

Міністерство освіти і науки України

Шифр:

«GMMIRM 2020»

Студентська наукова робота на тему:

**«Обґрунтування та дослідження ефективності
використання методів контролю шкідливих викидів від
автомобільного транспорту»**

2020

Зміст

Вступ.....	3
1. Дослідження впливу автомобільного транспорту на світову екологію.....	5
2. Дослідження основних методів контролю викидів відпрацьованих газів автомобілів	18
3. Нормативне врегулювання рівня шкідливих викидів від автомобільного транспорту	25
4. Розрахунок прогнозного рівня забруднення повітря відпрацьованими газами автотранспорту.....	28
Висновки	36
Література	37

ВСТУП

За даними Міжнародної організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), що об'єднує 35 країни світу (країни Європейського Союзу, США, Австралія, Швейцарія, Норвегія, Південна Корея, Японія та інші.), приблизно 27% загальних викидів CO₂ припадає на транспорт. При цьому, на дорожній транспорт припадає приблизно 80%. За даними організації необхідна конкретизація і уточнення існуючих транспортних методів контролю шкідливих викидів від автомобільної техніки, а основні дані, методики та інші параметри вимагають уточнення. Тому обґрунтування та дослідження ефективності використання методів контролю шкідливих викидів від автомобільного транспорту є актуальним науковим завданням.

Метою роботи є дослідження ефективності використання методів контролю шкідливих викидів від автомобілів.

Об'єктом досліджень є процес забруднення атмосферного повітря вихлопними газами автотранспорту.

Предметом досліджень є статистичні дані впливу викидів автомобільного транспорту на атмосферу.

У роботі вирішуються такі задачі:

1. Визначено пріоритетні завдання для зменшення викидів в атмосферу автомобільною технікою.
2. Досліджено ефективні методи контролю рівня забруднення доріг вихлопними газами автотранспорту.
3. Обґрунтовані основні законодавчі підходи до державного регулювання за відповідністю транспортних і інших пересувних засобів встановленим екологічним нормам.
4. Виконаний розрахунок прогнозного рівня забруднення повітря відпрацьованими газами автотранспорту.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА СВІТОВУ ЕКОЛОГІЮ

Зміна клімату є потенційно однією з найсерйозніших екологічних загроз, з якими стикається світ сьогодні. За останні кілька років екстремальні погодні умови показали, наскільки вразливе суспільство до змін клімату Землі та наскільки катастрофічними можуть бути наслідки. Хоча важко визначити, чи є окремі події прямим результатом техногенних змін клімату, але на глобальному рівні температура піднялася приблизно на $0,6^{\circ}\text{C}$ протягом останнього століття. 1990-ті включали сім з десяти найтепліших років рекорду, а 1998 рік був найтеплішим за 140-річний період. Вчені попереджають, що ми маємо вступити у фазу глобального потепління, під час якої очікується, що температура Землі значно підвищиться. Міжурядова група з питань зміни клімату (IPCC) прогнозує, що середня температура підніметься на $1 \dots 2^{\circ}$ до 2020 року та $2^{\circ} \dots 5^{\circ}$ до 2070 року.

Природні парникові гази включають водяну пару, вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4), оксид азоту (N_2O) та озон (O_3). Викиди від транспорту, особливо автомобільного, значно збільшують рівень парникових газів в атмосфері. На автомобільний транспорт припадає приблизно 55-99% парникових газів від транспорту. З цього дві третини можна віднести до приватних автомобілів - насамперед у вигляді CO_2 [1]. Транспортними забрудненнями є: вихлопні гази, пил, шум, тепло. У вихлопних газах автотранспорту містяться: окис вуглецю, окису азоту, вуглеводні, сажа, сполуки свинцю, альдегіди.

За теоретичними розрахунками для згоряння 1 кг бензину необхідно 14,6-14,8 кг повітря. Це означає, що в двигуні для згоряння 1 кг палива протягом години витрачається близько 200 л кисню, тобто в середньому приблизно в 2,5 рази більше, ніж протягом доби вдихає людина. При згорянні 1000 кг палива в циліндрах повністю справного бензинового двигуна виділяється (в кг): окису вуглецю - 26,7; вуглеводнів - 33,2 ; оксидів азоту - 26,6; сірчистого газу - 1,34; свинцю - 0,266, тобто всього 329,7 кг шкідливих речовин. При роботі дизельно-

го двигуна виділяється (в кг): окису вуглецю - 28,4; вуглеводнів - 9,1; оксидів азоту - 40,8; сірчистого газу - 34,0; сажі - 3,4, тобто всього 115,7 кг. Максимальна концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі спостерігається в години пік, а також в районах щільної забудови висотних будівель із слабким вітровим потоком. Атмосферне повітря понад 60 міст України насичене шкідливими речовинами органічних і неорганічних сполук, концентрації яких значно перевищують гранично допустимі, і значну роль в цьому відіграє транспорт. Рівень шкідливих викидів в атмосферне повітря по різних містах представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 Внесок викидів автотранспорту в сумарні викиди (%) кожного з речовин у великих містах світу

Місто	Оксид вуглецю	Вуглеводні	Окис азоту
Київ	96	64	33
Дніпро	88	79	32
Мадрид	95	90	35
Стокгольм	99	93	53
Токио	99	95	33
Торонто	98	69	19
Лос-Анджелес	98	66	72
Нью-Йорк	97	63	31

В Україні за даними щорічних оглядів викиди автотранспорту склали 62% від сумарних викидів шкідливих речовин (67% по оксиду вуглецю, 32% по діоксиду азоту, 34% з вуглеводнів). Переважання викидів автотранспорту є особливістю великих міст, де проживає більшість населення. В таблиці 1 показаний внесок викидів автотранспорту оксиду вуглецю, вуглеводнів і діоксиду азоту від сумарних викидів кожного речовини для деяких великих міст світу. У багатьох містах світу концентрації діоксиду азоту та оксиду вуглецю, основних речовин присутніх у викидах автотранспорту, перевищують стандарти якості атмосферного повітря. Для порівняння рівнів забруднення повітря в містах різних країн на рис. 1 наведені середні концентрації діоксиду азоту. Максимальні разові концентрації, які відзначалися в багатьох містах світу на великих автомагістралях в години "пік" в 10 - 15 разів перевищують середньорічні концентрації.

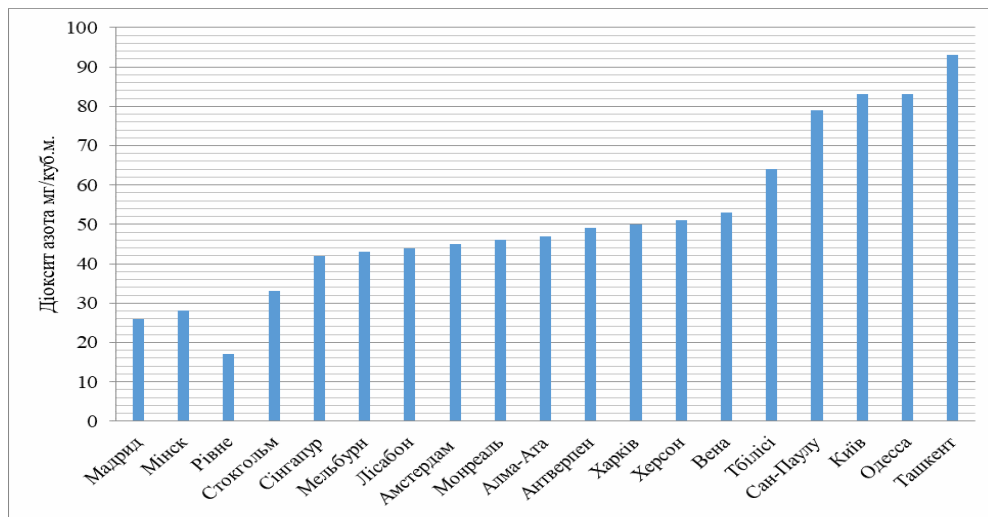


Рис. 1. Середні за 2019 р концентрації діоксиду азоту в містах різних країн

Підвищене забруднення повітря викидами автотранспорту характерно для міст, як зарубіжних, так і України, причому рівень вмісту токсичних речовин в міському повітрі значно вищий. Основними причинами такої різниці (при значно меншому автопарку в нашій країні) є вкрай низький технічний стан наших автомобілів і неякісне паливо.

В даний час відсутні точні кількісні оцінки збитку, що завдається викидами автотранспорту навколишньому середовищу і народному господарству, проте значна частка збитку (до 80%) пов'язується з захворюваннями населення. За даними американських вчених, під час епідемій грипу кількість захворювань в містах з підвищеним рівнем забруднення діоксидом азоту та оксидом вуглецю в 10 разів більше, ніж в містах, де екологічна обстановка благополучна [2].

Значної шкоди здоров'ю людей завдають викиди свинцю і його сполук, що містяться в автомобільному паливі. Дослідження, проведені в містах Японії [2] і Каїрі [3], показали, що концентрації свинцю в крові дорожніх поліцейських і водіїв були в 2 - 2,5 рази вище, ніж у сільських жителів. Дослідження показують, що такі рівні свинцю в крові у дорожніх поліцейських можуть розглядатися, як прийнятні для даної професії. Найбільш широкі дослідження ведуться за оцінкою негативного впливу свинцю, що володіє здатністю накопичуватися в рослинах, в тому числі і сільськогосподарських культурах.

За оцінками німецьких фахівців, щорічний збиток навколишньому середовищу, обумовлений затримками транспорту на перехрестях (коли відбувається найбільше виділення вихлопних газів) в містах ФРН становить близько 150 млрд. марок [5]. Для 39 міст США в 2017 р, ці витрати оцінені в 41 млн. доларів, для Лондона в 10 млн. ф. ст. [6, 7]. Тому в усьому світі на перший план винесена проблема зниження негативного впливу автотранспорту на здоров'я людей, повітряний і водний басейни, рослинний і тваринний світ. Для цього, перш за все, необхідно з'ясувати які шкідливі речовини присутні у вихлопних газах автомобілів і в якій кількості. Склад відпрацьованих газів залежить від типу автомобіля та споживаного палива. Залежно від структури автомобільного парку змінюється структура вкладу викидів автотранспорту в забруднення атмосфери в різних країнах. У загальному парку транспортних засобів Західної Європи і Північної Америки більшу частину складають легкові автомобілі. У Східній Європі переважає вантажний транспорт.

Вантажний автопарк в більшості країн складається з дизельних автомобілів. У країнах Східної Європи досить велике кількість автомобілів, що працюють на бензині, теж можна сказати про і США. На рис. 2 представлені пробігові викиди для дизельного двигуна. Для порівняння наведені дані для бензинового двигуна з використанням і без використання каталізатора. Дизельні двигуни прийнято вважати більш екологічними. Однак, дизельні двигуни відрізняються підвищеними викидами сажі, що утворюється внаслідок перевантаження і поганий регулювання двигунів і системи подачі палива. Сажа насичена канцерогенними вуглеводнями і мікроелементами, які дуже шкідливі для здоров'я людини [8].

До основних забруднюючих компонентів в відпрацьованих газах автомобілів відносяться: оксид вуглецю (CO), вуглеводні (C_xH_y), оксиди азоту (NO_x) і сажовий аерозоль (рис. 2) [9].

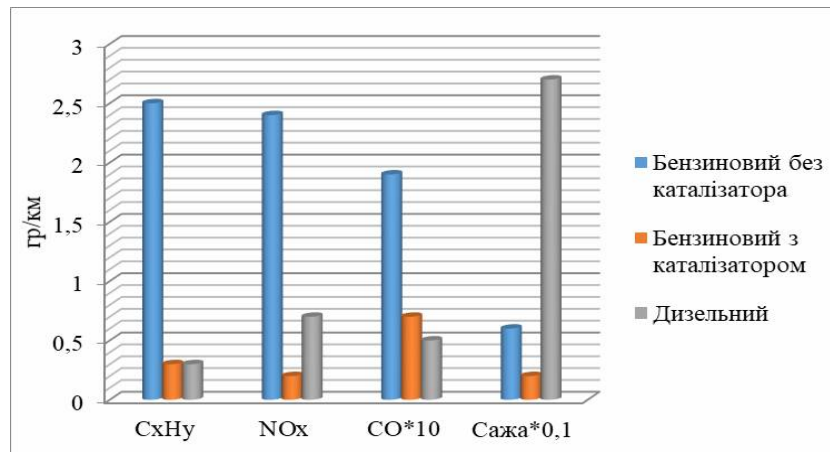


Рис. 2. Викиди основних складових речовин для різних типів двигуна

На рис. 3 показаний викид малих складових у відпрацьованих газах автомобілів. До них відносяться: діоксид сірки (SO_2), аміак (NH_3), альдегіди, ціановодень (HCN), ароматичні вуглеводні.

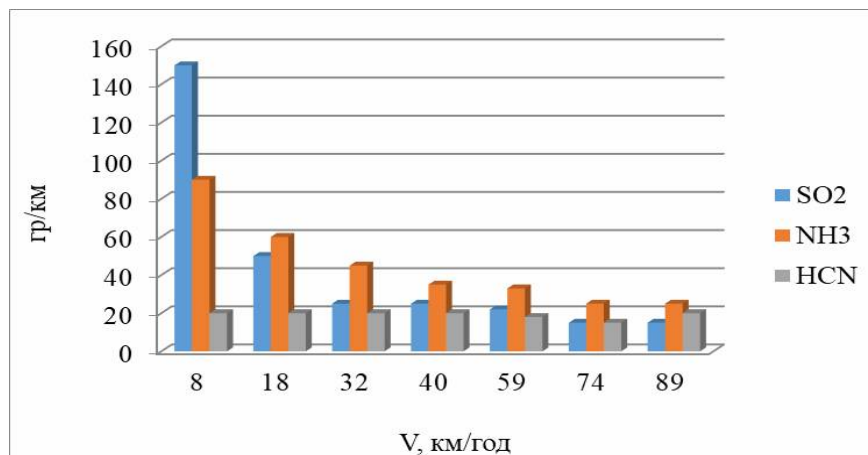


Рис. 3. Викиди малих складових речовин для різних типів двигуна

Викид малих складових від автомобілів, що працюють на бензині, перевершує викид від автомобілів, що працюють на дизельному паливі. Виняток становить викид діоксиду сірки. Для автомобілів, що працюють на етилованого сортах бензину, характерна присутність у відпрацьованих газах сполук свинцю.

Інформація про питомі викиди одиничного автомобіля з різними типами двигунів необхідна для розробки заходів по зниженню викидів, тих чи інших речовин. Якщо в місті або в районі магістралей спостерігається підвищений вміст сажі в повітрі, заходи щодо зниження викидів повинні, в першу чергу,

стосуватися дизельних автомобілів. Як видно з рис. 2 оснащення бензинових двигунів каталізаторами значно зменшує пробігові викиди вуглеводнів і оксидів азоту. Отже, в містах з великими рівнями забруднення повітря цими речовинами, як один із заходів зниження викидів автотранспорту, можна запропонувати – оснащення додатковими каталізаторами бензинових автомобілів. Треба відзначити, що в залежності від режиму роботи двигуна і температури навколишнього середовища, концентрації забруднюючих речовин у відпрацьованих газах змінюються.

Таблиця 2 Концентрація речовин в залежності від режиму роботи бензинового двигуна

Вид навантаження	C_xH_x (мг/л)	CO (% по об'єму)	NO_x (мг/л)
Холостий хід	2 - 6	4 - 12	
Примусовий холостий хід	8 - 12	2 - 4	
Середні навантаження	0,8 - 1,5	0 - 1	2,5 - 4,0
Повні навантаження	0,7 - 0,8	2 - 4	4 - 8

Найбільша кількість шкідливих домішок у відпрацьованих газах міститься при режимах холостого ходу і повних навантажень (табл. 2) [9]. Відомо, що в міських умовах двигун автомобіля не може працювати на якомусь одному режимі. Облік кількісних відмінностей у змісті токсичних компонентів у вихлопних газах при різних режимах роботи автомобільних двигунів має особливе значення при експлуатації автомобілів в місті. Зменшенню забруднення повітря викидами автотранспорту сприяє правильна організація руху транспорту на вулицях міст. Найбільша кількість викидів оксиду вуглецю і вуглеводнів надходить в атмосферу при малих швидкостях руху автомобіля. При досягненні швидкості 40 км / год викиди вуглеводнів практично не змінюються. Викиди оксиду вуглецю поступово знижуються зі збільшенням швидкості руху. Мінімальна кількість окислів азоту автомобіль викидає при швидкості 60 - 70 км / год. Найменша кількість оксиду вуглецю, вуглеводнів та оксидів азоту викида-

ється автомобілями при температурі навколишнього середовища 20 ° С. Зі збільшенням температури посилюються процеси випаровування палива, що призводить до збільшення концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобіля (рис. 4).

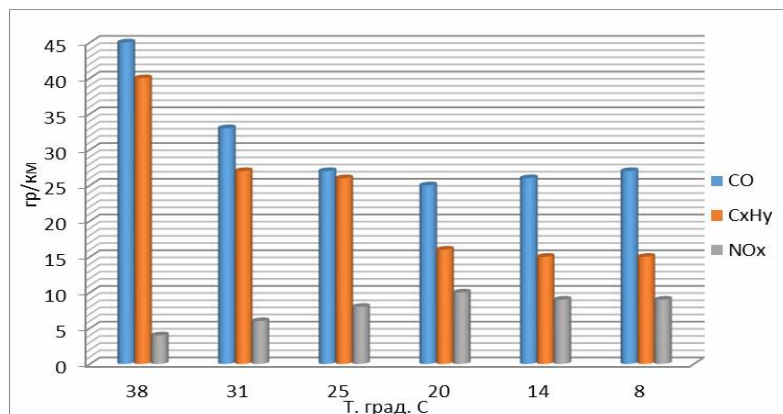


Рис. 4. Залежність пробігових викидів вуглецю, вуглеводнів і діоксиду азоту від температури навколишнього середовища.

Швидкість руху автомобіля - 32 км / год.

При зменшенні температури навколишнього середовища збільшується час прогріву двигуна, що призводить до збільшення концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобіля (табл. 2). Кількість автомобілів рік від року зростає, отже для зменшення викидів всього парку автомобілів слід зменшити викиди кожного автомобіля. Зниження викидів від автотранспорту обумовлено, в першу чергу, поліпшенням конструкції двигунів і посиленням допустимих норм вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

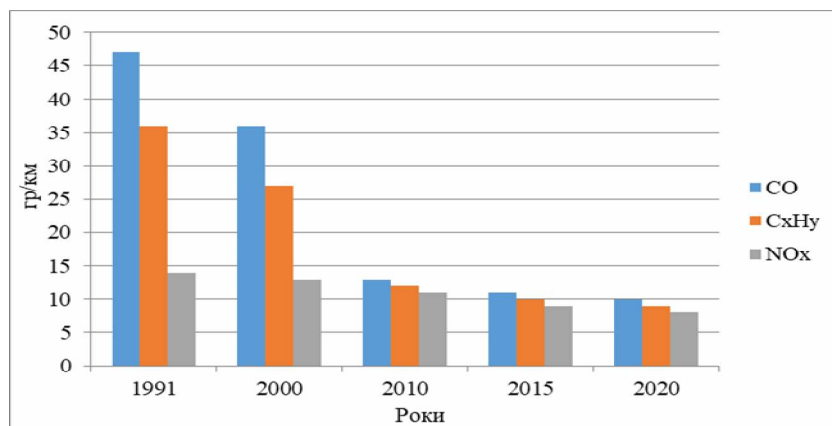


Рис. 5. Середні пробігові викиди автопарку України

На рис. 5 представлена тенденція зменшення граничних викидів для парку автомобілів України з 1991 р і в перспективі до 2020 р. У західних країнах з розвиненим автомобілебудуванням накопичено певний досвід вирішення проблем, пов'язаних зі зменшенням забруднення атмосферного повітря автотранспортом [9, 10]

Автомобілі є джерелами 50% забруднення атмосфери вуглеводнями і оксидами азоту і 90% оксидом вуглецю. Сучасний стан навколишнього середовища ставить невідкладні завдання щодо забезпечення безперервного контролю за шкідливими викидами забруднюючих речовин в атмосферу.

Дослідження хімічного складу відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння показали, що в них міститься близько 200 різних хімічних сполук, які роблять різний вплив на навколишнє середовище і живі організми. Тільки один легковий автомобіль за рік експлуатації виділяє в середньому 800 кг оксиду вуглецю (CO_x), близько 40 кг оксидів азоту (NO_x), близько 200 кг отруйних вуглеводнів (C_xH_y), споживаючи при цьому більше 4 тон кисню. В середньому за рік кожен автомобіль викидає в атмосферу 1 кг свинцю у вигляді аерозолі.

Автомобільний транспорт займає провідне місце в єдиній транспортній системі Рівного. Він перевозить понад 80% народно-господарських вантажів, на його частку припадає весь загальноміський пасажирооборот. У Рівному викиди автотранспорту за даними статистичної звітності превалюють в загальному викиді шкідливих речовин в атмосферу. За кількістю викидів від автотранспорту Рівне входить до числа дванадцяти українських міст з викидами автотранспорту понад 100 тис. т / рік. У сумарних викидах забруднюючих речовин автотранспорту, з урахуванням індивідуального транспорту 5,5% складають оксиди азоту, 9,4% - вуглеводні, 85,1% - оксид вуглецю. Обробка та аналіз даних про щорічному пробігу індивідуальних автомобілів показали, що щорічно в експлуатації перебувають 75-85% легкових автомобілів, що стоять на обліку, а середня величина пробігу склала 5352 км. Автомобільний парк, який є одним з основних джерел забруднення навколишнього середовища Рівного, має високі пока-

зники щільності на одиницю міських територій: якщо в середньому по країні на 1 км² території припадає 5-10 автомобілів, то в Рівному вона досягає 150-200.

Зона з перевищенням гранично-допустимої концентрації діоксиду азоту охоплює майже все місто. У Центральній частині Рівного є зона з двохкратним перевищенням ГДК по діоксиду азоту, на центральних дорогах міста концентрації цієї речовини досягають 19-24 ГДК. Зона з перевищенням ГДК по оксиду вуглецю охоплює 40% площі міста. Рівні забруднення повітря оксидом вуглецю менше, ніж діоксидом азоту. Зона з дворазовим перевищенням ГДК розташовується в центральній частині міста і збігається в основному з зонами перевищення 2 ГДК по діоксиду азоту. Середні концентрації оксиду вуглецю на основних транспортних магістралях міста дещо перевищує ГДК. Максимальні концентрації оксиду вуглецю на вулицях досягають 9-12 ГДК. Отримані результати показують, що транспортне навантаження в місті, і особливо, в центральній його частині, перевищують допустимі рівні впливу на атмосферу м. Рівного, тому необхідно ще раз звернутися до цієї проблеми. Істотними джерелами поповнення автомобільного парку міста в 90-х роках були реекспорт вітчизняних легкових автомобілів і імпорт старих автомобілів з країн Західної Європи. Чисельність ввезених в останні роки іномарок приведена в табл. 3.

Таблиця 3. Чисельність автомобілів іноземного виробництва, поставлених на облік в Рівному

Рік постановки на облік	Кількість автомобілів
1995	911
2000	1186
2005	1360
2010	1497
2017	2334

Із загальної кількості автомобілів, що знаходяться на обліку експлуатується від 50 до 70%. Зміна структури господарської діяльності в країні призвело до різкого збільшення кількості автогосподарств різної приналежності: кооперативів, малих державних підприємств, спільних підприємств з іноземними фірмами, акціонерних товариств, товариств з обмеженою відповідальністю і т.д.

В даний час в Рівному, як і раніше основним забруднювачем атмосфери є автомобільний транспорт, на частку якого припадає близько 60% загального викиду шкідливих речовин, а за таким інгредієнтом як окис вуглецю досягає 90-95%. Це пояснюється масовою експлуатацією автомобілів з наднормативними рівнями токсичності та димності двигунів. Патрульна поліція міста щорічно виявляє до 1500 таких автомобілів. Це викликано тим, що при переході на самофінансування підприємства і організації - власники транспортних засобів не забезпечують підтримання їх в справному стані через економію коштів на утримання працівників відділів технічного контролю (ВТК) і технічного персоналу ліній і постів діагностики. Для індивідуальних власників автотранспорту практично відсутні контрольні пункти, де можна без черги проконтролювати і відрегулювати системи двигунів, що впливають на рівень токсичності. В даний час Рівному 77% автотранспортних засобів належить індивідуальним власникам (в основному працюють на бензині). Близько 50% автомобілів підприємств працює на бензині, близько 35% на дизельному паливі і близько 15% на газовому. В даний час в місті склалася надзвичайно тривожна ситуація з контролю за екологічним станом автомобільного транспорту, який є основним джерелом надходження шкідливих речовин (до 70%) в атмосферу. Це викликано тим, що з 2008 року контроль за екологічним станом автотранспорту здійснювала ДАІ за допомогою пересувних діагностичних лабораторій ДАІ, розроблених співробітниками технічної служби ДАІ. Дані лабораторії обладнані засобами контролю екологічного стану автотранспорту. Було створено 3 пересувні лабораторії. Однак з 2015 році службу ДАІ ліквідували а новостворені служби припинили роботу по контролю за екологічним станом автотранспорту на лінії і безпосередньо в автотранспортних підприємствах, жодна інша організація, в тому числі комітет міської адміністрації з охорони природи, не взяла на себе проведення цієї роботи. В даний час практично відсутня будь-яка інформація про екологічний стан автотранспорту в Рівному.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ АВТОМОБІЛІВ

Проблема контролю забруднення атмосфери характеризується необхідністю вимірювання ультрамікроконцентрацій забруднювачів, що вимагає від методів контролю високої чутливості та вибіркової при визначенні вимірюваних компонентів. Контроль шкідливих викидів проводиться як безпосередньо біля джерел їх утворення, так і їх концентрацій в атмосферному повітрі [2]. При вирішенні завдань контролю забруднення атмосфери знаходять застосування багато фізичних, фізико-хімічних та хімічних методів газового аналізу. Розглянемо основні фізичні принципи даних методів.

1. Недисперсійний абсорбційний метод заснований на тому, що речовини, молекули яких складаються з атомів різних видів, можуть визначатися по вимірюванню спектрів поглинання в ультрафіолетовій видимій та інфрачервоній областях. В сучасних аналізаторах для виділення потрібної спектральної області використовують зазвичай недисперсійні методи (тобто без розкладання випромінювання в спектр). Найчастіше застосовують газові фільтри в оптико-акустичних недисперсійних абсорбційних інфрачервоних аналізаторах, абсорбції або інтерференційні світлофільтри в фільтрових фотометрах. Недисперсійний ІК-метод дозволяє визначати концентрації окису вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту, сірчистого ангідриду і т.д.

2. Хемілюмінесцентний метод. Хемілюмінесцентні прилади газового аналізу застосовуються в основному для аналізу оксидів азоту і озону. В основу методу покладено властивість окису азоту при взаємодії з атомарним киснем або озоном виділяти квант світла.

В результаті взаємодії аналізованої газової суміші відбувається реакція окислення з виділенням світла, який реєструється високочутливим фотомножником. Величина сигналу, що знімається з фотомножником, пропорційна концентрації аналізованого компонента газової суміші. Для вимірювання концентрації двоокису азоту її заздалегідь перетворюють в окис азоту, а потім вимірюють за описаною схемою.

3. Іонізаційний метод ефективний в газоаналізаторах для визначення вмісту вуглеводнів. Метод полягає у вимірюванні іонізаційного струму між електродами, що виникає при введенні в водневе полум'я вимірюваного компонента.

Величина струму пропорційна концентрації газу. Метод чутливий, проте велика частина приладів дозволяє визначати тільки суму вуглеводнів, тоді як дуже часто важливо знати вміст вуглеводнів за вирахуванням біологічно неактивного метану. Для усунення впливу метану на показання приладу застосовують двоканальні схеми з каталізатором або хроматографічних колонками.

4. Хроматографічний метод. При хроматографічному поділі через хроматографічну колонку протікає газ-носіє, який вносить в неї аналізуєму пробу. Поділ відбувається завдяки абсорбції окремих компонентів на активних центрах абсорбенту або їх розчиненню в закріпленій фазі (в разі газорідної хроматографії). Якщо через колонку проходить кілька компонентів з різними фізичними властивостями, то один з них просувається швидше, а інші повільніше, що дозволяє розрізняти їх на виході з колонки відповідним приладом-детектором: полум'яної іонізації, теплопровідності, електронного захоплення, полум'яно-фотометричним і ін. В результаті виникає розподіл компонентів - хроматограма, що дозволяє виділити і проаналізувати окремі речовини.

Хроматографічні методи ефективні для поділу складних сумішей, дозволяють проводити їх якісний і кількісний аналіз з високою чутливістю, точністю і відтворюваністю. Автоматичні газові хроматографи застосовуються головним чином як засоби лабораторного аналізу з добавкою проби.

5. Електрохімічні методи поділяються на кондуктометричні, кулонометричні і з електрохімічними перетворювачами. Кондуктометричні прилади працюють на принципі поглинання аналізованого компонента газової суміші відповідним розчином і вимірювання електропровідності розчину. Залежно від складу допоміжного розчину і геометрії осередку кондуктометричні газоаналізатори можуть вимірювати такі гази, як CO_2 , SO_2 , NH_3 , CS_2 і т. д.

Для визначення сірководню, хлору, окислів азоту та інших газів застосовуються кулонометричні газоаналізатори, в яких струм електродної реакції

окислення (відновлення) визначається компонента несе інформацію про його концентрації.

6. Фотоколориметричні методи аналізу - один з різновидів абсорбційного оптичного аналізу, тобто аналізу з поглинання випромінювання визначальною речовиною. Принцип дії фотоколориметричних газоаналізаторів заснований на вимірюванні інтенсивності забарвлення кольорового з'єднання, що утворюється при взаємодії компонента газової суміші, що визначається з допоміжним реагентом. Залежно від середовища, де відбувається ця реакція, фотоколориметри діляться на рідинні і стрічкові. Істотними недоліками стрічкових фотоколориметрів є велика похибка, викликана нерівномірністю просочення стрічки і її старінням, а також сильна залежність показань від температури. Тому стрічкові фотоколориметри прийнятні в основному як індикатори й сигналізатори наявності в повітрі токсичних речовин.

7. Спектрофотометричні (дисперсійні) методи. Крім недисперсійних оптичних газоаналізаторів складу атмосфери і шкідливих промислових викидів застосовуються скануючі дисперсійні оптичні спектрофотометри. Принцип їх дії заснований на порівнянні поглинання двох монохроматичних пучків. Один з цих пучків проходить через досліджуваний зразок, інший – через еталон. Як диспергуючий елемент, що розкладає випромінювання в спектр, можуть бути використані призми, решітки та інтерферометри.

Розвиток спектроскопії в перебігу останніх 10-15 років призвело до появи абсолютно нових дисперсійних оптичних аналізаторів, що поєднують високу чутливість з хорошою вибірковістю і швидкодією. До таких нових методів вимірювання відносяться в першу чергу Фур'є-спектрокопія. Нові типи оптичних аналізаторів принципово відрізняються від класичних спектрофотометрів способами отримання і обробки інформації. За допомогою кореляційних спектрометрів фіксуються SO_2 , NO_2 , CO , CH_4 . Методом диференційної спектроскопії можуть вимірюватися SO_2 , NO_2 , NO , O_3 і т.д. одночасно і незалежно один від одного.

8. Фотометричний метод використовується при визначенні сполук сірки і водню. У водневому полум'ї різні сірчисті з'єднання відновлюються до атомної сірки, а потім відбувається утворення молекул, частина з яких порушено. Випромінювання люмінесценції лежить в області 350-450 нм. Так як в рекомбінації беруть участь два атома сірки, інтенсивність випромінювання пропорційна квадрату концентрації атомів сірки в уже згадуваному газі. Чутливість методу порядку тисячних часток ppm. Аналізатори дуже вибагливі по відношенню до сірковмісних речовин, але реагують однаково на нові сполуки сірки, тобто вимірюють повне вміст сірки в пробі.

9. Флуоресцентний метод успішно використовується для аналізу двоокису сірки. Принцип дії флуоресцентних приладів заснований на вимірюванні інтенсивності випромінювання SO₂. Лінійність флуоресцентних приладів зберігається від часткою млн⁻¹ до декількох тисяч млн⁻¹, забезпечуючи широкий діапазон вимірювань. Крім SO₂ цим методом можна визначати NO₂ і CO.

10. Мас-спектрометричний є одним з найбільш точних і чутливих методів аналізу сумішей різних речовин на основі поділу іонів з різними співвідношенням маси іона до його розряду. З отриманого мас-спектру визначаються величини мас і відносний вміст компонентів в досліджуваній суміші. Метод мас-спектрометрії дає можливість високоточної аналізу речовин на утримання малих домішок.

11.Лазерні методи контролю газового складу атмосферного повітря засновані на двох основних принципах: комбінаційного розсіювання і резонансного поглинання. Дані методи використовують унікальні властивості і особливості лазерного електромагнітного випромінювання, такі, як висока когерентність і монохроматичність, значна концентрація енергії, а отже, висока спектральна яскравість, можливість управління тривалістю імпульсу і безперервної перебування довжини хвилі випромінювання в широкому спектральному діапазоні, мала розбіжність спрямованого потоку випромінювання. Ці властивості лазера дозволили значно підвищити точність і чутливість контролю складних газових сумішей і забезпечити дистанційний контроль атмосферного повітря. Для реа-

лізації даних методів широке застосування отримали лазерні пристрої - лазери, які містять лазерний джерело, передавач з системою контролю інтенсивності випромінювання, приймальною системою з оптичної та електронної системами прийому і обробки поглиненого або розсіяного випромінювання.

12. Емісійні методи засновані на вимірі інтенсивності випромінювання аналізованої газової суміші. Для аналізу використовують як спектри теплового випромінювання, так і молекулярну люмінесценцію. Суть методу полягає в тому, що досліджувані молекули той чи інший спосіб призводять до стану оптичного збудження і потім реєструють інтенсивність, що виникає при поверненні їх в рівноважний стан.

13. Лазерні методи дистанційного контролю атмосфери

Особливо важливу роль для оцінки як загального стану атмосферного повітря, так і у визначенні ролі автотранспорту відіграють сучасні методи і засоби контролю. Дистанційний лазерний контроль автомобіля помітно обмежує вибір методів і засобів контролю, при цьому основними факторами, які необхідно враховувати при виборі методів і засобів контролю є наступні: забезпечення можливості проведення контролю в польових умовах; можливість використання автономного живлення від акумулятора або бортової мережі; засоби контролю повинні бути переносними і транспортабельними; необхідність періодичного калібрування і тарування засобів контролю в процесі проведення вимірювань; стійкість до перешкод засобів контролю, викликаних складними і нестабільними кліматичними умовами навколишнього середовища (вологість, температура, сонячна радіація, тиск і інше); наявність еталонних зразків для тарування засобів контролю.

Найбільшою ефективністю для оцінки забруднення атмосфери автомобільним транспортом мають методи і засоби інтегрального дистанційного контролю. При цьому, контроль може проводитися як поперек, так і вздовж автомагістралей. При контролі в поперечному напрямку величина дистанції, як правило, має невелику величину і становить не більше 100 м. (10 - 100 м).

3. НОРМАТИВНЕ ВРЕГУЮВАННЯ РІВНЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ВІД АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

До цього підрозділу відносяться питань аналізу стану нормативної документації з охорони атмосферного повітря від забруднення автомобільним транспортом.

Державний контроль за відповідністю транспортних і інших пересувних засобів встановленим екологічним нормам і вимогам повинен здійснюватися на наступних етапах: при постановці на виробництво; при виготовленні; при всіх видах ремонту; при експлуатації. Екологічні вимоги в транспортно-дорожньому комплексі регламентуються, в основному, нормативними документами, перелік і короткий зміст яких наводиться нижче [11].

Перелік і короткий зміст нормативних документів.

1. ДСТУ 4277:2004 Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі. Цей стандарт розроблено з метою створення нормативної бази для контролювання в умовах експлуатації екологічних показників автомобілів, двигунів яких працюють на традиційних або альтернативних паливах. Вимоги цього стандарту щодо екологічних показників автомобілів, двигуни яких працюють на бензині, відповідають вимогам Директиви Європейського Союзу 96/96/ЄС “On the approximation of the laws of the Member States relating to roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers” (“Про гармонізацію законів країн-учасниць щодо випробовування автомобілів та їхніх причепів на придатність до експлуатації”).

2. ДСТУ 4276:2004 Норми і методи вимірювань димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями. Цей стандарт розроблено з метою створення нормативної бази для контролювання в умовах експлуатації димності автомобілів з дизелями і газодизелями. Вимоги цього стандарту щодо димності автомобілів з дизелями відповідають вимогам Директиви Європейського Союзу 96/96/ЄС “On the approximation of the laws of the Member States

relating to roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers” (“Про гармонізацію законів країн-учасниць щодо випробовування автомобілів та їхніх причепів на придатність до експлуатації”).

3. Стандарти «Євро». У 1998 р. Директивами ЄС введені перспективні норми, так звані норми «Євро». Європейські стандарти відіграють важливу роль у зниженні так званих регульованих речовин. До них відносяться оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (CH) і тверді частинки (сажа) – розміром до 10 мкм (PM₁₀). Стандарти «Євро» послідовно ставали жорсткішими із року в рік. Ефект застосування стандартів «Євро» полягає у послідовному, поетапному в часі, зниженні видів викиди транспортних засобів в тому, щоб прискорити впровадження інноваційних рішень в конструкцію автомобіля, які зменшують викиди відпрацьованих газів. і. Вимоги нормативів «Євро» створюють вітчизняним автовласникам і перевізникам значні проблеми — за кордоном забороняється рух українських транспортних засобів і накладаються штрафи за невідповідність екологічним стандартам європейських країн.

Таблиця 4. Стандарти Євро

Євро стандарт	Дата виконання*	CO (г/км)	THC (г/км)	NM HC (г/км)	NO _x (г/км)	HC+NO _x (г/км)	PM (г/км)
Дизель							
Euro I	Липень 1993	2.72	-	-	-	0.97	0.14
Euro II	Січень 1997	1.00	-	-	-	0.70	0.08
Euro III	Січень 2001	0.61	-	-	0.50	0.56	0.05
Euro IV	Січень 2006	0.50	-	-	0.25	0.30	0.025
Euro V	Вересень 2010	0.500	-	-	0.180	0.230	0.005
Euro VI	Вересень 2015	0.500	-	-	0.180	0.230	0.005
Бензин							
Euro I	Липень 1993	2.72	-	-	-	0.97	-
Euro II	Січень 1997	2.20	-	-	-	0.50	-
Euro III	Січень 2001	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro IV	Січень 2006	1.00	0.10	-	0.08	-	-
Euro V	Вересень 2010	1.000	100.00	0.68	0.60	-	0.005
Euro VI	Вересень 2015	1.000	100.00	0.68	0.60	-	0.005

4. РОЗРАХУНОК ПРОГНОЗНОГО РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ АВТОТРАНСПОРТУ

Рівень забруднення повітря залежить в значній мірі від умов розсіювання домішок в атмосфері. При певних метеорологічних умовах концентрації домішок в повітрі збільшуються і можуть досягати небезпечних значень. Запобігання таких випадків на основі їх завчасного прогнозу і короткочасного зниження викидів є істотним для поліпшення стану повітря. В зарубіжних країнах приділяється велика увага питанням короткострокового прогнозування забруднення повітря і запобігання небезпечному зростання концентрацій шкідливих домішок в приземному шарі атмосфери в несприятливі періоди. Вперше прогнози рівнів забруднення повітря почали розробляти в США з 1955 р. У цьому параграфі коротко викладено основні принципи короткострокового прогнозу забруднення повітря, прийняті та впроваджені в Україні, а також деякі роботи, які ведуться в даному напрямку за кордоном [2]. При вирішенні завдання короткострокового прогнозування забруднення повітря виявилось доцільним розглядати дві його складові - локальне забруднення, що створюється окремим джерелом викидів, і фонове забруднення повітря по місту в цілому. Відповідно до цього розроблялося два види прогнозу [12]. Методика прогнозу забруднення повітря від окремих джерел розроблена з використанням результатів теоретичних досліджень процесу поширення домішок в атмосфері. Роботи здійснюються для об'єктів, які є в умовах даного міста є найбільш визначними джерелами викидів. Прогнозування в даному випадку зводиться до передбачення встановлених заздалегідь умов погоди, які спричинили високі концентрації домішок в приземному шарі повітря в районі джерела і до розрахунку створюваних викидів даного джерела. Для вирішення завдання прогнозу рівня забруднення повітря по місту в цілому вивчалися метеорологічні умови, що визначають рівні забруднення повітря в містах, і розроблялися статистичні схеми [13].

Статистичні методи прогнозу забруднення повітря по місту в цілому засновані на аналізі фактичних результатів контролю за концентраціями домішок в повітрі і за супутніми метеорологічними і синоптичними умовами.

Для характеристики забруднення повітря в цілому по місту використовуються узагальнені показники. Такі показники, складені за результатами контролю в ряді пунктів міста за кілька термінів, істотно менше схильні до випадкових коливань, ніж поодинокі дані про концентрацію. Вони відображають внесок у забруднення повітря переважаючих джерел, а також фонові концентрації в місті, вони в меншій мірі залежать від режиму викидів і в основному визначаються метеорологічними чинниками. В якості такого показника використовувалося середнє по всьому місту значення концентрації окремих домішок в даний день або час, q_j .

Нормування на середньосезонну концентрацію $\bar{q}$.

$$\bar{q} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{q_j}{q_j} \quad (1)$$

де j - індекс відноситься до пункту контролю;

N - число пунктів контролю в місті.

Як узагальнених показників в використовувалися коефіцієнти при членах розкладання на природні ортогональні функції. Концентрації домішок в повітрі, виміряні на стаціонарних постах контролю в конкретному місті, представлялися у вигляді:

$$q(x, t) = \bar{q}(x) + \sum_{i=1}^M \alpha_i(t) \varphi_i(x) \quad (2)$$

де $q(x, t)$ - концентрація домішок, що залежить від точки простору (x) і моменту спостереження (t);

$\bar{q}(x)$ - середня концентрація, що залежить від (x), за сезон або півріччя, розраховується за результатами контролю кожного року окремо;

$\varphi_i(x)$ - система природних ортогональних функцій: ці функції визначаються за фактичними результатами контролю, вони є власними функціями матриці коефіцієнтів кореляції між концентраціями домішок в різних точках міста;

$\alpha_i(t)$ - коефіцієнти при відповідних функціях, які залежать тільки від часу t ;

M - кількість членів розкладу.

Коефіцієнти розкладу $\alpha_i(t)$ знаходяться за формулою:

$$\alpha_i(t) = \sum_{j=1}^N \varphi_{ij} q_j'(t) \quad (3)$$

де φ_{ij} - компоненти вектора φ_i віднесені до кожного стаціонарного контрольного поста в місті;

q_j' - відхилення середніх концентрації домішок на стаціонарних постах контролю;

N - кількість постів контролю.

Аналіз показує, що вже сума перших кількох членів розкладання (3) дозволяє досить повно оцінити мінливість поля концентрацій. Можна сказати, що перший член розкладу характеризує ту частину загальної мінливості, яка визначається одночасними змінами рівня забруднення по всьому місту, другий і третій - основні відхилення від них.

Автор [14] в якості інтегрального показника забруднення ввів величину:

$$P = m/n \quad (4)$$

де n - загальна кількість вимірювань за концентраціями домішок в місті протягом одного дня на всіх стаціонарних пунктах контролю;

m - кількість вимірювань протягом цього ж дня за концентраціями q , які перевищують середньосезонне значення на кожному з постів контролю, більш ніж в 1,5 рази ($q > 1,5 q_{cp}$).

Параметр P розраховується для міст, де число стаціонарних пунктів контролю не менше трьох, а число виконаних вимірювань за окремі дні не менше 20. Очевидно, що P змінюється від 0 до 1.

Значне зростання концентрацій на одному з стаціонарних постів контролю міста мало позначиться на значенні параметра P , однак може помітно підвищити середню по місту концентрацію домішок. У той же час, одночасне зростання

вмісту домішок в різних частинах міста, який визначається метеорологічними процесами, досить добре виявляється при розгляді щоденних значень параметра P .

За своїм змістом величина P близька до першого коефіцієнту розкладу поля концентрацій на природні функції α_1 . У роботах [12] було показано наявність тісного зв'язку між P і α_1 . Коефіцієнт кореляції між ними досягає 0,85 - 0,95.

Параметр P використовується в якості інтегрального показника забруднення повітря і за кордоном: в Болгарії [15], Фінляндії [16], Монголії. Автор [12] розглянув кореляційні зв'язки між параметром P і метеорологічними умовами в різні сезони року. Найбільш несприятливий період - це холодне півріччя, коли часто спостерігаються температурні інверсії. Запропоновано використовувати параметр P в єдиній попереджувальній системі оцінки екологічного стану повітря [15]. В середньому для різних $P \approx 0,2$. Забруднення повітря по місту в цілому можна вважати підвищеним при $P > 0,2$. В окремі дні, коли скупчення домішок у міському повітрі найбільш велике, значення P перевищують 0,5.

Аналіз показав, що підвищене забруднення повітря для міста в цілому спостерігається нерідко протягом декількох днів поспіль. Параметр P для даного дня істотно залежить від його значення P за попередній день. Якщо спостерігалось знижений забруднення повітря, то тільки в 10% випадків можна очікувати, що на наступний день воно істотно збільшиться.

На підставі фізичних досліджень і аналізу фактичних результатів контролю отримані якісні висновки про можливу зміну рівня забруднення повітря [15].

До підвищення рівня забруднення повітря призводять: посилення стійкості нижнього шару атмосфери при слабкому вітрі; ослаблення вітру при стійкій термічної стратифікації; посилення вітру від 0 до 3 - 6 м/с при нестійкій стратифікації; підвищення температури повітря при слабкому вітрі (не більше 5 м/с); утворення туманів; адвекція тепла в тропосфері.

До зниження рівня забруднення повітря призводять: посилення вітру при стійкій термічній стратифікації; випадання опадів; адвекція холоду в тропосфері; проходження холодного фронту.

В якості прогнозованої величини зазвичай використовувався параметр P . Для більш повного врахування реального вигляду зв'язків між забрудненням повітря і метеорологічними параметрами використовувався метод послідовної графічної регресії. Випробування схем, розроблених за допомогою даного методу, показало, що для них характерна найбільша виправданість прогнозів - близько 90%.

За кордоном широко використовувався метод лінійної регресії. За цим методом була розроблена схема прогнозу забруднення атмосфери діоксидом сірки для північній Чехії на підставі даних вимірювань концентрацій. Рівняння регресії отримані для чотирьох типів погоди, які виділені в залежності від поєднання спрямованості перенесення і атмосферної стійкості, а також окремо для постів спостережень, розташованих в гірських і долинних умовах, причому тільки для холодної частини року.

Рівняння регресії мають такий вигляд:

$$q = a_0 - a_1\theta - a_2v_{850} - a_3\Delta T \quad (2.5)$$

де q - прогнозна концентрація;

a_0, a_1, a_2, a_3 - постійні коефіцієнти, розраховані методом найменших квадратів;

$\theta = 18 - T$, де T - середньодобова температура в $^{\circ}\text{C}$ (передбачається, що θ характеризує необхідний ступінь опалення);

v_{850} - швидкість вітру на рівні поверхні AT_{850} ;

ΔT - різниця температур між рівнем землі і поверхнею AT_{850} о 13 годині.

Дослідна перевірка прогнозів показала, що виправданість їх найбільш висока при прогнозі низьких концентрацій.

Прогностична схема по методу множинної лінійної регресії розроблена також в м Руані (Франція) за даними вимірів добових концентрацій пилу і діокси-

ду сірки. Рівняння регресії отримані для різних напрямків вітру (за чотирма зонами) за даними семи пунктів спостережень окремо для холодної і теплої частин року. Виконаний аналіз показав, що можливо використовувати тільки два предиктори - швидкість вітру і температуру повітря. Відмінності між прогностичними і вимірюваними концентраціями склали в середньому 30 - 40%. Екстремально високі концентрації передбачалися гірше, ніж часто зустрічаються.

Цей же метод використовувався для прогнозу концентрації SO₂ в Словаччині. Рівняння регресії отримані за допомогою статистичної обробки даних вимірювань добових концентрацій SO₂ на мережі станцій і метеорологічних параметрів. У рівняння регресії були включені тільки два предиктора: концентрація SO₂ в попередній день і середня добова температура повітря. Виправданість прогнозу склала 88 - 93%. Коефіцієнт кореляції між прогностичними і вимірюваними значеннями концентрації SO₂ коливається в межах 0,59 - 0,82.

У ряді досліджень, виконаних за кордоном для розробки статистичного прогнозу забруднення повітря в місті використовувалися схеми множинної логарифмічної регресії. Однією з найбільш успішних (з коефіцієнтами кореляції між прогностичними і фактичними концентраціями 0,87 - 0,89) виявилася схема, розроблена авторами за матеріалами добових відборів проб пилу і діоксиду сірки в Манчестері і Нотінгемі. Їх рівняння для прогнозу концентрацій діоксиду сірки в Манчестері має вигляд:

$$q = \frac{K(24-T)^{0.37} q^{0.25}}{V_0^{0.34} H_0^{0.11}} \quad (2.6)$$

де K - постійний коефіцієнт;

T - температура повітря;

$q^{0.25}$ - вихідна концентрація SO₂;

V_0 - швидкість вітру в приземному шарі;

H_0 - висота шару перемішування.

Схеми прогнозу забруднення атмосфери в місті, розроблені за методами лінійної і логарифмічної регресії, задовільно дозволяють прогнозувати середні

значення концентрацій і гірше - їх екстремально високі значення. Значну роль у розвитку та вдосконаленні прогнозу забруднення атмосфери відіграє синоптичний метод аналізу. Цей метод був прийнятий для прогнозу забруднення повітря діоксидом сірки в Рурському регіоні (Німеччина).

В Японії з 1998 р виконується програма «Прогноз забруднення повітря діоксидом азоту». У міських зонах в зимовий період підвищуються концентрації діоксиду азоту, обумовлені метеообставинами, коли створюються застійні умови, які не сприяють розсіюванню забруднюючих у атмосфері речовин в приземному шарі на великій території. Щоденні фактичні дані і дані добових прогнозів концентрацій SO_2 публікуються в ЗМІ в районах Токіо і Осака. Виправданість добових прогнозів концентрацій SO_2 становить 80 - 90%. [17].

В різних містах проводяться впровадження методів прогнозу забруднення повітря. У 2018 році роботи по прогнозуванню забруднення повітря і регулювання викидів у періоди несприятливих метеорологічних умов (НМУ) проводилися в 49 містах, а попередження передавалися більш ніж на 300 підприємств. Прогнози складаються в усіх прогнозних центрах, в тому числі у багатьох з них - для групи міст заданого регіону. Достовірність прогнозів забруднення повітря для більшості Українських міст склали в 2018 році 90 -95%.

Слід зазначити, що ці розробки стосувалися прогнозу небезпечного забруднення повітря по місту в цілому.

ВИСНОВКИ

Основні висновки та результати наукової роботи полягають у наступному:

➤ На основі аналізу сучасного стану по контролю за шкідливими викидами автотранспортних засобів було сформульовано підхід до вирішення завдання короткострокового прогнозування забруднення повітря викидами автотранспорту. Він ґрунтується на обліку фізичних закономірностей поширення в атмосфері викидів від автомобілів, і особливостей впливу метеорологічних умов на вміст шкідливих речовин в повітрі.

➤ Розглянуті основні показники оцінки екологічного стану автотранспорту. Проведена оцінка викидів індивідуального транспорту та отримані результати свідчать про те, облік викидів індивідуального транспорту значно уточнює загальну інформацію про стан викидів в містах та області.

➤ Досліджені методи і засоби дистанційного контролю відпрацьованих газів автотранспорту в атмосфері та виконане їх теоретичне обґрунтування, яке показало, що проведення інтегрального дистанційного контролю автомагістралей в поздовжньому напрямку вимагає використання більш потужних лазерів, так як величина дистанції при контролі може становити 1 - 5 км.

➤ Проведено аналіз сучасного стану нормативної документації з контролю екологічного стану автотранспорту, на основі якого встановлено, що на даний час в Україні на законодавчому рівні відсутній повноцінний механізм моніторингу та контролю за викидами в атмосферу відпрацьованих газів від автомобільного транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Strategies to reduce greenhouse gas emissions from road transport: analytical methods / Research Report. OECD publications, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris cedex 16. Printed in France
2. Николаев С.Н. Методы и средства контроля и диагностики экологической безопасности автотранспорта: дис. канд. техн. наук: 05.02.11. / Николаев Сергей Николаевич . – Санкт-Петербург. 1999.– 185с.
3. Suzuki Shosuke. Helth effects of Lead pollution due to automobile exhaust: findings from field surveys in Japan and Indonesia: [Pap]. Int.Symp.: Health Impact Rapid Ind. I and Urbanizat. Asia and Pacif and Its Publec Health Activités, [Tokyo, 1990]. - J.Hum.Ergol. - 1990. - 19, N 2. - с.1 13 -122.
4. Kamal Abdel - Aziz M., Eldamary Samia E., Faric Rifley. Blood lead level of cairo traffic policemen. - Sei.Total Environ. - 1991. - N 105. - с. 165 - 170.
5. Europe's polluters will pay their way. -New Sei.-1989 -122. - N 1678. - p.20.
6. Quidort Michel. Transporte publics: tendances mondiales. - Transp. urbains. - 1991. -N71 с.13-18.
7. Vlek S., Michon J. Why we should and how we could decrease the use of motor vehicles in the near fiiture. - lATSS Research. - 1992. - 15, N 2, с.82 - 93.
8. Walsh Michael P. Moore Curtis A. Motor vehicle contribution to global and transported air po Uuton. - Atmos.Ozone.Res. and Policy Implec: - 1988. - Amsterdam, - 1989. p. 387 - 404.
9. ДСТУ 4277:2004 Система стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання ресурсів. Атмосфера. Норми і методи вимірювання вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі. 31.01.2004р.
10. Bush spells out clear air proposals. Oil and gas J. - 1989. 87, N 31 - p.36-38.
11. Chang T.Y., Rudy S.J., Kuntasal G., Gorse R.A. (Jr). Impact of methanol vehicsees on ozone air quality. - Atmos.Environ. - 1989 - 23. - N 8. - p.1629 - 644.

12. Пономаренко І.М. Короткострокові прогнози забруднення повітря окремими домішками в містах з розосередженими джерелами. - Фіз. геогр. процеси і охорона навколишнього середовища. - Геогр. т-во УССР. - Київ. 1991. - с.110 - 116.

13. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. Л., Гидрометеиздат. -1991. - с.224.

14. Пономаренко І.М. Короткострокові прогнози забруднення повітря окремими домішками в містах з розосередженими джерелами. - Фіз. геогр. процеси і охорона навколишнього середовища. - Геогр. т-во УССР. - Київ. 1991. - с.110 - 116.

15. Исегалин О.Н., Лугачев П.Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. - М.: Транспорт, - 1985.

16. Васильєв І. Вибір інтегрального показника для оцінки забруднення повітря в місті Софія в залежності від метеорологічних умов. - Пробл. геогр. - 1993.-№4.-с.52-60.

17. Bremer Pia. Assessment of two method to predict SO₂ concentrations in the Helsinki area. - Finnish meteorological institute. - Helsinki, - 1993. - p.43.

18. Kawashima Hironao, Fujii Haruki, Kitoh Kozo. Some structural aspects on the infomobility related projects in Japan. - SAE Techn.Pap.Ser. - 1991. - N 911676. - с.43 -47.