



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



*ERASMUS + project "Synergy of educational, scientific, management and industrial
components for climate management and climate change prevention"
619119-EPP-1-2020-1-NL-EPPKA2-CBHE-JP
Kharkiv National Automobile and Highway University*



1

Kharkiv National Automobile and Highway University

COMPREHENSIVE QUALIFICATION WORK

Climatically neutral cities

Part 1.

"SUSTAINABLE AND ENVIRONMENTALLY-ORIENTED MOBILITY"

**AUTHOR: graduate of the second (master's) level of higher education
Oleksandra Evgeniivna Derkach**

SCIENTIFIC ADVISOR: Ph.D., Assoc. Prof. Zhelnovach Ganna Mykolayivna



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



*ERASMUS + project "Synergy of educational, scientific, management and industrial
components for climate management and climate change prevention"
619119-EPP-1-2020-1-NL-EPPKA2-CBHE-JP
Kharkiv National Automobile and Highway University*



1

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

КОМПЛЕКСНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Кліматично нейтральні міста

Частина 1.

**«СТАЛА ТА ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНА
МОБІЛЬНІСТЬ»**

**АВТОР: здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
Деркач Олександра Євгеніївна**

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: к.т.н., доцент Желновач Ганна Миколаївна

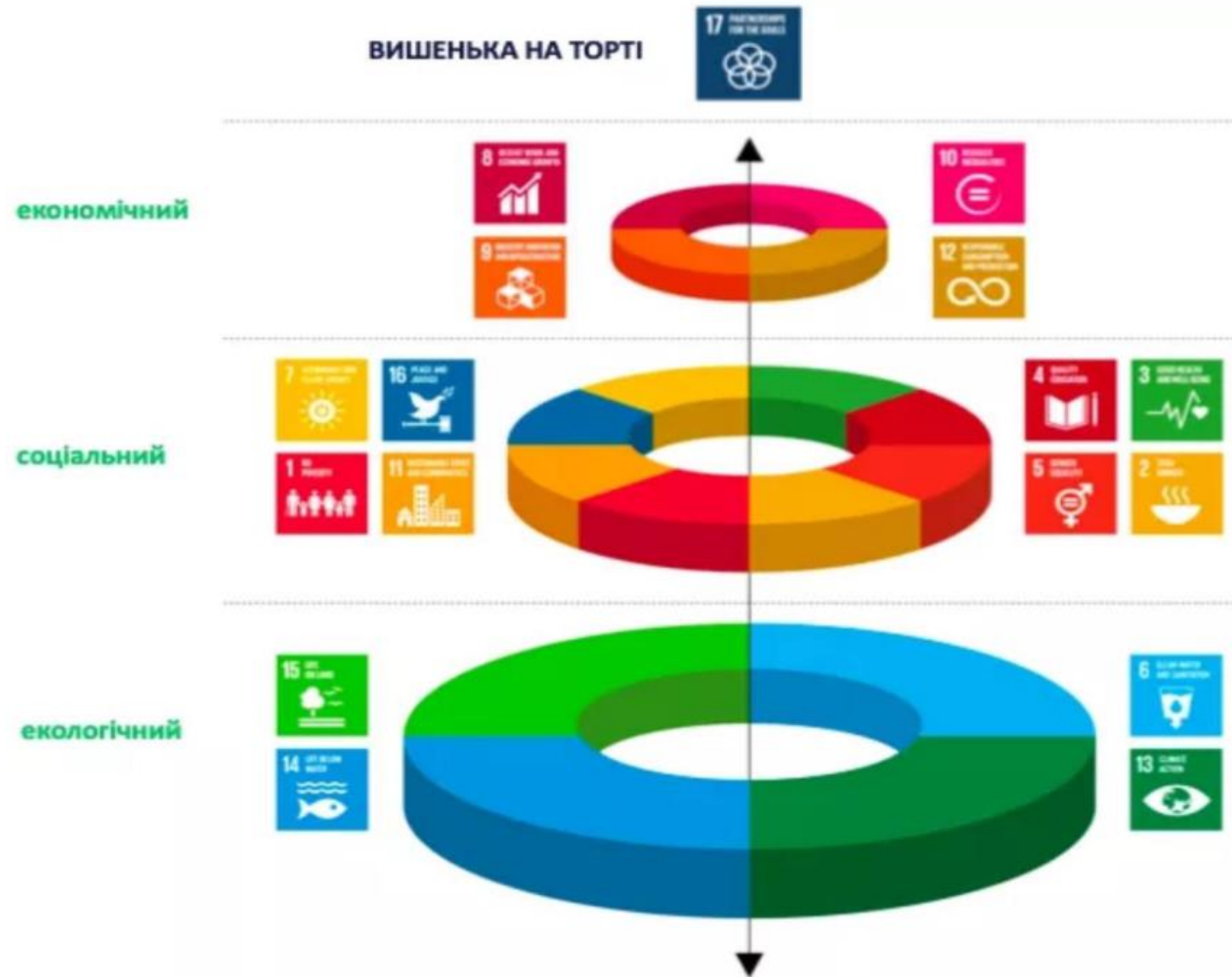
МЕТА РОБОТИ – розробка шляхів забезпечення сталої мобільності урбанізованих територій з акцентом на розвиток велосипедного руху для забезпечення належного рівня екологічної безпеки, а також запобігання змінам клімату.

ОСНОВНІ ЗАДАЧІ РОБОТИ:

1. Характеристика основ створення та функціонування кліматично нейтральних міст;
2. Характеристика автомобільного транспорту як джерела впливу на кліматичну систему міста;
3. Обґрунтування екологічної та кліматичної доцільності запровадження сталої мобільності у містах;
4. Оцінка доцільності розвитку сталої велотранспортної інфраструктури;
5. Розробка рекомендацій щодо створення умов для розвитку сталої мобільності у містах.

СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЯК ОСНОВА КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ

Сталий розвиток – це розвиток, що відповідає потребам сучасності, не впливаючи на здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби.



ОСНОВИ СТВОРЕННЯ КЛІМАТИЧНО НЕЙТРАЛЬНИХ МІСТ



Загальна схема досягнення
кліматичної нейтральності

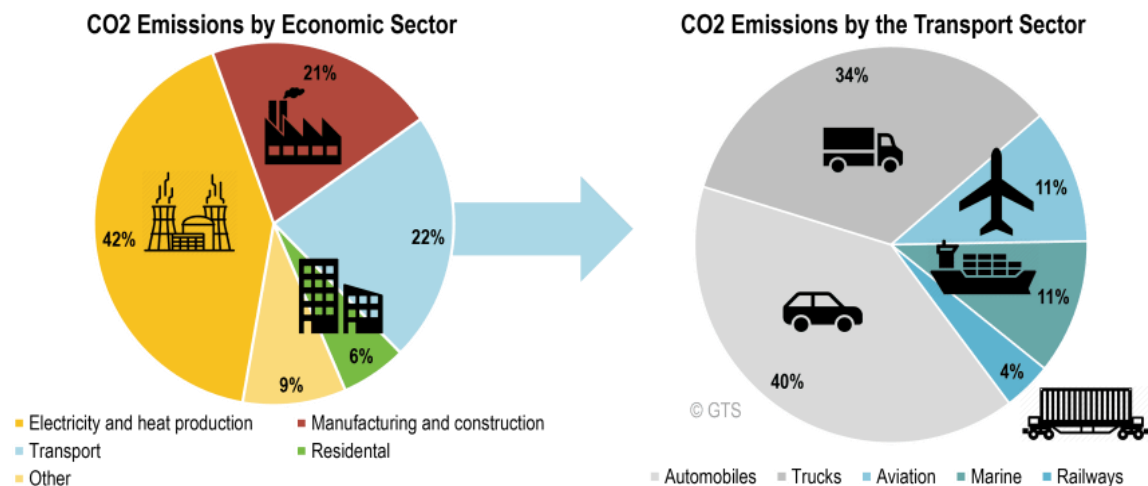
Шляхи досягнення кліматичної
нейтральності міста
(на прикладі м. Львів)



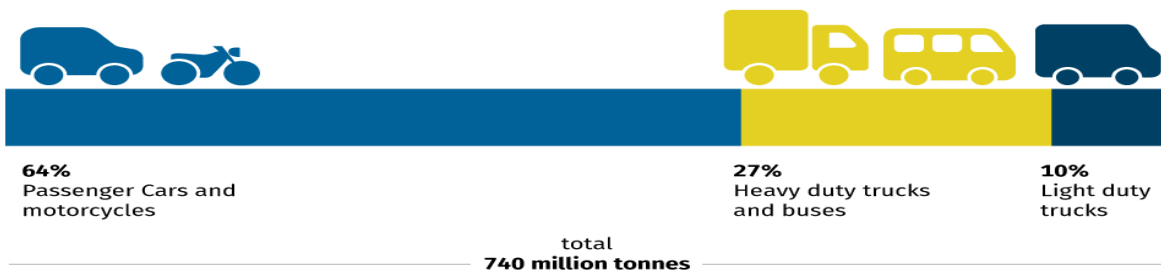


АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТУ ЯК ДЖЕРЕЛО ВПЛИВУ НА КЛІМАТИЧНУ СИСТЕМУ МІСТА

Джерела викиду CO₂



Викид CO₂ за видами автомобільного транспорту



1. АТМОСФЕРА

- Великомасштабне розповсюдження забруднень.
- Концентрація забруднюючих речовин через місцеві умови (наприклад, смог)
- Фотохімічні реакції, спричинені ультрасвітловим промінням, зокрема над озоном, діоксидом сірки та діоксидом азоту.
- Зміна клімату.
- Кислотний дощ
- Синергетичний ефект при поєднанні забруднюючих речовин (наприклад, смогу та парникових газів).

2. ГІДРОСФЕРА

- Розплавлення харчових речовин у розчиненому або колісидному стані
- Підкислення та втрата нейтралізуючого потенціалу наземного та підземного хвилювача.
- Падіння pH після танення снігу (вразливість до водних організмів).
- Зростає в розчинності кількох металів через підкислення.
- Додатки до органічних сполук алюмінію, марганцевий колій, магнесун і полісію рунолісом.
- Забруднення ґрунту та підґрунтя.

3. ЛІТОСФЕРА

- Відкладення.
- Вивільнення токсичних іонів металів (ялмунію, кадмію, еіс) шляхом аноліції
- Втрата поживних речовин, особливо калію та магнію.
- Гальмування мінералізації азоту.
- Інгібування розкладання.
- Втрата сольової флори і фауни
- Фіксація рослинами важких металів (наприклад, EAD) і забруднення.
- Відбиток Lans.
- Видобуток сировини, наприклад мінералів та енергії

4. ЕКОСФЕРА

4.1 ВОДНА ЕКОСФЕРА

- Небачені загрози еосистем.
- Зникнення вразливих видів і поширення толерантних.
- Зменшення бактеріальної обробки органічної речовини шляхом нітрифікації.
- Зменшення доступних поживних речовин для водних видів.
- Репродуктивні перешкоди.

4.2 ЕКОСФЕРА СУШІ

- Пошкодження щодо модифікації воготації:
- ерозія ґрунту
- повітроочисна здатність лінійної екосфери
- Арпуртикаційна здатність екосфери
- Продовольчі продукти (сільське господарство).
- Зменшення екологічних діапазонів.
- Зниження генетичного потенціалу видів.
- Зменшення запасів їжі та зміна харчового ланцюга.

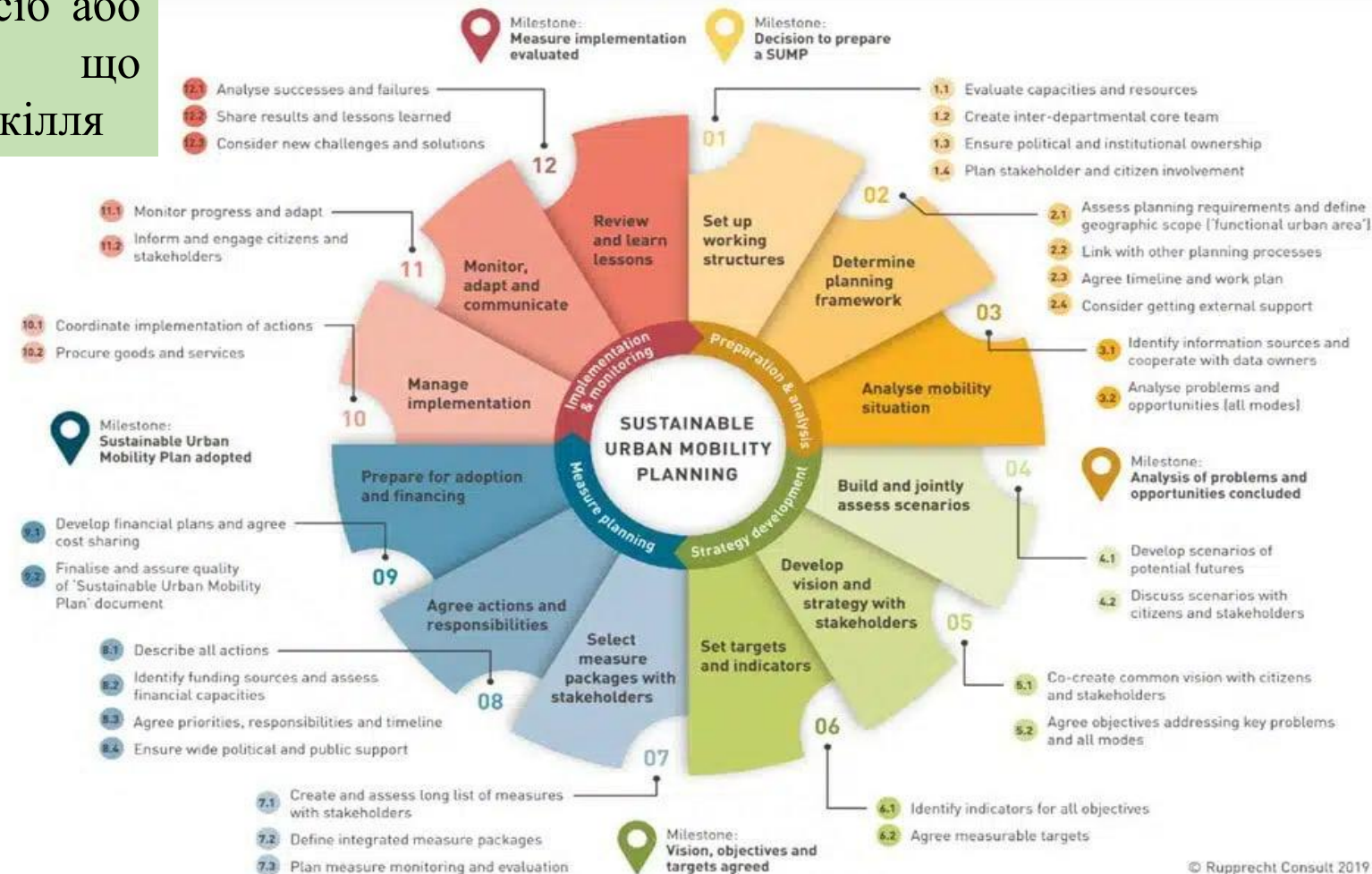
4.3 ЕКОСФЕРА ЛЮДИНИ

- Запахи.
- Серцево-судинні та респіраторні проблеми.
- Сприйнятливність до інфекції.
- Травми, недієздатність, госпіталізація
- Пошкодження конструкцій:
- Втрата корисної брехні (амортизація)
- Втрата майнових цінностей.
- Знищення пам'яток героїчного та зовнішнього вигляду



ЗАПРОВАДЖЕННЯ СТАЛОЇ МОБІЛЬНОСТІ У МІСТАХ

Стала мобільність – це будь-який спосіб або організаційна форма пересування, що дозволяють знизити рівень впливу на довкілля



ЕКОЛОГІЧНО ЗНАЧИМІ КРИТЕРІЇ РОЗВИТКУ СТАЛОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНО ДРУЖНЬОЇ МОБІЛЬНОСТІ





КРИТЕРІЇ РОЗВИТКУ ВЕЛОТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

1) Безпека – велотранспортна інфраструктура повинна забезпечувати мінімальний ризик поранення або травми, а також почуття безпеки у велосипедистів

2) Послідовність – велотранспортна інфраструктура повинна являти собою єдину систему, яка б пов'язала основні місця початку поїздок і місця призначення, бути безперервною, однорідною за умовами пересування, мати інформаційні показники, дозволяти вибирати варіанти маршруту руху.



3) Прямолінійність і рівномірність руху – велотранспортний маршрут повинен мати мінімальну кількість ділянок зі зміною напрямку руху. Велосипедисти не повинні затримуватися на перетинах з потоками автомобільного транспорту. Велосипедисти повинні мати можливість рухатися з дозволеною максимальною швидкістю

4) Привабливість – велотранспортна інфраструктура повинна забезпечувати освітлення, естетику, інтеграцію з навколишнім простором, доступ до об'єктів сервісу, торгівлі.

5) Комфорт – велотранспортна інфраструктура повинна забезпечувати якість покриття, мінімальні ухили, виняток складних маневрів, мінімізацію потреби спішуватися, мінімальні перешкоди з боку транспортних засобів і пішоходів

МЕХАНІЗМ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗВИТКУ ВЕЛОТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Інтегральний критерій ефективності розвитку велотранспортної мережі (BTM):

$$P = \frac{S_1 \cdot \alpha_1 + S_2 \cdot \alpha_2 + \dots + S_n \cdot \alpha_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n} \rightarrow \max,$$

де $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – коефіцієнти вагомості i -го показника ефективності; $S_1, S_2, \dots, S_n$ – відносні значення показників ефективності певного сценарію розвитку BTM в порівнянні з базовим, бал.

Пропоновані базові показники оцінки очікуваної екологічної ефективності від реалізації комплексу заходів з розвитку BTM:

- зниження викидів забруднюючих речовин (ЗВ) автотранспортом при його заміщенні велосипедним рухом (S_1 , т/рік);
- зниження споживання палива автотранспортом при його заміщенні велосипедним рухом (S_2 , т/рік);
- зниження рівня транспортного шуму на сельбищній території за рахунок розвитку велосипедного руху (S_3 , дБА).

Показник зниження автотранспортної роботи, що виконується всіма видами транспорту:

$$\Delta Z = \frac{\delta \cdot K_B \cdot W(T)}{K_C} = N \cdot \Delta L,$$

де δ – частка велосипедистів, раніше використовували особистий автомобіль; K_B – регіональний коефіцієнт пасажиромісткості автотранспортних засобів, пас/VELO; K_C – коефіцієнт наповнення салону автомобіля, пас/авт.; N – загальна кількість особистих автомобілів, авт.; ΔL – зміна середньорічного пробігу 1 автомобіля, пов'язаного із заміною частини автомобільних поїздок велосипедними поїздками, км; $W(T)$ – обсяг велотранспортної роботи, що виконується на час T , вело/км.

ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ОЧІКУВАНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЛЕКСУ ЗАХОДІВ З РОЗВИТКУ ВТМ

**Зниження викидів забруднюючих речовин (ЗВ) автотранспортом при його заміщенні велосипедним рухом (S_1 , т / рік)
та зниження споживання палива автотранспортом при його заміщенні велосипедним рухом (S_2 , т / рік) :**

$$\Delta m_i = \sum_i \cdot \sum_j \cdot \sum_k \cdot \sum_l \cdot \sum_n \frac{\delta \cdot W(T) \cdot K_{\text{вел}}}{K_c \cdot 1000} \cdot (m_{1ijk} \cdot l_{kl} \cdot m_{2ijn} \cdot t_{\text{пр}} \cdot p_j \cdot \alpha_j \cdot N_{ikl}),$$

де m_{1ijk} – пробіговий викид і-ї забруднюючої речовини автотранспортного засобу j-го розрахункового типу при русі по вулицях і дорогах k-ї категорії, г/км; l_{kl} – протяжність l-ї ділянки вулиць і доріг k-ї категорії, км; N_{jkl} – інтенсивність руху автотранспортного засобу j-го розрахункового типу на l-й ділянці вулиць і доріг k-ї категорії протягом доби, тис. авт./добу; m_{2ijn} – викид і-ї забруднюючої речовини при пуску й прогрівання двигуна автотранспортного засобу j-го розрахункового типу для П-го періоду року, г/хв.; $t_{\text{пр}}$ – час прогріву двигуна, хв.; n_j – кількість холодних пусків в день автотранспортного засобу j-го розрахункового типу; α_j – коефіцієнт виїзду автотранспортного засобу j-го розрахункового типу.

**Зниження рівня транспортного шуму на сельбищній території за рахунок розвитку велосипедного руху (S_3 , дБА)
розраховується за формулою:**

$$L_{7,5} = 9,5 \cdot \lg(N_0) + 12,64 \cdot \lg(v) + 7,98 \cdot \lg(1 + P_r) + 11,39,$$

де N_0 – розрахункова максимальна інтенсивність руху, авт./год; P_r – доля вантажних автотранспортних засобів і автобусів, %;
 v – швидкість руху, км/год.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНИХ РАЙОНІВ МІСТА ХАРКІВ



— **Київський район** – центральний або діловий район міста, який характеризується щільною забудовою, значною питомою протяжністю вулиць та максимальним транспортним навантаженням;

— **Салтівський район** – житловий район міста, вулично-дорожня мережа (ВДМ) якого характеризуються достатньої шириною, потік транспортних засобів формується за рахунок переміщення до центрів тяжіння у системі «ділова частина міста – місця проживання».

Сумарна протяжність ділянок ВДМ та ВТС за районами дослідження

Найменування	Протяжність ВДМ, км	Протяжність, км	Відношення протяжності ВТС до ВДМ
Київський район	542	29,21	0.053
Салтівський район	784	50.58	0.065

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗВИТКУ ВТМ

Зниження витрати палива

Район	Паливо, тис. т/рік		
	бензин	дизельне паливо	газове паливо
Київський	21.135	2.851	0.041
Салтівський	3.385	0.547	0.157

Результати розрахунку кількості викидів ЗВ від автотранспорту

Район	Сумарний викид, т/рік								
	CO	VOC	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀	CO ₂
Київський	999.11	84.30	6.27	1.09	91.51	7.69	5.49	8.57	74882.04
Салтівський	56,66	8,43	1,09	0,15	8,56	0,95	0,83	1,39	12715,1

Результати розрахунку усереднених показників щодо акустичного забруднення

Район	Рівень акустичного навантаження, дБА			
	вдень		вночі	
	ЕКВ.	МАКС.	ЕКВ.	МАКС.
Київський	77.6	88.9	55.4	61.3
Салтівський	72.8	81.8	51.5	58.7

РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗВИТКУ ВТМ У ДОСЛІДЖУВАНИХ РАЙОНАХ

Значення коефіцієнтів вагомості показників

Показник вагомості	Найменування	Коефіцієнти значущості						Усереднений показник
		1	2	3	4	5	6	
Зниження викидів забруднюючих речовин	α_1	0.05	0.025	0.075	0.025	0.5	0.05	0.12
Економія палива	α_2	0.1	0.15	0.5	0.025	0.125	0.2	0.18
Зниження рівня шуму	α_3	0.05	0.025	0.025	0.5	0.075	0.05	0.12

Київський район

$$P = \frac{(999.11 + 84.30 + 6.27 + 1.09 + 91.51 + 7.69 + 5.49 + 8.57 + 74882.04) \cdot 1.2 + (21.135 + 2.851 + 0.041) \cdot 1.8 + (72.8 + 81.8 + 51.5 + 58.7) \cdot 1.2}{1.2 + 1.2 + 1.8} = \mathbf{66145,43.}$$

Салтівський район

$$P = \frac{(56.66 + 8.43 + 1.09 + 0.15 + 8.56 + 0.95 + 0.83 + 1.39 + 12715.1) \cdot 1.2 + (3.385 + 0.547 + 0.157) \cdot 1.8 + (77.6 + 88.9 + 55.4 + 61.3) \cdot 1.2}{1.2 + 1.2 + 1.8} = 3110,01.$$

РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО СТВОРЕННЯ УМОВ ДЛЯ РОЗВИТКУ СТАЛОЇ МОБІЛЬНОСТІ У МІСТАХ

Вид засобу	Рівень впровадження		
	Нац.	Рег.	Міськ.
Планування	Планування землекористування	+	+
	Планування громадського транспорту	+	+
	Планування немоторизованих видів транспорту		+
Регулятивні	Заходи фізичного обмеження		+
	Заходи регулювання дорожнього руху		+
	Регулювання місць паркування	+	+
	Зони низького рівня шкідливих викидів	+	+
	Обмеження швидкості	+	+
Економічні засоби	Встановлення плати за корист. авт. дорогою	+	+
	Впровадження підвищення податків на паливо	+	
	Оподаткування транспортних засобів	+	
	Встановлення для тарифів за паркування		+
Інформація	Громадські інформаційно-просвітницькі кампанії	+	+
	Тренування та освіта для поведінки водіїв	+	+
Технологія	Екологічно чистіше виробництво	+	
	Екологічно чистіша технологія	+	

Рекомендації щодо зменшення енергоспоживання, викидів CO₂ та загального транспортного навантаження:

- ✓ електрифікація: перехід на електротранспорт або гібридні моделі.
- ✓ розробка інфраструктури для велосипедистів і пішоходів.
- ✓ використання сучасних технологій управління трафіком.
- ✓ підтримка громадського транспорту.



ВИСНОВКИ

1. Надано характеристику основам створення та функціонування кліматично нейтральних міст.
2. Надано характеристику автомобільному транспорту як джерелу впливу на кліматичну систему міста.
3. Обґрунтовано екологічну та кліматичну доцільність запровадження сталої мобільності у містах.
4. Оцінено доцільність розвитку сталої велотранспортної інфраструктури.
5. Розроблено рекомендації щодо створення умов для розвитку сталої мобільності у містах.