

Наукова робота на тему:

**«ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ  
НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ»**

## АНОТАЦІЯ

до наукової роботи під шифром «Атмосфера міст»

Наукова робота: 28 стр., 1 рис., 18 табл., 8 формул, 4 джерела.

Об'єкт дослідження - процес забруднення атмосферного повітря.

Актуальність - проблема забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій викидами автомобільного транспорту буде ще тривалий час залишатися актуальною, так як вплив руху автомобілів по автомагістралях при конкретних умовах призводить до великої кількості викидів відпрацьованих газів до атмосфери, що в свою чергу впливає на якість життя людей.

Мета роботи – визначення ступеня екологічного впливу автомобільного транспорту на якість атмосферного повітря сельбищної зони урбанізованої території.

Задачі роботи:

- аналіз екологічного впливу автотранспортних потоків на якість довкілля урбанізованої території;
- оцінка якості атмосферного повітря у зоні впливу досліджуваної ділянки вулиці;
- розробка природоохоронних заходів.

Метод дослідження – натурні дослідження, розрахунковий на основі нормативних документів

Ключові слова: АВТОТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНІ УМОВИ, ВИКИДИ, ЗАБРУДНЕННЯ.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Вплив на урбанізовані території автомобільного транспорту .....	5
2 Оцінка рівня впливу автомобільного транспорту на якість атмосферного повітря.....	7
2.1 Характеристика об'єкту дослідження та умов його розташування.....	7
2.2 Розрахунок валових викидів забруднюючих речовин від автотранспорту.....	12
2.3 Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин.....	21
3 Розробка природоохоронних заходів.....	24
Висновки.....	27
Перелік посилань.....	28

## ВСТУП

Проблема забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій викидами автомобільного транспорту буде ще тривалий час залишатися актуальною, так як вплив руху автомобілів по автомагістралях чине негативний вплив на велику площу, під впливом якої знаходиться велика кількість людей. Для дослідження рівня екологічного впливу на якість атмосферного повітря урбанізованих територій було обрано ділянка вулиці з двома перехрестями міста Харків з одним з найбільших показників інтенсивності руху автотранспорту.

Мета наукової роботи – визначення ступеня екологічного впливу автомобільного транспорту на якість атмосферного повітря сельбищної зони урбанізованої території.

Задачі наукової роботи:

- аналіз екологічного впливу автотранспортних потоків на якість довкілля урбанізованої території;
- оцінка якості атмосферного повітря у зоні впливу досліджуваної ділянки вулиці;
- розробка природоохоронних заходів.

Об'єкт дослідження – процес забруднення атмосферного повітря.

Метод дослідження – натурні дослідження, розрахунковий на основі нормативних документів: ГОСТ Р 56162 – 2014 «Викиди забруднюючих речовин в атмосферу. Метод розрахунку викидів від автотранспорту при проведенні зведених розрахунків для міських населених пунктів»; РД – 0212.2-2002 «Про затвердження керівних документів по розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря».

## 1 ВПЛИВ НА УРБАНІЗОВАНІ ТЕРИТОРІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

З усіх проблем, які колись вирішувало людство найважчими були проблеми виробництва енергії і транспорту, а у другій половині ХХ и на початку ХХІ століття до них приєднались проблеми екологічні.

Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище дуже вагоме, так як транспорт є основним споживачем енергії отриману з нафтопродуктів. Забруднення від автомобільного транспорту призводить до коротких та довготривалих змін навколишнього середовища.

Автомобільний транспорт є основною причиною:

- Погіршення стану здоров'я населення та тварин;
- Є основним джерелом забруднення атмосфери;
- шумового забруднення;
- електромагнітного забруднення (електротранспорт);
- одним з джерел парникового ефекту.
- Джерелом забруднення гідросфери то ґрунту.
- Джерелом теплового забруднення.

Більшість автомобілів виготовляються для забезпечення ідеального спалювання палива, але через деякий час, коли автомобіль піддається зносу, двигун не може ефективно функціонувати, що призводить до викиду токсичних речовин.

Під час експлуатації автомобіля з двигунами внутрішнього згорання джерелами викидів шкідливих речовин є: відпрацьовані гази; випаровування з систем живлення ; неконтрольований розлив на ґрунт експлуатаційних матеріалів. У відпрацьованих газах автомобілів знаходиться велика кількість свинцю, який разом з солями інших металів потрапляє в ґрунт, в поверхневі і ґрунтові води і поглинається рослинами, які потім використовує і споживає людина. Шкідливі речовини, під час експлуатації автотранспорту, потрапляють у повітря з вихлопними газами, випарами з паливних систем, а також під час

заправки автомобіля паливом. Вихлопні гази накопичуються у нижніх шарах атмосфери, тобто шкідливі речовини знаходяться в зоні дихання людини. Тому автомобільний транспорт варто віднести до категорії найнебезпечніших джерел забруднення повітря поблизу автомагістралей.

Забруднення поверхні землі транспортними і дорожніми викидами накопичується поступово, в залежності від кількості автотранспорту, що проїжджає через трасу, дорогу, магістраль і зберігається дуже довго {1}.

Однією з найбільших загроз, яку забруднення автомобілів створює для навколишнього середовища, є виснаження озонового шару, що захищає нас УФ- випромінювання. Транспорт є однією з основних причин утворення парникового ефекту за рахунок емісій діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) в наслідок спалювання пального.

Забруднення від автомобілів також впливає на якість води, оскільки діоксид сірки і діоксид азоту стають причиною випадання кислотних дощів. Масло і паливо, просочуючись з автомобілів, потрапляє в ґрунт поблизу автомагістралей, а викиди палива і твердих частинок з автомобільних вихлопів забруднюють озера, річки і водно-болотні угіддя. Масло, яке витікає з автомобілів через витоки, змішується з зливовою водою і забруднює природні ресурси води. Використання автомобілів призводить до зростання шумового забруднення, внаслідок якого сталося порушення екологічного циклу, і багато тварин зазнали у зв'язку з цим проблеми в поведінці. Крім впливу на навколишнє середовище, шумове забруднення може викликати ряд захворювань у людей, таких як високий кров'яний тиск і психічний стрес. Вихлопні гази від автотранспорту утворюють зміг отруйний туман в нижньому шарі атмосфери. Смог складається з туману, диму, частинок сажі, пилу, крапельок рідини (у вологому атмосфері). Шкідливі гази, що надходять в атмосферу, вступають в реакцію між собою і утворюють нові, токсичні сполуки. Смог, що складається з азотних, сірчистих сполук і крапельок води, викликає подразнення слизових оболонок, головний біль, ускладнення захворювань дихальних шляхів, набряки і т.д {2}.

Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище проявляється:

- під час руху автомобілів;
- при технічному обслуговуванні;
- при функціонуванні інфраструктури, що забезпечує його дію.

Причиною такого негативного впливу автомобільного транспорту можна віднести:

- Низький рівень обслуговування автомобільного транспорту;
- Експлуатаційний рік транспорту;
- Низький рівень екологічних характеристик виготовленого транспорту;
- Низький рівень якості доріг;
- Режим руху автотранспорту;
- Неудосконаленість екологічної політики в автомобільно-дорожній галузі;
- Відсутність правового врегулювання та відсутність відповідальності за порушень в автомобільно-дорожній галузі.

## 2 ОЦІНКА РІВНЯ ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

### 2.1 Характеристика об'єкту дослідження та умов його розташування

Об'єкт дослідження є ділянка вулиці Героїв Праці, а саме ділянка від перехрестя з вулицею Академіка Павлова до перехрестя вулиць Гвардійців з

вулицею Гвардійців Широнинців, що розташована в Московському районі.

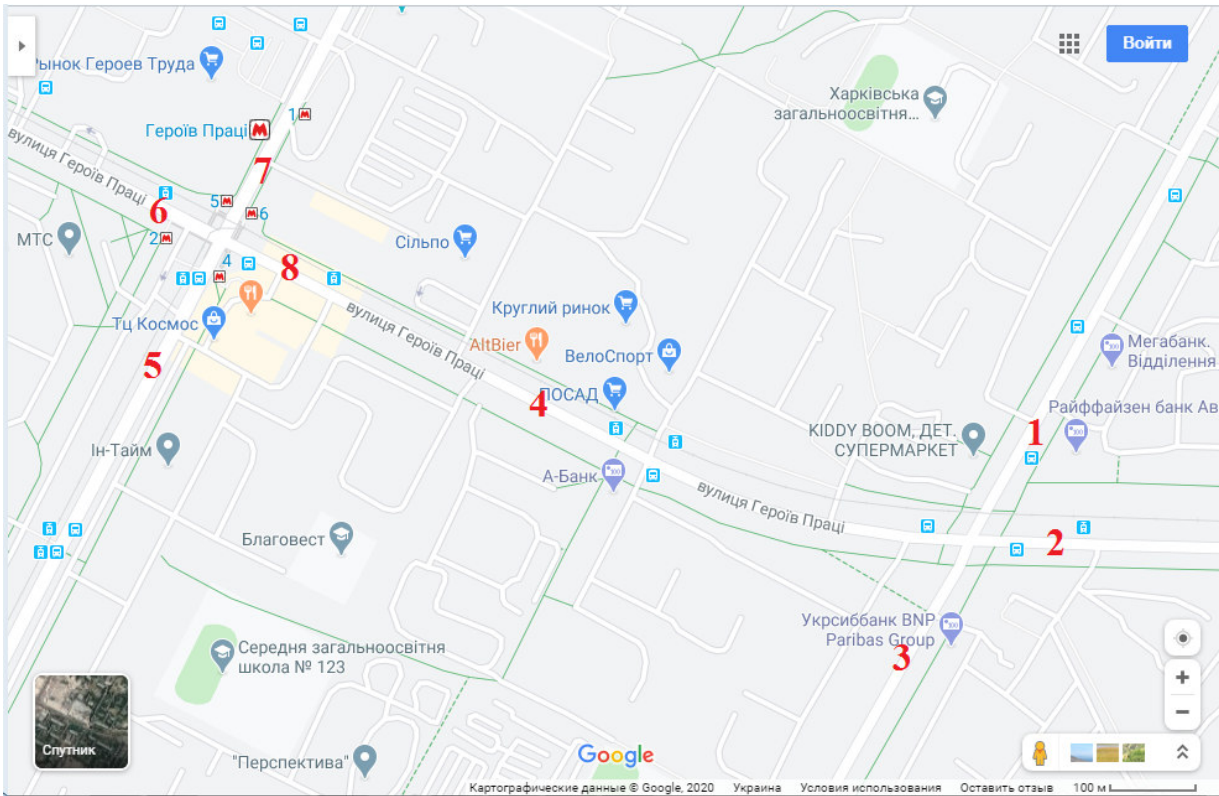


Рисунок 2.1 – Об’єкт дослідження

Досліджувана вулиця Героїв Праці є важливою транспортною артерією міста, перетинає Салтівський житловий масив. Довжина ділянки 940 м. Широка асфальтована дорога, зелені насадження вздовж вулиці. На перетині з вулицею Академіка Павлова знаходиться однойменна станція метро «Героїв Праці». Тут же розташований ринок з господарськими та продуктовими рядами, радіоринок. Ближче до Гідропарку на початку 2000-х рр. вирости кілька великих супермаркетів (Караван, Dafi і ін.). Вулицею проходить трамвайна лінія і численні автобусні маршрути.

Московський район - адміністративний район в східній частині міста Харкова. Утворений 2 вересня 1937 року і до 14 вересня 1961 називався Сталінський район). Найбільший за населенням адміністративний район міста Харкова. Займає площу в 24,0 км<sup>2</sup>, що становить 7,8 % загальної території міста Харкова. Межує з Немишлянська, Слобідським, Основ'янська, Київським



районами. Населення - 298,6 тис. осіб (20,7 % населення Харкова). За даними районної адміністрації в Московського району знаходиться 35 великих і середніх промислових підприємств. Найбільш значимі з яких:

- ООВ «Промелектро-Харків» - виробництво насосного обладнання, побутових подрібнювачів кормів;
- ОАТ «Автрамат» - виробництво запчастин, техніки для сільського господарства;
- ПУАО Харківський електротехнічний завод «УКРЕЛЕКТРОМАШ» - виробництво насосів, електродвигунів, кормоподрібнювачів;
- ЗАТ «Хлібзавод «Салтівський» - виробництво хліба, хлібобулочних і кондитерських виробів;
- ТОВ «Компанія «БАЛЕКС » - виробництво дріжджів хлібопекарських пресованих.

Основні транспортні артерії району: Салтівське шосе; Проспект Тракторобудівників; Проспект Ювілейний; Вулиця Гвардійців Широнінців; Вулиця Героїв Праці; Вулиця Валентинівська; Вулиця Академіка Павлова.

Питома вага реалізованої промислової продукції району в загальному обсязі реалізованої промислової продукції міста Харкова - 2,1%. Досліджувана ділянка вулиці представлена на рисунку 3.1.

Для визначення характеристик автотранспортних потоків на вибраних ділянках вулично-дорожньої мережі проводиться облік проїжджаючих автотранспортних засобів у обох напрямках з підрозділом по наступним групам:

- Л – легкові, з них окремо легкові та легкові дизельні автомобілі;
- АМ – автофургони та мікроавтобуси до 3,5 т;
- $G_{\leq 12}$  – вантажні від 3,5 до 12 т;
- $G_{> 12}$  – вантажні більші за 12 т;
- $A_{\geq 3,5}$  – автобуси більші за 3,5 т.

Підрахунок транспортних засобів, які проходять по даній ділянці автомагістралі, проводиться протягом 20 хвилин кожної години. При високій

інтенсивності руху (більше 2 – 3 тис. авт./год.) підрахунок проходять автотранспортних засобів проводиться синхронно окремо по кожному напрямку руху (а при недостатності числа спостерігачів – перші 20 хвилин - в одному напрямку; наступні 20 хвилин – в протилежному напрямку).

Характеристики обраної ділянки автомагістралі:

- ширина проїжджої частини – 15-25 м;
- кількість смуг руху в кожному напрямку – 2;
- середня швидкість автотранспортного потоку:
  - 1) легкові – 50 км/год.;
  - 2) вантажні – 35 км/год.;
  - 3) автобуси – 40 км/год.

Зона досліджуваної ділянки дороги включає в себе зону руху на автомагістралях визначена напрямками:

- напрям 1 – вул. Гвардійців Широнінців до перехрестя з вул. Героїв Праці, 907 м;
- напрям 2 – вул. Гвардійців Широнінців до перехрестя з вул. Героїв Праці, 995 м;
- напрям 3 – вул. Героїв Праці від перехрестя з пр-том Тракторобудівників до перехрестя з вул. Гвардійців Широнінців, 950 м;
- напрям 4 – вул. Героїв Праці від перехрестя з вул. Гвардійців Широнінців до перехрестя з вул. Ак. Павлова, 940 м;
- напрям 5 – вул. Ак. Павлова до перехрестя з вул. Героїв Праці, 925 м;
- напрям 6 – вул. Героїв Праці від перехрестя вул. Ак. Павлова до перехрестя з вул. Ак. Барабашова, 890 м;
- напрям 7 – вул. Ак. Павлова від перехрестя з вул. Теплична до перехрестя з вул. Героїв Праці, 434 м.
- напрям 8 – вул. Героїв Праці від перехрестя з вул. Гвардійців Широнінців до перехрестя з вул. Ак. Павлова, 940 м.

Усього на досліджуваній ділянці вулиці знаходиться 7 напрямів рухомого потоку, але на ній знаходяться також 2 перехрестя і тому вводиться 8 напрям для розрахунку викидів на перехресті.

Під впливом рухомих потоків в усіх напрямках знаходяться близько 50 житлових будівель, а це значить, що приблизно 40000 осіб потенціально знаходяться в зоні негативного впливу автотранспортних потоків. Також під вплив автотранспортних потоків на території ділянки потрапляє територія ринку та двох торговельних центрів. В зоні досліджуваної ділянки відсутні об'єкти промисловості, дитячі сади, загально освітні школи та медичні заклади знаходяться в глибині мікрорайонів, тобто на безпечній відстані від автомобільних доріг і тому на них автомобільний транспорт не впливає.

Результати натурних спостережень за автотранспортним потоком та параметри роботи світлофора представлені в таблиці 2.1, 2.2, 2.3.

Таблиця 2.1 – Результати натурних обстежень характеристик автотранспортного потоку, що рухається

Напря́м	Найменування автомобільної групи									
	Л, шт.	Ш, км/год	М, шт.	Ш, км/год	$\Gamma_{\leq 12}$ , шт.	Ш, км/год	$\Gamma_{\geq 12}$ , шт.	Ш, км/год	$A_{>3,5}$ шт.	Ш, км/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	500	50	14	50	5	45	1	40	11	45
2	600	50	30	50	20	40	6	40	20	40
3	500	50	15	50	10	40	1	40	15	45
4	760	55	45	55	25	35	11	35	30	50
5	380	50	10	50	3	40	1	40	12	45
6	1000	55	65	55	40	35	20	40	45	40
7	820	50	45	50	35	40	15	45	2	40

Визначення середньої швидкості руху основних груп автотранспортного потоку виконується по всій протяжності досліджуваної автомагістралі або її ділянки, включаючи зони нерегульованих перехресть та регульованих перехресть.

Таблиця 2.2 – Параметри роботи світлофора

Параметр	Перехрестя 1	Перехрестя 2
Тривалість заборонного сигналу світлофора, хв.	11	14
Кількість циклів дії заборонного сигналу світлофора за 20 хв., од.	20	11

Таблиця 2.3 - Результати обстеження характеристик автотранспортного потоку, що знаходиться в зоні перехрестя

Напрямок	Найменування автомобільної групи та кількість авто, що знаходяться в «черзі» в зоні перехрестя за 20 хв.				
	Легкові	Автофургони	Вантажні від 3,5 до 12 т	Вантажні > 12 т	Автобуси
1	200	7	3	1	5
2	240	15	10	3	10
3	200	7	5	1	7
4	300	20	10	10	5
5	320	25	10	5	15
6	170	5	1	1	5
7	430	30	20	10	20
8	330	30	20	10	4

## 2.2 Розрахунок валових викидів забруднюючих речовин від автотранспорту

В якості вихідних даних для розрахунку викидів автотранспорту в атмосферу використовуються результати натурних обстежень структури і інтенсивності автотранспортних потоків з підрозділом по основним категоріям автотранспортних засобів.

Розрахунки викидів {3} виконуються для наступних шкідливих речовин, що надходять в атмосферу з відпрацьованими газами автомобілів: оксид вуглецю (CO); оксиди азоту NO<sub>x</sub> (в перерахунку на NO<sub>2</sub>); вуглеводні (CH); сажа; діоксид сірки (SO<sub>2</sub>); формальдегід (CH<sub>2</sub>O); бенз(а)пірен.

Використовувані при розрахунку викидів параметри визначаються на основі натурних обстежень, проведення яких здійснюється за досить простою схемою, яка потребує інструментального оснащення тривалого навчання. Це дозволяє виконувати такі роботи практично в будь-якому місті з необхідністю періодичністю, що вельми важливо для регулярної коригування інформації про викиди автотранспорту з метою підтримки роботи комп'ютерного банку даних про викиди промисловості і автотранспорту міста в оперативному режимі.

В районі перехрестя викидається найбільшу кількість шкідливих речовин автомобілем за рахунок гальмування і зупинки автомобіля перед заборонним сигналом світлофора і подальшим його рухом в режимі «розгону» за дозволяючим сигналом світлофора.

Це обумовлює необхідність виділити на обраній автомагістралі ділянки перед світлофором, на яких утворюється черга автомобілів, що працюють на холостому ходу протягом часу дії заборонного сигналу світлофора.

Таким чином, для автомагістралі (або її ділянки) при наявності регульованого перехрестя сумарний викид  $M$  визначається за формулою:

$$M = \sum_1^n (M_{\Pi_1} + M_{\Pi_2}) + M_{L_1} + M_{L_2} + \sum_1^m (M_{\Pi_3} + M_{\Pi_4}) + M_{L_3} + M_{L_4}, \quad (2.1)$$

де  $M_{\Pi_1}, M_{\Pi_2}, M_{\Pi_3}, M_{\Pi_4}$  – викид в атмосферу автомобілями, що знаходяться в зоні перехрестя при забороненому сигналі світлофора, г/с.;

$M_{L_1}, M_{L_2}, M_{L_3}, M_{L_4}$  – викид в атмосферу автомобілями, що рухаються по даній автомагістралі в розглянутий період часу, г/с.;  $n$  та  $m$  – кількість зупинок автотранспортного потоку перед перехрестям відповідно на одній і іншій вулиці, що його утворюють, за 20-хвилинний період часу, од.;

Індекси 1 і 2 відповідають кожному з 2-х напрямків руху на автомагістралі з більшою інтенсивністю руху, а 3 і 4 – відповідно для автомагістралі з меншою інтенсивністю руху.

Викиди  $i$ -тої забруднюючої речовини рухомого потоку автомобільного транспорту на автодорозі або його ділянці з фіксованою відстанню розраховують за формулою:

$$M_{L_1} = \frac{L}{1200} \sum_1^k M_{k,i}^L G_k r v_{k,i}, \quad (2.2)$$

де  $L$  - протяжність автодороги (або її ділянки), з якої виключена протяжність черги автомобілів перед заборонним рух сигналом світлофора, що включає в себе довжину відповідної зони перехрестя (для перехресть, на яких проводились додаткові обстеження), км;  $M_{k,i}^L$  - питомий викид пробігу  $i$ -го забруднювача транспортними засобами  $i$ -ї групи, визначений згідно таблиці 2.4, г/км;  $G_k$  - фактична найбільша інтенсивність руху, тобто число автомобілів кожної з груп, що проходять через фіксовану перетин обраного ділянки автодороги в одиницю часу (20 хв) в обох напрямках по всіх смугах руху;  $r v_{k,i}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує середню швидкість руху потоку автотранспортних засобів (в кілометрах в годину) на обраній автодорозі (або її ділянці), що визначається за таблицею 2.5.

Таблиця 2.4 - Значення питомих викидів забруднюючих речовин  $M_{k,i}^L$  для різних груп автомобілів

Найменування групи автомобілів	Викид забруднюючої речовини, г/км						
	CO	NO <sub>x</sub> (в перерахнку на NO <sub>2</sub> )	CH	Сажа	SO <sub>2</sub>	HCOH	Бенз(а)пірен
Легкові	3,5	0,9	0,8	0,7*10 <sup>-2</sup>	1,5*10 <sup>-2</sup>	3,2*10 <sup>-3</sup>	0,3*10 <sup>-6</sup>
Автофургони та мікроавтобуси до 3,5 т	8,4	2,1	2,4	3,8*10 <sup>-2</sup>	2,8*10 <sup>-2</sup>	8,4*10 <sup>-3</sup>	0,8*10 <sup>-6</sup>
Вантажні від 3,5 до 12 т	6,8	6,9	5,2	0,4	5,1*10 <sup>-2</sup>	2,2*10 <sup>-2</sup>	2,1*10 <sup>-6</sup>



1	2	3	4	5	6	7	8
Напрям 1	0,82	0,45	0,21	0,002	0,006	0,0014	8,006e-8
Напрям 2	1,16	0,76	0,38	0,013	0,006	0,0015	1,46e-7
Напрям 3	0,84	0,51	0,25	0,007	0,004	0,001	7,9e-8
Напрям 4	1,44	0,96	0,49	0,018	0,007	0,002	1,88e-7
Напрям 5	0,60	0,36	0,17	0,0043	0,0027	0,0007	6,515e-8
Напрям 6	1,89	1,3	0,68	0,027	0,0095	0,0027	2,60e-7
Напрям 7	0,7	0,44	0,22	0,008	0,003	0,0009	8,63e-8

Викид  $i$ -го забруднюючої речовини автомобілями конкретного напрямку руху в районі перехрестя при заборонних рух сигналах світлофора за 20-хвилинний період додаткового обстеження, г/км, розраховують за формулою:

$$M_{\Pi_i}^3 = \frac{P_{\Pi}}{60} \sum_1^{N_{\Pi}} \sum_1^k (M'_{\Pi_{i,k}} G_k), \quad (2.3)$$

де  $P_{\Pi}$  - тривалість дії заборонного сигналу світлофора (включаючи жовтий колір) протягом 20 хв, с;  $N_{\Pi}$  - число циклів дії забороняючого рух сигналу світлофора за 20-хвилинний період часу;  $M'_{\Pi_{i,k}}$  - питомий викид  $i$ -го забруднюючої речовини автомобілями,  $i$ -ї групи, що знаходяться в черзі біля забороняючого рух сигналу світлофора, що визначається за таблицею 2.7, г / хв;  $G_k$  - число автомобілів  $i$ -ї групи, що знаходяться в черзі в районі перехрестя в кінці кожного циклу дії забороняє рух сигналу світлофора

Таблиця 2.7 - Значення питомих викидів забруднюючих речовин для автомобілів, що знаходяться в зоні перехрестя  $M'_{\Pi_{i,k}}$

Найменування групи автомобілів	Но-мер групи	Викид забруднюючої речовини, г/км						
		CO	NO <sub>x</sub> (в перерахунку на NO <sub>2</sub> )	CH	Сажа	SO <sub>2</sub>	HCOH	Бенз(а) пірен
Легкові	I	0,5	0,015	0,1	0,015	0,5*10 <sup>-2</sup>	0,4*10 <sup>-3</sup>	0,15*10 <sup>-6</sup>
Автофургони та мікроавтобуси	II	2,0	0,040	0,30	0,080	0,9*10 <sup>-2</sup>	1,4*10 <sup>-3</sup>	0,4*10 <sup>-6</sup>



до 3,5 т								
Вантажні від 3,5 до 12 т	III	2,5	0,120	0,66	0,9	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$7,2 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Вантажні > 12 т	IV	2,7	0,140	0,83	1,1	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$9,5 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$
Автобуси > 3,5 т	V	1,9	0,100	0,57	0,670	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$4,8 \cdot 10^{-2}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$

Сумарний разовий викид  $i$ -го забруднюючої речовини, г/с автотранспортом в одному напрямку руху за 20 - хвилинний період додаткового обстеження в районі перехрестя  $M_{\Pi i}^C$  розраховують за формулою:

$$M_{\Pi i}^C = \frac{1}{1200} (M_{\Pi i}^3 + M_{L i}^P), \quad (2.4)$$

де  $M_{\Pi i}^3$  - викид  $i$ -ї забруднюючої речовини автотранспортом конкретного напрямку руху в районі перехрестя при заборонних рух сигналах світлофора за 20-хвилинний період додаткового обстеження, що визначається за формулою (3), г;  $M_{L i}^P$  - викид  $i$ -ї забруднюючої речовини автотранспортом конкретного напрямку руху в районі перехрестя при дозвільних рух сигналах світлофора за 20-хвилинний період, який вираховується за формулою:

$$M_{L i}^P = L^{\Pi} \sum_1^{N'_{\Pi}} \sum_1^k M_{k,i}^L G_{k_y} r_{vk,1}, \quad (2.5)$$

де  $L^{\Pi}$  - відстань, яку проходить автотранспортом в одному напрямку при дозвільних рух сигналах світлофора протягом 20 хв, що включає в себе довжину черги автомобілів, утвореною при заборонному рух сигналі світлофора, і довжину відповідної зони перехрестя, км;  $N'_{\Pi}$  - число циклів роботи дозволяє рух сигналу світлофора протягом 20 хв;  $k$  - кількість груп автомобілів;  $M_{k,i}^L$  - питома викид  $i$ -го забруднюючої речовини автомобілями-ї групи, що визначається за таблицею 3.4, г / км;  $G_{k_y}$  - число автомобілів, що проходять через зону перехрестя в одному напрямку при що дозволяє рух

сигнал світлофора;  $r_{vk,1}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує середню швидкість руху потоку автотранспортних засобів на конкретній автодорозі (або її ділянці), що визначається за таблицею 2.5.

Результати сумарних разових викидів ЗР від автомобілів в одному напрямі в районі перехрестя представлені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Результати сумарних разових викидів ЗР від автомобілів в одному напрямі в районі перехрестя

Ділянка вулиці	Викиди, г/с						
	CO	NO <sub>x</sub> (в перерахунку на NO <sub>2</sub> )	CH	Сажа	SO <sub>2</sub>	HCOH	Бенз(а)пірен
Напрям 1	1,55	0,24	0,35	0,1	0,013	0,0019	4,23e-7
Напрям 2	2,34	0,40	0,57	0,22	0,019	0,0030	7,75e-7
Напрям 3	1,66	0,27	0,38	0,16	0,013	0,0020	4,58e-7
Напрям 4	2,92	0,49	0,68	0,26	0,022	0,0037	8,04e-7
Напрям 5	3,95	0,54	0,92	0,38	0,017	0,0028	6,25e-7
Напрям 6	1,58	0,20	0,35	0,1	0,013	0,0017	2,25e-7
Напрям 7	5,5	0,75	1,32	0,63	0,044	0,0078	1,58e-6
Напрям 8	4,54	0,34	0,89	0,47	0,032	0,0056	7,33e-7

Результати викидів від автотранспортного потоку в зоні перехресть представлені в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 - Результати розрахунку викидів автотранспортного потоку

Забруднююча речовина	Викид на 1 перехресті включаючи всі напрями, г/с	Викид на 2 перехресті включаючи всі напрями, г/с
CO	12,73	20,2
NO <sub>x</sub> (у перерахунку на NO <sub>2</sub> )	4,08	4,89
CH	3,31	5,04
Сажа	0,66	1,64
SO <sub>2</sub>	0,09	0,13
HCOH	0,0165	0,0242
Бенз(а)пірен	2,95e-6	3,76e-6

Валовий викид  $i$ -ї забруднюючої речовини потоками автотранспортних засобів розраховують за формулою (6) для автотранспорту, що рухається по автодорозі (або її ділянці)  $M_{Li}^B$ , т/р, і по формулі (7) для автотранспорту, що знаходиться на перехресті  $M_{Pi}^C$ , т/р.

$$M_{Li}^B = M_{Li} * \eta_T, \quad (2.6)$$

де  $M_{Li}$  - викид  $i$ -ї забруднюючої речовини рухомим потоком автотранспортних засобів на автодорозі (або її ділянці) з фіксованою довжиною, визначають за формулою (2), г/с;  $\eta_T$  - безрозмірний середній коефіцієнт перерахунку грамів в секунду в тони на рік в залежності від типу автодороги, що характеризує різний зміна сумарної інтенсивності потоку автотранспортних засобів, отриманий шляхом обробки результатів спостережень за інтенсивністю потоків автотранспортних засобів на автодорогах різних категорій, що визначається за таблицею 2.10.

$$M_{Pi}^B = M_{Pi}^C * \eta_T, \quad (2.7)$$

де  $M_{Pi}^C$  - сумарний разовий викид  $i$ -ї забруднюючої речовини автотранспортом, що рухається в одному напрямку за 20-хвилинний період додаткового обстеження в районі перехрестя, що розраховується за формулою (3.4), г/с.

Таблиця 2.10 – Значення  $\eta_T$  для автодоріг різного типу

Тип автомагістралі		Значення $\eta_T$
1 тип	Максимальна інтенсивність руху потоку автотранспортних засобів спостерігається в ранкові (з 8.00 до 11.00) і вечірні (з 17.00 до 20.00)	13,5

	години пік	
2 тип	Максимальна інтенсивність руху потоку автотранспортних засобів спостерігається в ранкові (з 8.00 до 10.00) і вечірні (з 17.00 до 20.00) години пік; в денні години (з 13.00 до 16.00) інтенсивність руху зменшується в середньому на 50% по відношенню до ранкового і вечірнього максимальним значенням	13,0
3 тип	Максимальна інтенсивність руху потоку автотранспортних засобів спостерігається з 8.00 до 20.00 год	15,0

Результати валових викидів ЗР від автомобілів, що рухаються по автодорозі (або його ділянці) та в зоні перехрестя представлені в таблиці 2.11, 2.12.

Таблиця 2.11 – Результати валових викидів ЗР від автомобілів, що рухаються по автодорозі (або його ділянці)

Ділянка вулиці	CO	NO <sub>x</sub> (в перерахунку на NO <sub>2</sub> )	CH	Сажа	SO <sub>2</sub>	HCOH	Бенз(а)пірен
Напряв 1	10,66	5,85	2,73	0,0026	0,0078	0,018	1,04e-6
Напряв 2	15,1	9,9	4,94	0,17	0,08	0,02	1,9e-6
Напряв 3	10,9	6,7	3,25	0,09	0,05	0,013	1,03e-6
Напряв 4	18,7	12,5	6,37	0,234	0,09	0,026	2,4e-6
Напряв 5	7,8	4,7	2,2	0,056	0,035	0,009	8,5e-7
Напряв 6	24,6	16,9	8,84	0,35	0,12	0,035	3,4e-6
Напряв 7	9,1	9,1	2,9	0,1	0,039	0,012	1,12e-6

Таблиця 2.12 – Результати валових викидів ЗР автомобілями, що знаходяться в зоні перехрестя

Ділянка вулиці	CO	NO <sub>x</sub> (в перерахунку на NO <sub>2</sub> )	CH	Сажа	SO <sub>2</sub>	HCOH	Бенз(а)пірен
Напряв 1	20,15	3,12	4,55	1,3	0,169	0,0247	5,5e-6
Напряв 2	30,42	5,2	7,41	2,86	0,247	0,039	1,0075e-5
Напряв 3	21,58	3,51	5,2	2,08	0,169	0,026	5,95e-6
Напряв 4	37,96	6,37	8,84	3,38	0,286	0,0481	1,04e-5
Напряв 5	51,35	7,02	11,96	4,94	0,221	0,0364	8,1e-6
Напряв 6	20,54	2,6	4,55	1,3	0,169	0,0221	2,95e-6
Напряв 7	71,5	9,75	17,16	8,19	0,572	0,10	2,04e-5
Напряв 8	59,02	4,42	11,57	6,11	0,416	0,0728	9,5e-6

### 2.3 Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин

Розрахунок розсіювання викидів від автотранспорту та визначення концентрації токсичних речовин на різних відстанях від об'єкту забруднення доцільно виконувати за допомогою моделі Гаусового розподілу домішок у атмосфері на невеликих висотах за формулою [4]:

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin \varphi} + F, \quad (2.8)$$

де  $C$  – концентрація даного виду забруднення у повітрі,  $\text{г/м}^3$ ;  $q$  – максимальний викид  $i$ -ї забруднюючої речовини від автомобілів,  $\text{г/с}$ ;  $\sigma$  – стандартне відхилення Гаусового розподілу у вертикальному напрямі, м, (табл. 2.13);  $V$  – швидкість вітру у розрахунковий місяць літнього періоду,  $\text{м/с}$ ;  $F$  – фонові концентрації забруднюючої речовини у повітрі,  $\text{г/м}^3$ ;  $\varphi$  – кут, який складає напрям вітру з напрямом руху автомобілів. При  $30^\circ < \varphi < 90^\circ$  швидкість вітру помножують на  $\sin \varphi$ , при  $\varphi < 30^\circ$  використовують коефіцієнт 0,5.

Таблиця 2.13 – Значення стандартного Гаусового розподілу при віддаленні від об'єкту

Сонячна радіація	Значення відхилення								
	10 м	20 м	40 м	60 м	80 м	100 м	150 м	200 м	250 м
Сильна	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Слабка	1	2	4	6	8	10	14	18	22

Результати розрахунку необхідно порівняти з ГДК визначити відповідність фактичної концентрації кожної забруднюючої речовини підприємства нормативним показникам на межі санітарно-захисної зони.

Дані для розрахунків наведено нижче:

швидкість вітру у розрахунковий місяць (серпень) – 3,7 м/с; сонячна радіація – сильна; відстань для розрахунку – 10 м (відповідає відстані від краю проїжджої частини до тротуару) та 40 м (відповідає відстані від краю проїжджої частини до межі найближчої житлової забудови) для першого перехрестя; 10 м та 60 м для другого перехрестя; 10 м та 40 м для досліджуваної ділянки; кут, який складає напрям вітру з напрямом руху автомобілів – 65°; валовий викид і-ї забруднюючої речовини від автомобілів, які рухаються через досліджуване перехрестя.

Вихідні дані для розрахунку розсіювання забруднюючих речовин в зоні перехресть та на досліджуваній ділянці представлені в таблицях 2.14, 2.15.

Таблиця 2.14 - Вихідні дані для розрахунку розсіювання забруднюючих речовин

Забруднююча речовина	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки речовини	Фонова концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Валовий викид на 1 перехресті, г/с	Валовий викид на 2 перехресті, г/с
CO	3,00	4	0,240	12,73	20,2
NO <sub>x</sub> (у перерахунку на NO <sub>2</sub> )	0,04	2	0,063	4,08	4,89
CH	1,0	4	0,081	3,31	5,04
Сажа	0,05	3	0,008	0,66	1,64
SO <sub>2</sub>	0,05	3	0,017	0,09	0,13
HCOH	0,003	2	0,011	0,0165	0,0242
Бенз(а)пірен	1*10 <sup>-6</sup>	1	1,05*10 <sup>-6</sup>	2,95e-6	3,76e-6

Таблиця 2.15 – Вихідні дані для розрахунку розсіювання забруднюючих речовин на досліджуваній ділянці

Забруднююча речовина	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки речовини	Фонова концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Викид на ділянці, г/с
CO	3,00	4	0,240	1,44
NO <sub>x</sub> (у перерахунку на NO <sub>2</sub> )	0,04	2	0,063	0,96

<i>СН</i>	1,0	4	0,081	0,49
Сажа	0,05	3	0,008	0,018
<i>SO<sub>2</sub></i>	0,05	3	0,017	0,007
<i>НСОН</i>	0,003	2	0,011	0,002
Бенз(а)пірен	$1 \cdot 10^{-6}$	1	$1,05 \cdot 10^{-6}$	1,88e-6

Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин в зоні перехресть та на досліджуваній ділянці представлені в таблицях 2.16, 2.17, 2.18.

Таблиця 2.16 - Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин на 1 перехресті

Забруднююча речовина	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Розрахована концентрація на відстані від краю проїжджої частини, мг/м <sup>3</sup>		Перевищення ГДК <sub>с.д.</sub>	
		10 м	40 м	10 м	40 м
<i>СО</i>	3,00	1,20	0,56	0,4	0,19
<i>NO<sub>x</sub></i>	0,04	0,37	0,17	9,25	4,25
<i>СН</i>	1,0	0,33	0,16	0,33	0,16
Сажа	0,05	0,058	0,025	1,16	0,5
<i>SO<sub>2</sub></i>	0,05	0,024	0,019	0,48	0,38
<i>НСОН</i>	0,003	0,012	0,011	4	3,67
Бенз(а)пірен	$1 \cdot 10^{-6}$	1,27e-6	1,12e-6	1,27	1,12

Таблиця 2.17 - Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин на 2 перехресті

Забруднююча речовина	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Розрахована концентрація на відстані від краю проїжджої частини, мг/м <sup>3</sup>		Перевищення ГДК <sub>с.д.</sub>	
		10 м	60 м	10 м	60 м
<i>СО</i>	3,00	1,76	0,62	0,59	0,21
<i>NO<sub>x</sub></i>	0,04	0,43	0,16	10,75	4
<i>СН</i>	1,0	0,46	0,18	0,46	0,18
Сажа	0,05	0,13	0,039	2,6	0,78
<i>SO<sub>2</sub></i>	0,05	0,027	0,019	0,54	0,38
<i>НСОН</i>	0,003	0,013	0,011	4,33	3,67
Бенз(а)пірен	$1 \cdot 10^{-6}$	1,33e-6	1,12e-6	1,33	1,12

За даними, що приведені в таблицях, отримані під час розрахунків спостерігається перевищення ГДК для 4 речовин 1,2,3 класу небезпечності відповідно. Ступінь забрудненості на другому перехресті значно вища, ніж на першому.

Таблиця 2.18 – Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин на досліджуваній ділянці

Забруднююча речовина	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Розрахована концентрація на відстані від краю проїжджої частини, мг/м <sup>3</sup>		Перевищення ГДК <sub>с.д.</sub>	
		10 м	40 м	10 м	60 м
<i>CO</i>	3,00	0,35	0,28	0,12	0,093
<i>NO<sub>x</sub></i>	0,04	0,14	0,087	3,5	2,2
<i>CH</i>	1,0	0,12	0,093	0,12	0,093
Сажа	0,05	0,094	0,085	1,9	1,7
<i>SO<sub>2</sub></i>	0,05	0,018	0,017	0,36	0,34
<i>НСОН</i>	0,003	0,011	0,011	3,67	3,67
Бенз(а)пірен	1*10 <sup>-6</sup>	1,19e-6	1,1e-6	1,19	1,1

Отже, за результатами розрахунків, наведених в таблиці, спостерігається перевищення ГДК для 4 речовин 1,2,3 класу небезпечності на досліджуваній ділянці навіть на відстані 40 м від проїжджої частини, де вже починається розташовуватись житлова забудова і чиниться негативний вплив на мешканців, що там проживають. Вздовж дороги розташовується однорядна захисна смуга з дерев по обидві сторони від кромки дороги, що перешкоджають більш інтенсивному забрудненню атмосфери повітря в зоні досліджуваної ділянки.

### 3 РОЗРОБКА ПРИРОДОХОРОННИХ ЗАХОДІВ

У зв'язку зі збільшенням кількості автомобілів, а також погіршенням екологічної ситуації в місті з'явилась необхідність пошуку шляхів зменшення викидів забруднюючих речовин автомобілями.



Пріоритетними напрямками зниження забруднення навколишнього середовища автомобільним транспортом на території досліджуваної ділянки вулиці є: використання нових видів автомобілів, мінімально забруднюючих навколишнє середовище таких, як електромобілі; раціональна організація та управління транспортними потоками; використання більш якісних та екологічно чистих видів палива; використання вдосконалених систем каталізаторів палива і систем глушіння шуму

Усі заходи по зниженню викидів від автотранспорту можна розділити на:

а) Технологічні, в які входять: заміна палива; заміна двигунів; вдосконалення робочого процесу двигунів; сучасне технічне обслуговування; розробка альтернативних енергоджерел; доспалювання і очистка органічного палива; створення та модифікація двигунів, що використовують альтернативні види палив.

б) Санітарно-технічні, в які входять: рециркуляція відпрацьованих газів; нейтралізація відпрацьованих газів; установка фільтрів; захист від шуму.

в) Планувальні, в які входять: організація перетину вулиць на різних рівнях; організація підземних або наземних пішохідних переходів; озеленення автомагістралей та вулиць; оптимізація руху міського транспорту.

г) Адміністративні, в які входять: встановлення нормативів якості палива і допустимих викидів; вивести з міста транзитний транспорт, складських баз та терміналів; виділення смуг руху громадського транспорту і швидкісних доріг невинного руху; заборона руху автомобілів; економічні ініціативи з управління автомобільним парком і рухом.

Можна виділити два основних напрямки підвищення екологічності автомобільного транспорту. Перша пов'язана з технічним вдосконаленням двигунів внутрішнього згоряння і організацією раціонального дорожнього руху, а друге - з розробкою гібридних транспортних засобів, електромобілів і автомобілів, оснащених інерційними накопичувачами.

Технічне вдосконалення ДВС автомобілів йде за наступними напрямками: економія палива, введення присадок в паливо, використання комбінованих і нових видів палива, очищення відпрацьованих газів.

У комплексі технологічних заходів щодо зниження шкідливих викидів від автотранспорту важливе місце займає розробка технологій глибокого очищення бензину і дизельного палива від сірки і деяких важких металів, зокрема ванадію, безпосередньо на підприємствах нафтопереробної промисловості. Наступною самостійною задачею є регулювання двигунів. Відомо, що добре відрегульований двигун на 30 – 40% покращує характеристики згоряння палива, що призводить до скорочення викидів шкідливих речовин. Регулювання двигунів виконується в процесі спеціалізованих робіт в стаціонарних умовах.

Виходячи з викладеного слід підкреслити, що суть екологічної безпеки автотранспорту - в екологічно безпечному паливі, високому ККД його використання на всіх режимах роботи двигуна, якості дорожнього покриття, досвіді водія і оптимальному регулюванні дорожнього руху.

Іншим важливим аспектом (з еколого-економічної точки зору) розглянутої проблеми є переробка відходів автотранспортних засобів, так як, завдаючи шкоди навколишньому середовищу, вони одночасно є цінною вторинною продуктом.

Альтернативний транспорт - це електромобілі, застосування альтернативного палива, будівництво ліній для швидкісного трамвая, метро, автомотриси та ін.

Економічні ініціативи - податок на автомобілі, паливо, дороги, ініціативи щодо оновлення автомобілів.

## ВИСНОВКИ

У науковій роботі було проведене визначення якості атмосферного повітря міста Харків у зоні впливу ділянки вулиці Героїв Праці від перетину з вилицею Гвардійців Широнінців до перетину з вулицею Академіка Павлова.

В результаті аналізу екологічного впливу автотранспортних потоків на якість довкілля урбанізованої території, було встановлено, що вагома частина викидів в атмосферне повітря спостерігається на перехрестях, а далі на прямих ділянках автомагістралей. Найбільша доля викидів припадає на легкові автомобілі, вслід за легковими розташувалися автофургони та мікроавтобуси, а також автобуси.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від автотранспортного потоку на досліджуваній ділянці показав, що валові максимальні викиди автотранспортним потоком який рухається на автомагістралі, у всіх восьми напрямках, характерні для СО в зоні другого перехрестя (20,2 г/с.), мінімальні – для бенз(а)пірену ( $2,95 \cdot 10^6$  г/с) в зоні першого перехрестя.

Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин від автотранспортного потоку дозволив встановити суттєвий рівень впливу автотранспортного потоку, який рухається по досліджуваній ділянці, на якість атмосферного повітря, оскільки встановлено перевищення граничнодопустимих концентрацій на першому перехресті за  $NO_x$  (10 м – 9,25 ГДК<sub>сд</sub>, 40 м – 4,25 ГДК<sub>сд</sub>), сажі (10 м – 1,16 ГДК<sub>сд</sub>), *НСОН* (10 м – 4,0 ГДК<sub>сд</sub>, 40 м – 3,67 ГДК<sub>сд</sub>), бенз(а)піреном (10 м – 1,27 ГДК<sub>сд</sub>, 40 м – 1,12 ГДК<sub>сд</sub>), на другому перехресті  $NO_x$  (10 м – 10,75 ГДК<sub>сд</sub>, 60 м – 4,0 ГДК<sub>сд</sub>), сажі (10 м – 2,6 ГДК<sub>сд</sub>), *НСОН* (10 м – 4,33 ГДК<sub>сд</sub>, 60 м – 3,67 ГДК<sub>сд</sub>), бенз(а)піреном (10 м – 1,33 ГДК<sub>сд</sub>, 60 м – 1,12 ГДК<sub>сд</sub>). На досліджуваній ділянці вулиці Героїв Праці також спостерігається перевищення граничнодопустимих концентрацій за речовинами:  $NO_x$  (10 м – 3,5 ГДК<sub>сд</sub>, 60 м – 2,2 ГДК<sub>сд</sub>), сажі (10 м – 1,9 ГДК<sub>сд</sub>, 60 м – 1,7 ГДК<sub>сд</sub>), *НСОН* (

10 м – 3,67 ГДК<sub>сд</sub>, 60 м – 3,67 ГДК<sub>сд</sub>), бенз(а)піреном (10 м – 1,19 ГДК<sub>сд</sub>, 60 м – 1,11 ГДК<sub>сд</sub>).

За результатами дослідження було розроблено наступні природоохоронні заходи щодо зменшення рівня забруднення атмосферного повітря у зоні впливу досліджуваної ділянки автомобільної дороги:

- заборона паркування вздовж вулиць;
- вивід з міста транзитного транспорту;
- виділення смуг громадського транспорту;
- оптимізація руху міського транспорту;
- створення безперервного руху автомобільного потоку з метою зменшення утворення черг при заборонному сигналі світлофору.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Забруднення автотранспортом / електронний ресурс. – Режим електронного доступу: <https://eco-live.com.ua/content/blogs/zabrudnennya-avtotransportom>. – Назва з екрану.

2. Влияние автотранспорта на окружающую среду. – Режим електронного доступу: [moluch.ru/archive/211/51590/](http://moluch.ru/archive/211/51590/). – Назва з екрану.

3. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 октября 2014 г. – 12 с.

4. Постановление «Об утверждении руководящих документов по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух»: состоянием на 28 мая 2002 г. / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск : Минприроды, от 28 мая 2002 г., № 10.