключових перехресть протягом доби розраховувались необхідні добові інтенсивності транспортних потоків. Характерні швидкості транспортних потоків визначали на основі аналізу часу руху тестового автомобіля в потоці з відповідною швидкістю. Фрагменти карт точок спостережень та характерних швидкостей транспортних потоків м. Львова наведені на рис. 1.

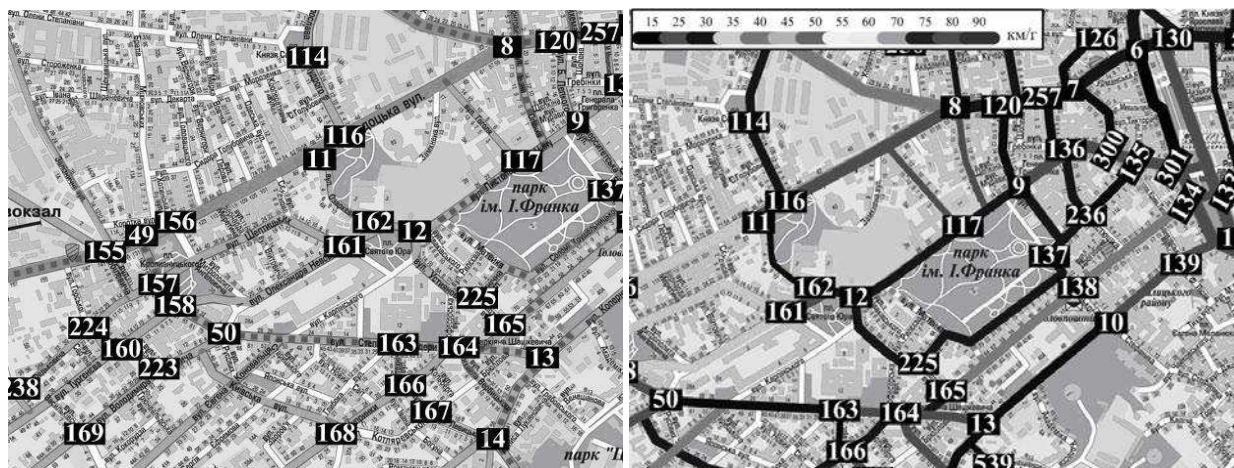


Рис. 1. Фрагменти карт точок спостережень та характерних швидкостей ТП

Розрахунок автотранспортного шуму. Для розрахунку автотранспортного шуму переважно були використані математичні моделі і співвідношення методики RLS-90. Однак специфіка м. Львова обумовила необхідність модифікації та вдосконалення цієї методики. Зокрема розміщення доріг в центральній частині міста в безпосередній близькості до будинків (ширина тротуару 2–3 м) вимагає уточнення методів розрахунку. У роботі було виконано дослідження двох варіантів розрахунку та їхнього впливу на точність визначення рівня шуму. У першому варіанті враховувалась сумарна інтенсивність транспортних потоків двох смуг руху і визначення віддалі від точки спостереження до осевої лінії згідно з методикою RLS-90. У запропонованому в роботі другому варіанті розраховують рівень шуму для транспортного потоку кожної смуги і визначається віддаль від точки спостереження до центра кожної смуги з подальшим розрахунком результуючого рівня шуму на основі енергетичної суми [4]:

$$Leq_{SUM} = 10 \lg \sum_i^n 10^{0.1 L_i},$$

де Leq_{SUM} – еквівалентний рівень шуму в точці спостереження дБ(А); L_i – еквівалентний рівень шуму в точці спостереження для i -ї смуги руху.

Під час досліджень були отримані такі результати: значення рівня шуму, визначеного на основі першого та другого варіантів розрахунку, відповідно становило: для віддалі 5 м – 83.6 та 86.7 дБ(А); для віддалі 10 м – 76.6 та 77 дБ(А); для віддалі 25 м – 69.8 та 69.7 дБ(А). Очевидно, що для визначення рівня шуму при віддальях, менших, ніж 10 м необхідно використовувати другий варіант розрахунку. Цей варіант, крім того, дозволяє враховувати різницю інтенсивностей транспортних потоків у сусідніх смугах, яка іноді буває дуже істотною.

Аналіз карти характерних швидкостей руху показав наявність значної кількості ділянок руху з низькою швидкістю (менше 30 км/год). Одним з недоліків методики RLS-90 є те, що при швидкості меншій 30 км/год формули для визначення рівня шуму є неточними [2]. Тому для визначення рівня шуму на таких ділянках запропоновано враховувати тільки шум двигуна.

Результати розрахунку рівня шуму на вулицях міста наведені в табл. 1.

Розподіл точок розрахунку залежно від еквівалентного рівня шуму

Віддаль, м	Точки розрахунку	Еквівалентний рівень шуму, дБ(А)				
		менше 40	40-50	50-60	60-70	більше 70
25	Кількість	2	7	142	669	180
	%	0.2	0.7	14.2	66.9	18.0
10	Кількість	2	2	26	287	683
	%	0.2	0.2	2.6	28.7	68.3

Як очевидно з табл. 1 на відстані 10 метрів від дороги у майже 70 % всіх точок розрахований рівень шуму перевищував 70 дБ(А). Такі відстані до будинків характерні для розрахункових точок центральної частини міста, частка яких становила близько 17 % від їх загальної кількості. Порівняння отриманих результатів з допустимим еквівалентним рівнем шуму (який в денні години для територій, що безпосередньо прилягають до житлових будинків, становить 55 дБ(А) [5]) вказує на необхідність вжиття заходів для його зменшення. Це особливо стосується центральної частини міста, де будинки розташовані у безпосередній близькості від дороги.

Визначення викидів CO₂ автомобільним транспортом. Викиди CO₂ визначаються кількістю спожитого пального [3]. При повному згоранні 1 кг бензину (1.4 л при середній питомій вазі 0.7 кг/л) споживається 3.04 кг кисню O₂ і виділяється 3.1 кг вуглекислого газу CO₂. Відповідно, при згоранні 1 л бензину виділяється 2.16 кг CO₂. Аналогічно, при повному згоранні 1 кг дизельного пального споживається 3.34 кг O₂ і виділяється 3.16 кг CO₂. При питомій вазі дизельного пального 0.825 кг/л при згоранні 1 л дизельного пального виділятиметься 2.6 кг CO₂.

Згідно з класифікацією автомобільних транспортних засобів в країнах ЄС [3] витрати пального (л/км) і викиди CO₂ (кг/км) характеризуються показниками (табл. 2), які підтверджують отримані вище значення викидів CO₂ (в кг на 1 л пального).

Таблиця 2

Класифікація	Повна маса, кг	Пасажиро-місткість	Витрати пального, л/км	Викиди CO ₂ кг/км	Викиди CO ₂ на 1л пального, кг/л
Пасажирські бензинові					
BM1	до 2500	до 8 місць	0.092	0.2	2.17
BM2	2500-5000	більше 8	0.191	0.383	2.01
BM3	більше 5000	більше 8	0.543	1.142	2.10
Пасажирські дизельні					
DM1	до 2500	до 8 місць	0.067	0.155	2.3
DM2	2500-5000	більше 8	0.109	0.251	2.3
DM3	більше 5000	більше 8	0.408	1.151	2.8
Вантажні бензинові					
BN1	до 3500		0.135	0.277	2.05
BN2	3500-12000		0.367	0.726	1.98
BN3	більше 12000		0.673	1.259	1.87
Вантажні дизельні					
DN1	до 3500		0.075	0.173	2.31
DN2	3500-12000		0.265	0.666	2.51
DN3	більше 12000		0.457	1.032	2.26

За цією класифікацією бензинові легкові автомобілі належать до групи BM1, а дизельні легкові автомобілі – до групи DM1. Поширені у Львові бензинові автобуси особливо малого класу (мікроавтобуси) БАЗ-2215 “Дельфін” та “Газель” належать до групи BM2. Дизельні мікроавтобуси

Мерседес 208 та 308 (переобладнані для перевезення пасажирів) належать до групи DM2. До групи BM3 належать малопоширені застарілі автобуси малого класу (бензинові ПАЗ) та середнього класу (ЛАЗ). Найпоширеніші у Львові сучасні автобуси малого класу (БАЗ-А079 “Еталон”, А069 “Богдан”, ГалАЗ-3207 “Вікторія”, КАВЗ-3244 належать до групи DM3. До цієї групи належать автобуси середнього класу (А-144 “Богдан”) та автобуси великого класу (ЛАЗ 5252 тощо), які сьогодні не використовуються у м. Львові переважно через високу вартість та недостатню маневреність. Поширені бензинові та дизельні вантажні мікроавтомобілі (фургони) належать відповідно до груп BN1 та DN1. До групи BN2 належать застарілі бензинові вантажні автомобілі (ГАЗ), які практично не експлуатуються через великі затрати пального. Також практично відсутні бензинові автомобілі великої вантажопідйомності з групи BN3. До групи DN2 належать дизельні автомобілі середньої вантажопідйомності (ЗІЛ-130). Автомобілі великої вантажопідйомності (КАМАЗ-5322 та ін.), які переважно використовуються на будівництві, а також автомобілі з напівпричепами та автопоїзди, належать до групи DN3.

Відповідно до наведеної класифікації під час обстеження транспортних потоків виділялись такі групи транспортних засобів:

автобуси : L – мікроавтобуси БАЗ-2215 “Дельфін”, “Газель”, Мерседес-208, 308

M – малі автобуси БАЗ-А079 “Еталон”, А069 ”Богдан”, ГалАЗ-3207 “Вікторія”

B – середні і великі автобуси (ЛАЗ, Ікарус), великі міжміські автобуси.

вантажні автомобілі: L – вантажні мікроавтомобілі, мікроавтобуси (фургони)

M – вантажні автомобілі середньої вантажопідйомності (ЗІЛ-130)

B – вантажні автомобілі великої вантажопідйомності (КАМАЗ)

T – напівпричепа та автопоїзди.

Зважаючи на приблизно однакову кількість викидів CO₂ на 1 л пального (бензину – 2.17, дизельного – 2.3) при обстеженнях не здійснювали поділ легкових автомобілів на бензинові та дизельні (що візуально практично неможливо). При розрахунках приймалось усереднене значення викидів CO₂ – 2.23 кг/л при середньому споживанні пального (бензину чи дизельного) – 0.08 л/км. Дещо завищене значення споживання пального для мікроавтобусів групи BM2 (0.191 л/км) порівняно з реальним – 0.16 л/км (БАЗ-2215, ”Газель”) компенсується меншим коефіцієнтом викидів (2.01). Для малих автобусів групи M приймалась реальна норма витрати дизельного пального 0.18 л/км (відповідно викиди CO₂ будуть 0.5 кг/км), а для автобусів групи B – 0.27 л/км дизельного пального (викиди CO₂ – 0.76). Для вантажних автомобілів норми споживання пального та кількість викидів CO₂ не мінялись.

Розрахунок викидів CO₂ здійснюється по-різному для двох різних ділянок вулиць міста: зони перехрестя та перегону між перехрестями. Він базується на визначенні кількості пального, яке споживається в зоні перехрестя чи на перегонах.

Кількість викидів CO₂ на кілометровій ділянці перегону за годину визначається за формулою $Y = \sum Q_j G_j I_j, j=1, J$

де Q_j – усереднена норма споживання пального автомобілем j - групи, л/км;

G_j – викиди CO₂ на 1 л пального для автомобілів j - групи, кг/л;

I_j – інтенсивність потоку автомобілів j - групи, авт/год;

J – загальна кількість груп автомобілів за прийнятою класифікацією.

Для прикладу, при інтенсивності потоку тільки легкових автомобілів 600 авт/год, усередненій нормі споживання пального 0.08 л/км і кількості викидів CO₂ – 2.23 кг/л сумарна кількість викидів CO₂ на одному кілометрі за годину становитиме 107 кг/(км*год).

На практиці для визначення викидів CO₂ на кілометр перегону враховувався склад транспортного потоку за вказаними вище групами транспортних засобів, який визначався під час виконаних обстежень.

Зона перехрестя має розміри 50–100 м від центра перехрестя по кожній з вулиць. Довжина цієї зони залежить від інтенсивності потоку транспорту і тривалості сигналів світлофора. При інтенсивності потоку транспорту 600 авт/год і тривалості червоного сигналу 30 с перед перехрестям накопичується 5–6 автомобілів, які утворюють чергу завдовжки приблизно 50 м (наприклад, 2

вантажні автомобілі чи автобуси – 20 м і 4 легкові – 30 м). Тривалість розгону кожного автомобіля до швидкості 36 км/год, яка є характерною для більшості периферійних вулиць м. Львова, 10 с при прискоренні 1 м/с^2 . При цьому пройдена відстань становить 50 м. На цій віддалі спостерігається підвищене споживання пального і відповідне підвищення рівня викидів CO_2 . Для другого та наступних автомобілів зона підвищених викидів поступово зміщується від центра перехрестя. Тому з практичною точністю можна стверджувати, що довжина зони підвищених викидів CO_2 становить 100 м з центром на перехресті.

Для визначення викидів CO_2 в зоні перехрестя (100 м) враховується коефіцієнт підвищення споживання пального при розгоні K_j . Для найпоширеніших груп транспортних засобів ці коефіцієнти для розгону до швидкості 36 км/год (визначені інтерполяцією на основі табл. 3.18 [3]) становлять відповідно $\text{BM1} - 5.3$, $\text{DM3} - 3$. Сумарні викиди під час розгону в зоні перехрестя визначаються за формулою

$$Y=0.05\sum Q_jG_jI_jK_j, j=1,J$$

Враховуючи, що в 100-метровій зоні перехрестя розгін здійснюється лише на 50-ти метрах, а далі транспорт рухається в режимі, характерному для перегону, сумарні викиди CO_2 в цій зоні дорівнюватимуть

$$Y=0.05\sum Q_jG_jI_j(1+K_j), j=1,J$$

На основі отриманих співвідношень реалізована програма, яка дає змогу визначати кількість викидів CO_2 на перегонах та в зоні перехресть для різних значень інтенсивностей транспортних потоків з врахуванням їх складу.

Висновки

Розроблені математичні моделі і отримані математичні співвідношення забезпечують розрахунок автотранспортного шуму на вулицях міста, а також розрахунок викидів CO_2 на перегонах та в зоні перехресть. Враховується склад та інтенсивність транспортних потоків і швидкість руху. Для уточнення розрахунку рівня автотранспортного шуму запропоновано визначення рівня шуму для транспортного потоку кожної смуги з подальшим розрахунком результуючого рівня шуму на основі енергетичної суми. Крім того для швидкостей менше 30 км/год пропонується враховувати лише шум двигуна. Отримані практичні результати забезпечують розроблення заходів для вдосконалення транспортної системи міста.

1. Мазур В.В. Автоматизоване проектування пасажирсько-транспортних систем міста // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика". – № 522. – Львів, 2004. – С. 18–21. 2. User's Manual, SoundPLAN. 3. В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко. Промышленно-транспортная экология. – М.: Высшая школа, 2001. 4. Kucharski R. „Hałas drogowy”, Wydawnictwo Naukowe PWN. – Warszawa, 1979. 5. СанПиН 3077-84, Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.