

**МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ КОНКУРС З МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ**

**Номінація: Найкраще інформаційне наповнення**

**ДЕВІЗ: Повітря Вінниці**

**Дослідження аерозольних викидів автотранспорту у м.Вінниці**

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Вступ.....                                                                                                                             | 3         |
| <b>1 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>                                                                                       |           |
| <b>АЕРОЗОЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ М. ВІННИЦІ.....</b>                                                                                        | <b>4</b>  |
| 1.1 Технічні характеристики аналізатора аерозолю DustTrak 8520.....                                                                    | 4         |
| 1.2 Результати дослідження забруднення техногенними аерозолями повітря м. Вінниці.....                                                 | 5         |
| 1.3 Дослідження забруднення техногенними аерозолями Вінницької області .....                                                           | 12        |
| <b>2 ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ АЕРОЗОЛІВ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ.....</b>                                                 | <b>17</b> |
| 2.1 Хронічні захворювання легенів.....                                                                                                 | 17        |
| 2.2 Аналіз легеневих захворювань населення України.....                                                                                | 19        |
| 2.3 Особливості впливу техногенних аерозолів на здоров'я населення.....                                                                | 21        |
| <b>3 СТРУКТУРНА СХЕМА ЛІЧИЛЬНИКА ВИКИДІВ ДВЗ.....</b>                                                                                  | <b>24</b> |
| 3.1 Вибір робочої формули.....                                                                                                         | 24        |
| 3.2 Структурна схема лічильника викидів ДВЗ.....                                                                                       | 25        |
| 3.3 Розробка структури датчика імпульсної послідовності лічильника.....                                                                | 27        |
| Висновки.....                                                                                                                          | 29        |
| Література.....                                                                                                                        | 30        |
| Додаток А. Свідectvo про метрологічну атестацію аналізатора аерозолю Dust Trak мод. 8520.....                                          | 31        |
| Додаток Б. Карта розсіювання пилових і аерозольних частинок з поверхні золошлаковідвалу Ладижинської ТЕС (Google maps, М 1:50000)..... | 34        |

## ВСТУП

Повітряне середовище – одна із найважливіших складових частин біосфери. Воно є необхідною умовою існування фауни і флори Землі, визначає процеси геологічного розвитку Землі, кругообіг речовин в природі. Атмосферне повітря використовується в технологічних процесах горіння і плавлення як сировина для отримання кисню, азоту, інертних газів, оксиду вуглецю. Воно є середовищем для розміщення газоподібних відходів виробництва.

Забруднення атмосферного повітря шкідливо впливає на всі сторони суспільного життя. Вплив атмосферних аерозолів техногенного походження створює загрозу для здоров'я і життя людей, що може стати причиною підвищеної захворюваності, знижує середню тривалість життя. Техногенні аерозолі викликають широкий спектр наслідків в результаті тривалого їх вдихання, а саме бронхіальну астму, рак легенів, серцево-судинні захворювання, хвороби органів дихання, передчасні пологи, вроджені дефекти, і передчасну смерть. Їх дія поширюється на дітей і дорослих і на цілий ряд алергенних груп населення. Було доведено, що ризик виникнення різних захворювань зростає пропорційно зростанню концентрації аерозолів в атмосфері, і практично не існує порогу концентрації, нижче якого можна було б припускати відсутність негативного впливу на здоров'я.

Викиди автотранспорту є основною причиною утворення фотохімічного смогу, що складається з диму, туману і аерозольного пилу (дрібнодисперсних частинок). Фотохімічний смог викликає подразнення очей, слизових оболонок носа і горла, симптоми задухи, загострення легеневих і різних хронічних захворювань. Час “життя” газів і аерозолів в атмосфері коливається у дуже широкому діапазоні (від 1 – 3 хвилин до декількох місяців) і залежить, в основному, від їх хімічної стійкості, розміру частинок (для аерозолів) і присутності реакційно здатних компонентів (озон, пероксид водню та ін.).

У більшості епідеміологічних досліджень, які продемонстрували негативний вплив **РМ** на здоров'я, найбільш тісний зв'язок між смертністю від серцево-судинних захворювань і довготривалим впливом РМ спостерігалось стосовно частинок розміром 2,5 мкм (PM2.5), а не відносно крупніших частинок. Також причиною легеневих захворювань, а сама деяких різновидів пневмоконіозу (силікоз, силікатом, карбоконіоз) є тверді частинки, які вивітрюються з золошлаковідвалів, до таких частинок відносяться ценосфери (алюмосилікатні кульки).

Отже, метою даної роботи є дослідження аерозольних викидів автотранспорту м.Вінниці та розробка практичних природоохоронних заходів для покращення стану атмосферного середовища.

## **1 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АЕРОЗОЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ М. ВІННИЦІ**

Вінниччина характеризується, в цілому, як порівняно благополучний регіон із значно меншим, ніж в промислових областях, рівнем забруднення атмосферного повітря. Згідно даних Вінницького обласного центру з гідрометеорології понад 35 % викидів в атмосферне повітря (від їх загальної кількості) на території області – це викиди автотранспорту, ще близько 45 % – викиди Ладижинської ТЕС та понад 3 % – викиди магістральних газопроводів. Викиди усіх інших підприємств області становлять близько 13 %.

Що ж стосується м. Вінниці, то доля автотранспорту в забрудненні атмосферного повітря сягає до 90 %. Найбільша частка 78 % викидів забруднюючих речовин припадає на автотранспорт, який працює на бензині.

Крім газового забруднення, спостерігається неухильне “запилення” повітряного середовища, внаслідок збагачення його аерозолями. Маса твердих часток, що надійшла в повітря від усіх джерел викидів, становила у 2013 році 12,4 тис. тонн. Основні джерела забруднення атмосфери аерозолями – газопилові викиди промислових підприємств, серед яких найбільшим є Ладижинська ТЕС, а також золошлаковідвал Ладижинської ТЕС у с. Заозерному Тульчинського району і вихлопні гази автомобілів [1].

### **1.1 Технічні характеристики аналізатора аерозолю DustTrak 8520**

Вимірювання масової концентрації зважених частинок аерозолів PM10 і PM2.5 в атмосферному повітрі міста Вінниця виконувались із використанням аерозольного аналізатора DustTrak, модель 8520. Також, з допомогою приладу СЕМ DT-9880 (лічильник часток) було підраховано кількість частинок різного розміру у повітрі.

Dust Trak мод.8520 використовується для виконання вимірювань масової концентрації аерозольних часток різного походження та хімічного складу: в атмосфері і в повітрі робочої зони в цілях технологічного контролю чистоти повітря та в цілях контролю перевищення гранично-допустимих концентрацій аерозольних фракцій у повітрі робочої зони та атмосферного повітря.

Аерозольний аналізатор DustTrak вимірює дрібнодисперсні частинки в найрізноманітніших середовищах, від офісів і промислових підприємств до зовнішніх дворових та будівельних майданчиків. Діапазон вимірювань від 0,001 до 100 мг/м<sup>3</sup>. Допустима похибка 25%. Зовнішній вигляд аналізатора представлений на рисунку 1.1., технічні характеристики аналізатора представлені в таблиці 1.1. Свідectvo про метрологічну атестацію приладу приведено в додатку А.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд аналізатора аерозолі Dust Trak мод. 8520

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики аналізатора Dust Trak мод. 8520.

| Характеристика                                    | Значення                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Діапазон вимірювань масової концентрації аерозолі | 0,001 до 100мг/м <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                    |
| Розмір вимірюваних частинок                       | від 0,1 до 10 мкм                                                                                                                                                                                                                                |
| Витрати повітря                                   | від 1,4 до 2,4 л/хв. (1,7 л/хв. робоча)                                                                                                                                                                                                          |
| Умови експлуатації:                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- діапазон температури навколишнього середовища від 0 до +50 °С;</li> <li>- діапазон відносної вологості від 5 до 90% при + 25 °С;</li> <li>- діапазон атмосферного тиску від 84 до 106,7 кПа.</li> </ul> |
| Живлення                                          | напруга 220 (+ 22; -33) В, частота (50 ± 1) Гц.                                                                                                                                                                                                  |
| Розмір                                            | 225 x 150x90 мм, 2 кг                                                                                                                                                                                                                            |

## 1.2 Результати дослідження забруднення техногенними аерозолями повітря м. Вінниці

У сучасних умовах, на екологічну якість повітря у містах світу в значній мірі впливають викиди автотранспорту і місто Вінниця не виняток. Нині доля автотранспорту в забрудненні атмосферного повітря міста сягає до 90 %. Основними складовими вихлопних газів двигунів внутрішнього згоряння є: азот, вуглекислий газ, монооксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводні, альдегіди, сажа, бензопірен, також може міститись свинець (тетраетилсвинець), бром, хлор, їх сполуки. У великих містах викиди автотранспорту є причиною виникнення смог – аерозоль, що складається з диму, туману і пилу (дрібнодисперсні частинки).

Дрібнодисперсні частинки діаметром менше 10 мкм (PM10) і 2,5 мкм (PM2.5) по праву вважаються одним з небезпечних видів забруднення атмосферного повітря, що вимагають систематичного контролю. Такі частинки тривалий час знаходяться в повітрі, переносяться на великі відстані і легко долають захисні бар'єри людського організму, проникаючи глибоко в легені.

Рух автомобілів по дорогах також є значущим техногенним джерелом утворення дрібнодисперсних аерозолів. Висока турбулентність повітряних потоків, обумовлена рухом транспорту на автомагістралях, сприяє вторинному забрудненню повітря дрібнодисперсними частинками, які утворюються в результаті стирання дорожніх покриттів, автомобільних шин, гальмівних колодок, а також викидів вихлопних систем. Хімічний склад і кількість пилу залежать від матеріалів дорожнього покриття. Найбільша кількість пилу створюється на ґрунтових і гравійних дорогах. Дороги з гравійним покриттям утворюють пил, що складається в основному з діоксиду кремнію. У містах на дорогах з асфальтобетонним покриттям до складу пилу додатково входять продукти зносу в'язучих бітумвмісних матеріалів, частинки матеріалів від ліній розмітки дороги.

В Україні гігієнічне нормування  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$  прийнято недавно – 2014 році (в результаті підписання угоди про асоціацію між Україною та ЄС), в той час як в США та Європейському союзі (ЄС) таке нормування існує вже багато років і супроводжується великою кількістю спостережень, досліджень, методичних розробок, які стосуються, зокрема, і діяльності автомобільного транспорту. Велику увагу гігієнічному значенню дрібнодисперсних частинок приділяє Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ). Зіставлення існуючих на сьогодні нормативних вимог вмісту  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$ , а також загального вмісту завислих речовин (TSP) в повітрі представлено в таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1.2 – Гранично допустимі концентрації TSP,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  в атмосферному повітрі в Україні, США, ЄС і за рекомендаціями ВООЗ

| Речовина                    | Час усереднення | Україна, $mg/m^3$ | ВООЗ, $mg/m^3$ | США, $mg/m^3$                                                              | ЄС, $mg/m^3$                                                                    |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Завислі речовини (TSP)      | 20 хв.          | 0,50              | —              | —                                                                          | —                                                                               |
|                             | 24 год.         | 0,15              | —              | 0,26                                                                       | —                                                                               |
|                             | 1 рік           | —                 | —              | 0,075                                                                      | —                                                                               |
| Завислі речовини $PM_{10}$  | 20 хв.          | —                 | —              | —                                                                          | —                                                                               |
|                             | 24 год.         | —                 | 0,050          | 0,150<br>(концентрація не повинна бути перевищена більше 1 разу за 3 роки) | 0,050<br>(концентрація не повинна бути перевищена більш 35 разів протягом року) |
|                             | 1 рік           | —                 | 0,020          | —                                                                          | 0,040                                                                           |
| Завислі речовини $PM_{2.5}$ | 20 хв.          | —                 | —              | —                                                                          | —                                                                               |
|                             | 24 год.         | —                 | 0,025          | 0,035<br>(98% за 3 роки)                                                   | —                                                                               |
|                             | 1 рік           | —                 | 0,010          | 0,015<br>(середня за 3 роки)                                               | 0,025                                                                           |

В даний час в Україні робляться лише перші кроки по систематичному контролю концентрацій  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$  в атмосферному повітрі і, як на позитивні зрушення в цьому напрямку, можна вказати на появу методик і початок організації моніторингу  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$  в крупних містах країни. Водночас на сьогодні відсутні затверджені методики розрахунку викидів  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$  для основних видів діяльності, які є причиною значного пилоутворення, в тому числі і для руху транспорту по автомобільним дорогам. Ця обставина перешкоджає можливості виконання так необхідних прогнозних оцінок забруднення навколишнього середовища, не дозволяє визначити пріоритетні дії щодо поліпшення якості атмосферного повітря. Не цілком певним є вирішення питання про те, наскільки актуальною є проблема забруднення частинками  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$  і наскільки необхідна організація моніторингу цих частинок біля автомобільних доріг.

В цих умовах було виконано серію вимірювань концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  на вулицях міста Вінниці біля автомобільних доріг, а також у лісовому масиві. Місця здійснення вимірювань зображено на рисунку 1.2.

Що до загального вмісту завислих речовин (TSP) згідно даних Вінницького обласного центру з гідрометеорології, які проводять моніторинг атмосферного повітря у м. Вінниці двома постами типу «Пост-2» (вул. Київська і вул. Немирівське шосе), їх концентрації наведені на рисунку 1.3.

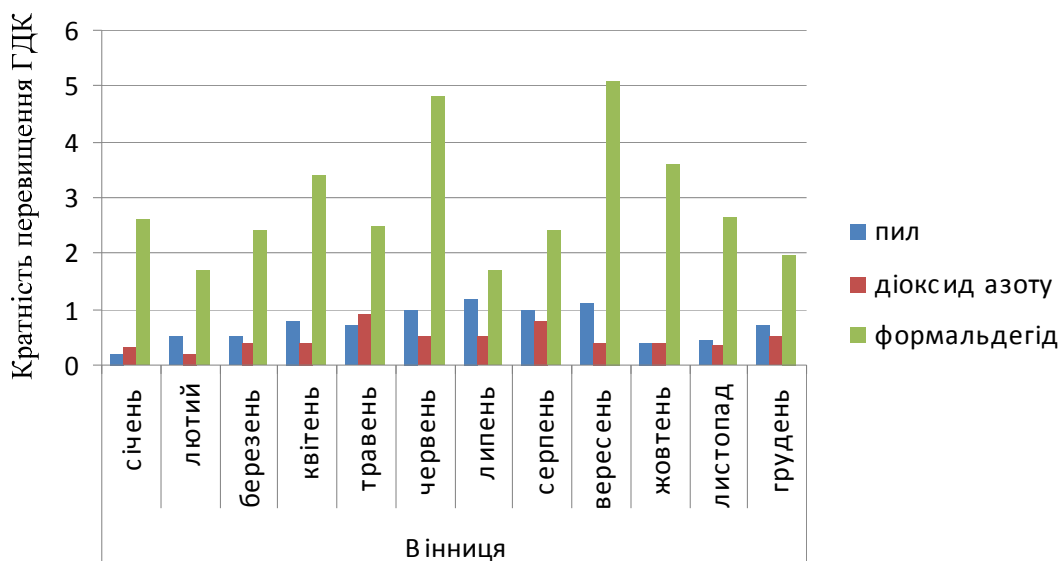


Рисунок 1.3 – Динаміка зміни забруднення атмосферного повітря м. Вінниці по основним забруднюючим речовинам [1]

Для проведення дослідження було вибрано чотири райони міста з великою густиною автотранспорту, а також лісовий масив, як місце в якому вміст дрібнодисперсного пилу  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  теоретично має бути найменшим.

Відбір проб проводився в умовах вітряної погоди (1,2 м/с – мінімальна швидкість вітру, так як пил переноситься з вітровим потоком) і при відсутності опадів (дощу, снігу) з підвітряного боку дороги на двох висотах (0,1 і 1,5-2 м),



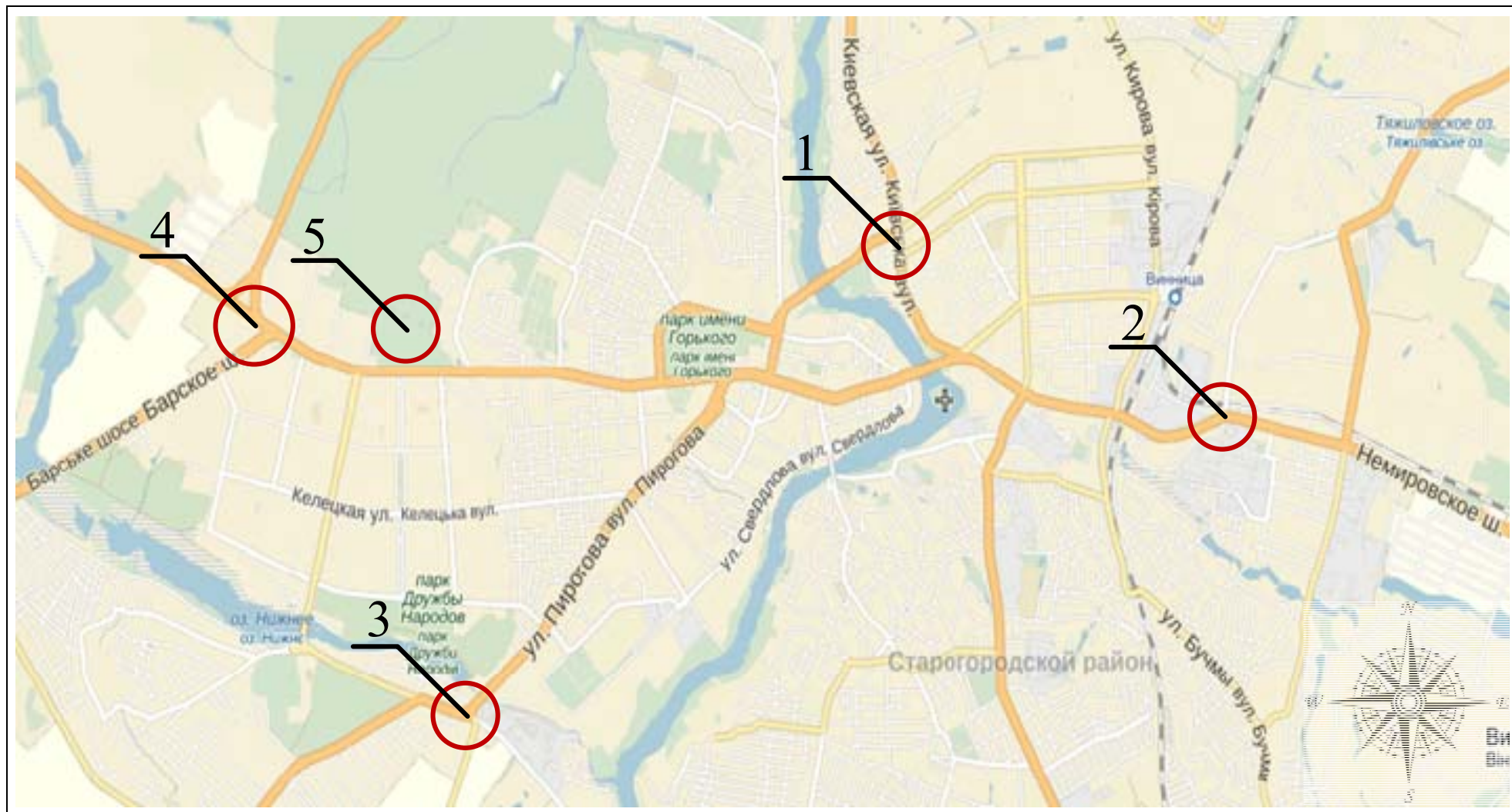


Рисунок 1.2 – Місця проведення вимірювань: 1 – вул. Київська; 2 – вул. Немирівське шосе; 3 – вул. Пирогова (Електромережа); 4 – вул. Хмельницьке шосе; 5 – Лісопарк (ліс)



одночасно визначалися метеопараметри (вологість, тиск, швидкість вітру, температура), інтенсивність руху автотранспорту, фіксувався час відбору проб. Проведення вимірювань протягом доби було поділено на три часових періоди: у ранці (8-9 година), в обідній час (13-14 година), у вечері (17-18 година).

За результатами вимірювань було побудовано графіки (рисунок 1.4 та 1.5), які відображають величини концентрацій  $PM_{10}$  та  $PM_{2.5}$  у різних районах міста, на різній висоті, протягом доби.

Отримані результати свідчать, що концентрації аерозолів розміром 10 мкм і 2,5 мкм у більшості вимірювань на висоті 0,1 м. трішки більші ніж на висоті 1,5-2 м., що свідчить про їх осідання. Що ж стосується зміни концентрацій протягом доби, то у ранкові години (8-9 год.) концентрації у переважній кількості вимірювань вищі ніж у обідні години (13-14 год.), що пов'язано з більшою завантаженістю автомобільних доріг. У вечірній час (17-18 год.) знову відбувається загальне зростання концентрації аерозольних частинок, що є результатом повернення населення з місць роботи і як наслідок збільшення кількості автотранспорту.

Як видно з рисунку 1.4 перевищення концентрації аерозолів розміром 10 мкм ( $PM_{10}$ ) за європейськими нормативами (ГДК – 0,05 мг/м<sup>3</sup>) спостерігається у трьох місцях вимірювань: вул. Київська, вул. Немирівське шосе, вул. Хмельницьке шосе; перевищення відсутнє на: вул. Пирогова (Електромережа) та у лісовому масиві (Лісопарк).

За нормативами США для частинок розміром 10 мкм (ГДК – 0,150 мг/м<sup>3</sup>) часткове перевищення спостерігалось лише на вул. Київська.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що стандартам якості повітря США і ЄС за  $PM_{10}$  відповідає вул. Пирогова (Електромережа), а також повітря у лісовому масиві «Лісопарк».

Що ж до концентрації аерозольних частинок розміром 2,5 мкм ( $PM_{2.5}$ ) то у нормативах ЄС нормування відбувається лише за рік і ГДК для них становить 0,025 мг/м<sup>3</sup>, що відповідає нормативу ВООЗ за 24 години.

Згідно рисунку 1.5 перевищення концентрації аерозольних частинок розміром 2,5 мкм ( $PM_{2.5}$ ) за нормативом ВООЗ (ГДК – 0,025 мг/м<sup>3</sup>) спостерігається у чотирьох місцях вимірювань: вул. Київська, вул. Немирівське шосе, вул. Хмельницьке шосе, вул. Пирогова (Електромережа); перевищення відсутнє лише у лісовому масиві «Лісопарк».

За нормативами США для частинок розміром 2,5 мкм (ГДК – 0,035 мг/м<sup>3</sup>) перевищення спостерігалось також у чотирьох місцях вимірювань: вул. Київська, вул. Немирівське шосе, вул. Хмельницьке шосе, вул. Пирогова (Електромережа) і відсутнє перевищення лише у лісовому масиві «Лісопарк».

Загалом, оцінюючи перевищення ГДК для  $PM_{10}$  і  $PM_{2.5}$  у різних районах м. Вінниці, можна зробити висновок, що найбруднішою вулицею є: вул. Київська (1,4-3,1 ГДК для  $PM_{10}$  і 2,3-2,8 ГДК для  $PM_{2.5}$ ) і вул. Немирівське шосе (1,3-2,3 ГДК для  $PM_{10}$  і 2,2-2,7 ГДК для  $PM_{2.5}$ ).

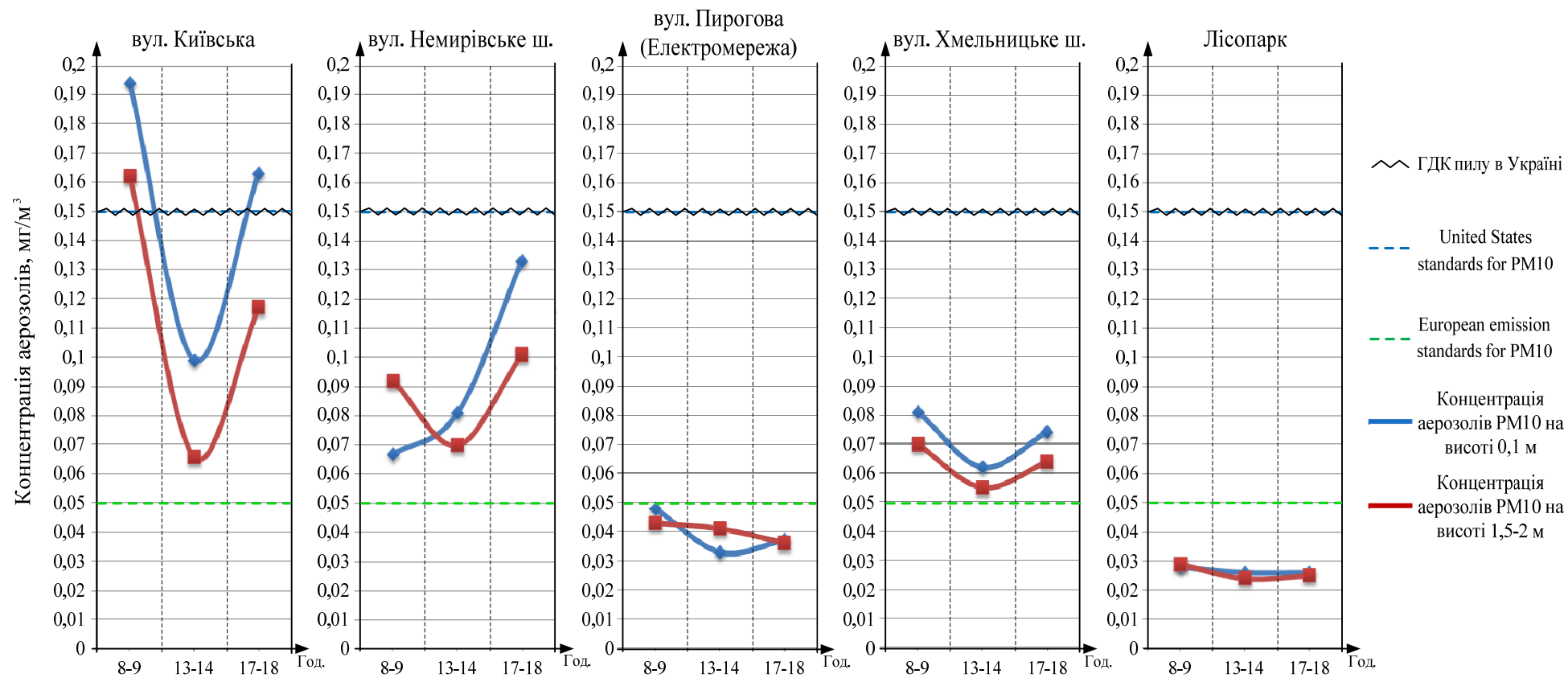


Рисунок 1.4 – Графіки зміни величини концентрації дрібнодисперсних частинок розміром 10  $\mu\text{м}$  (PM10) у різних районах м. Вінниці

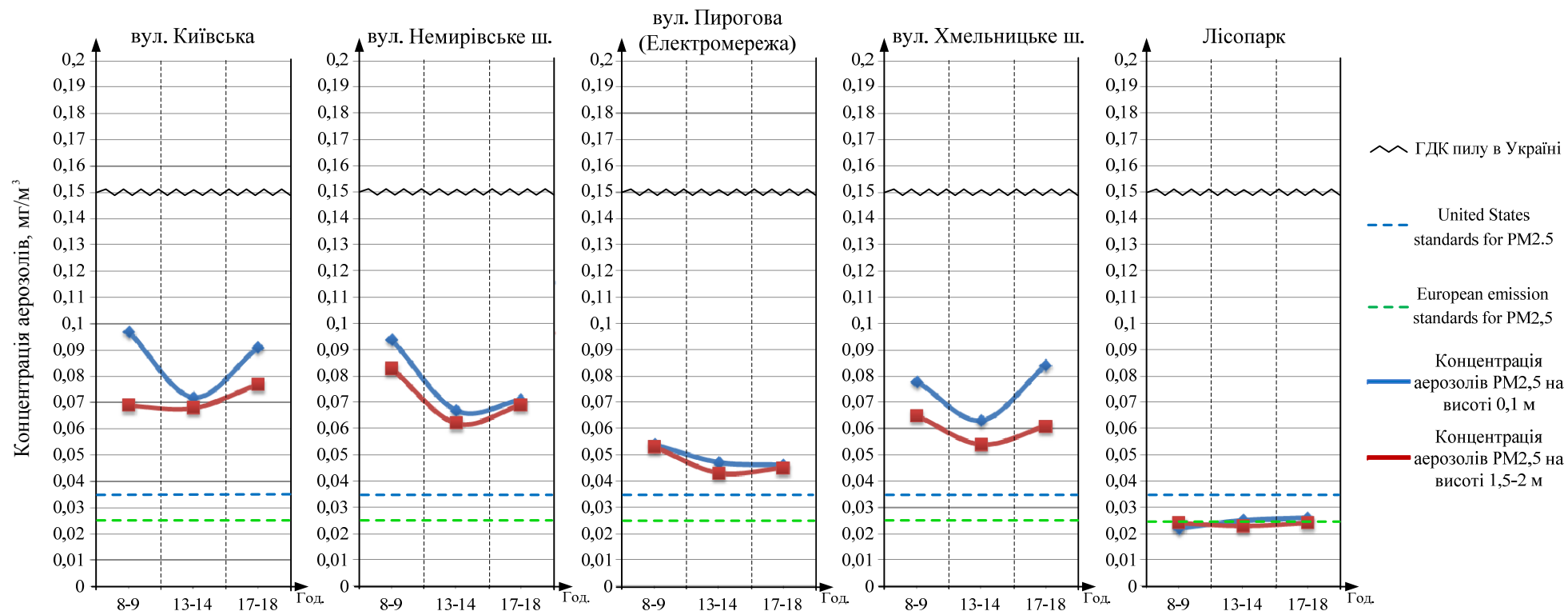


Рисунок 1.5 – Графіки зміни величини концентрації дрібнодисперсних частинок розміром 2,5 мкм (PM2.5) у різних районах м. Вінниці

Згідно рисунку 1.3 середньомісячні концентрації пилу у м. Вінниці у 2013 році були перевищені у липні і у вересні, і становили 1,2 ГДК і 1,1 ГДК відповідно.

Зі стаціонарних джерел у місті Вінниця найбільше в атмосферне повітря у 2013 році потрапило пилу насіння олійних культур – 46,221 т/рік від підприємства ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

### **1.3 Дослідження забруднення техногенними аерозолями Вінницької області**

При тому, що Вінниччина є переважно сільськогосподарським регіоном, по обсягам викидів від стаціонарних джерел область за даними 2013 року займає 6 місце по Україні (3,5% від загальних викидів по Україні), по щільності викидів на 1 км<sup>2</sup> – 10 місце (5,6 т/км<sup>2</sup>), а по кількості викидів на 1 мешканця – 8 місце (94,4 кг).

У 2013 році збереглася тенденція попереднього року до зростання обсягів викидів від стаціонарних джерел, таким чином обсяг викидів вийшов на рівень 2007 року. Так, у 2013 році викинуто забруднюючих речовин у атмосферне повітря 149,5 тис. т, що на 48,2 тис. т більше порівняно з попереднім роком. Основний внесок у зростання викидів (43,3 тис. т) внесла Ладижинська ТЕС ВАТ «Західенерго».

Значна питома вага – 84 % (125,3 тис. т) викидів забруднюючих речовин у Вінницькій області припадає на місто Ладижин. Крім того, високий відсоток у розподілі викидів до загального обсягу припадає на Гайсинський (1,5 % або 2,2 тис. т) та Калинівський (1,2 % або 1,8 тис. т) райони.

Потужним забруднювачем довкілля в області є автотранспорт. На протязі 2013 року викиди забруднювальних речовин від нього склали 70 тис. т, що майже на 2 тис. т менше, ніж у 2012 році.

Висока концентрація транспортних засобів має вирішальний вплив на стан довкілля у містах області. Так, частка викидів від автотранспорту в загальному по області у 2013 році становила 32,0 %, а по м. Вінниця – 84,3 %, м. Жмеринка – 92,9 %, м. Козятин – 53,9 %, м. Могилів-Подільський – 66,2 %, м. Хмельник – 72,1 %. Винятком є м. Ладижин, на території якого розміщене найбільше стаціонарне джерело викидів [10, 11].

Обсяг викидів забруднювальних речовин від автотранспорту в цілому по області у розрахунку на душу населення становить 43 кг, а щільність викидів у розрахунку на квадратний кілометр території – майже 3 т, тоді як по містах обласного підпорядкування ці показники значно більші і складають відповідно: по Вінниці – 43 кг та 229 т; Козятину – 40 кг та 84 т; Могилів-Подільському – 40 кг та 58 т; Хмельнику – 45 кг та 61 т; Ладижину – 38 кг та 10 т; Жмеринці – 39 кг та 76 т.

Загальний обсяг викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел та автотранспорту по основних містах обласного значення та районах Вінницької області наведено у таблиці 1.3 [1].

Таблиця 1.3 – Обсяг викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел та автотранспорту у районах Вінницької області [1]

| Назва                          | Обсяги викидів |                     |                                  | Викидів на<br>1 км <sup>2</sup> , кг | Викиди на<br>1 особу, кг |
|--------------------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
|                                | тис. т         | у % до<br>2012 року | % до<br>загального<br>по області |                                      |                          |
| Викиди від стаціонарних джерел |                |                     |                                  |                                      |                          |
| Вінницька область              | 149,533        | 147,6               | 100,0                            | 5,644                                | 92,2                     |
| м. Вінниця                     | 2,948          | 72,1                | 2,0                              | 42,722                               | 7,9                      |
| м. Жмеринка                    | 0,105          | 23,3                | 0,1                              | 5,843                                | 3,0                      |
| м. Козятин                     | 0,862          | 101,7               | 0,6                              | 71,804                               | 34,2                     |
| м. Ладижин                     | 125,262        | 165,7               | 83,8                             | 1407,436                             | 5186,4                   |
| м. Могилів-                    | 0,653          | 197,6               | 0,4                              | 29,667                               | 20,3                     |
| м. Хмільник                    | 0,496          | 233,5               | 0,3                              | 23,624                               | 17,6                     |
| Викиди від автотранспорту      |                |                     |                                  |                                      |                          |
| Вінницька область              | 70,4           | 98,3                | 100                              | 2,7                                  | 43,4                     |
| м. Вінниця                     | 15,801         | 96,4                | 23,3                             | 229                                  | 43                       |
| м. Жмеринка                    | 1,368          | 54,8                | 3,5                              | 76                                   | 39                       |
| м. Козятин                     | 1,008          | 60,4                | 2,4                              | 84                                   | 40                       |
| м. Ладижин                     | 0,890          | 90,0                | 1,4                              | 10                                   | 10                       |
| м. Могилів-                    | 1,276          | 91,0                | 2,0                              | 58                                   | 40                       |
| м. Хмільник                    | 1,281          | 106,0               | 1,7                              | 61                                   | 61                       |

Основним підприємством, яке забруднює атмосферне повітря Вінницької області дрібнодисперсними частинками (аерозолями) є Ладижинська ТЕС ВАТ «Західенерго» м. Ладижин, а також золошлаковідвал Ладижинської ТЕС у місцевому масштабі.

Ладижинська ТЕС є джерелом біля 78 % всіх викидів у Вінницькій області від стаціонарних джерел та 41 % від загального обсягу викидів. Для виробництва тепла, пари і електричної енергії використовується вугілля (вміст сірки 1,37 %), природний газ та мазут. Основні забруднювачі атмосферного повітря, які викидаються ТЕС наведено в таблиці 1.4.

На підприємстві експлуатується 13 одиниць газоочисного обладнання: 12 одиниць електрофільтрів та 1 циклон, які паспортизовані та зареєстровані у встановленому порядку.

На сьогоднішній день пошкоджено електрофільтри енергоблоку № 6, що є причиною підвищеного викиду твердих речовин в атмосферу. У 2014 рік на Ладижинській ТЕС заплановано проведення капітального ремонту енергоблоку № 6 та середній ремонт енергоблоку № 4. Повна реконструкція енергоблоку № 4 перенесена з 2013 року на 2016 рік.

Таблиця 1.4 – Основні забруднювачі атмосферного повітря Ладизинської ТЕС

| Назва об'єкту                                        | Назва забруднюючої речовини | Частка викидів забруднюючої речовини |                                         |                                                     |
|------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                      |                             | усього викидів, т/рік                | до загального обсягу викидів об'єкту, % | до загального обсягу викидів (населеного пункту), % |
| Ладизинська ТЕС<br>БАТ «Західенерго»<br>(м. Ладизин) | НМЛОС                       | 16,0                                 | 0,01                                    | 0,01                                                |
|                                                      | тверді речовини             | 8224,2                               | 7,0                                     | 6,6                                                 |
|                                                      | сірки діоксид               | 99028,6                              | 83,8                                    | 79,1                                                |
|                                                      | оксид вуглецю               | 780,6                                | 0,7                                     | 0,6                                                 |
|                                                      | метан                       | 123,069                              | 0,1                                     | 0,1                                                 |
|                                                      | діоксид азоту               | 9855,9                               | 8,4                                     | 7,9                                                 |
|                                                      | всього                      | 118137,1                             | 100,0                                   | 94,3                                                |

Загальний вигляд Ладизинської ТЕС а також аерозольного викиди від труб висотою 250 м зображено на рисунку 1.6.

Іншим значним джерелом пилового забруднення Тростянецького району є золошлаковідвал Ладизинської ТЕС (рисунок 1.7).

Золошлаковідвал Ладизинської ТЕС призначений для приймання золошлакової суміші, що утворюється в процесі спалювання вугілля і являє собою пил неорганічний з вмістом діоксиду кремнію 20-70 % (ГДК – 0,3 мг/м<sup>3</sup>). Щорічно утворюється близько 500 тис. т таких відходів і нині накопичилось біля 30 млн. т золошлакової суміші висотою 35 м і загальною площею 120 га.. Основними компоненти золи вугілля є: оксиди кремнію, алюмінію, заліза, кальцію, магнію, натрію, калію. Вторинне значення мають оксиди титану, фосфору, марганцю.

Основний вплив золошлаковідвалу на довкілля і здоров'я населення здійснює в результаті вивітрювання з поверхні частинок золи і ценосфер – порожнисті алюмосилікатні кульки, що утворюються в топках ТЕС при високотемпературному факельному спалюванні вугілля. Частинки золи мають розміри від 1 до 100 мкм.

Загальний обсяг дрібнодисперсних частинок, які вивітрюються з поверхні золошлаковідвалу Ладизинської ТЕС за підрахунками лабораторії ПП «Інтер-Еко» становить 138,506 т/рік.

Карта розсіювання пилових і аерозольних частинок з поверхні золошлаковідвалу наведена в додатку Б.



Рисунок 1.6 – Аерофотознімок території Ладизинської ТЕС і аерозольного викиду





Рисунок 1.7 – Аерофотознімок золошлаковідвалу Ладизинської ТЕС

У 2013 році стан повітря в населених пунктах цілком не може вважатись задовільним. В порівнянні з 2012 роком кількість відібраних і досліджених проб зменшилась на 64,6 % (до 1826), а відсоток проб з перевищенням ГДК зріс з 7,3 % до 8,2 %. Із 15 досліджених інгредієнтів на території міст перевищення нормативного вмісту реєструвались по 7 інгредієнтах, зокрема по пилу в 17,8 % проб, сірчистому газу в 1,6 %, окису вуглецю в 5,9 %, окису азоту в 6,0 %, аміаку в 12,2 %, фенолу в 6,5 %, формальдегіду в 16,3 %.

## **2 ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ АЕРОЗОЛІВ НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ**

Науково-технічний прогрес у промисловому виробництві призвів до розширення використання природних ресурсів. Перелік хімічних елементів, які застосовує людина у промисловому виробництві, суттєво збільшився за останнє десятиліття. Якщо на початку ХХ ст. використовували 19 хімічних елементів, то в середині століття у промисловому виробництві було задіяно близько 50, а в 70-х роках – понад 100. Ці зміни у промисловому виробництві, зрозуміло, що відбилися на складі промислових викидів, що призвело до якісно нового забруднення атмосферного повітря, а саме, аерозолями важких металів і рідкісних металів, що в свою чергу викликало ряд нових захворювань.

Всесвітня організація охорони здоров'я дає таке визначення забруднення – це поява у довкіллі людини забруднюючих речовин чи будь-яких інших агентів (від вірусів до звукових хвиль надмірної інтенсивності), які безпосередньо чи опосередковано негативно впливають на людину і створене нею для власних потреб штучне середовище.

Загальний сучасний рівень техногенного забруднення атмосфери досягає порядку 1 млрд. т аерозолів та газових викидів і 300 – 500 млн. т пилу. Вміст забруднювачів атмосфери над містом приблизно в 15 разів більший, ніж в сільській місцевості, і в 150 разів більший ніж над океаном.

Першими сигналами які привернули увагу людини на те, що атмосферні забруднення можливо негативно впливають на здоров'я населення були так звані токсичні тумани – це випадки гострого впливу атмосферних забруднень, концентрація яких зростала за несприятливих метеорологічних умов. Токсичні тумани стали першим сигналом того, що рівні забруднення повітря у містах можуть досягати такої межі, перевищення якої може справляти шкідливий вплив на здоров'я людини.

Друга група чинників, які спонукали підвищити увагу до проблеми забруднення атмосферного повітря, пов'язана із хронічними неспецифічними захворюваннями. Як відомо в останнє десятиріччя відзначено зміни у структурі захворюваності населення, а саме фіксується ріст хронічних неспецифічних захворювань легень (ХНЗЛ). При цьому привертають до себе увагу не тільки зміни у структурі захворюваності, але й ріст смертності від них [3].

### **2.1 Хронічні захворювання легенів**

Хронічні неспецифічні захворювання легенів (ХНЗЛ), група хронічних хвороб бронхо-легеневої системи, різних по причинах і механізмах розвитку, але загальних клінічних, функціональних і морфологічних проявів, що мають ряд ознак: кашель, задишку, порушення бронхіальної прохідності, фіброз, що поєднується з деструктивними і запальними змінами в бронхах, судинах, паренхімії легенів.

ХНЗЛ – захворювання, що характеризується не повністю оборотним обмеженням повітряного потоку. Це обмеження зазвичай прогресує і пов'язано з патологічною реакцією легень на шкідливі частинки (аерозолі) і гази.

Одним з найбільш несприятливих впливів промислових підприємств на навколишнє середовище є забруднення повітря пилом і аерозолями. Джерелами їх утворення є технологічні процеси і виробниче обладнання, пов'язане з роздрібненням, переробленням і їх транспортуванням. Їх дія залежить від фізико-хімічних властивостей: хімічного складу, концентрації в повітрі, дисперсності (розмірів часток), форми порошин, їх твердості і т. д. Вони викликають професійні захворювання легень, в першу чергу таку групу захворювань, як пневмоконіози (від грец. *Pneumon* – легке, *konía* – пил) у різних модифікаціях.

Пил та аерозолі, що перебувають у повітрі, як правило не вступають до яких-небудь реакцій з утворенням сполук, що можуть зашкодити людині, але в поєднанні з іншими факторами можуть нести суттєву небезпеку.

Під атмосферним пилом розуміють завислі в повітрі тверді частинки діаметром більше 1 мкм. Ці частинки складно класифікувати хімічно, так як вони можуть являти собою як частинки кварцу, так і органічні матеріали найрізноманітнішого походження, також квітковий пилок рослин. Говорячи про склад атмосферного пилу в глобальному масштабі, можна зауважити, що він в основному має мінеральне походження, але в окремих районах склад може змінюватися відповідно до джерел формування атмосферного пилу: тут можуть превалювати сполуки лужних і лужноземельних металів, важкі метали, вуглеводні та спори рослин.

Аерозолі – це тверді або рідкі частинки, що перебувають у повітрі в підвішеному стані. Тверді компоненти аерозолів у ряді випадків особливо небезпечні для організмів, а в людей викликають специфічні захворювання. В атмосфері аерозольні забруднення сприймаються у вигляді диму, туману, імлі або серпанку. Значна частина аерозолів утвориться в атмосфері при взаємодії твердих і рідких частинок між собою або з водяною парою. Середній розмір аерозольних частинок становить 1 – 5 мкм. На відміну від атмосферного пилу аерозолі вміщують не лише тверді, а й рідкі частинки, утворені при конденсації парів чи при взаємодії газів. Рідкі краплини можуть вміщувати і розчинені в них речовини. Звичайно до аерозолів відносять і краплини діаметром 0,1 – 1 мкм, тоді як тверді частинки того ж діаметру відносять до аерозолів рідше, часто характеризуючи їх як тонкий пил.

У фізіологічному плані особливу увагу слід приділяти частинкам розміром менш 5 мкм, тому як при зменшенні розміру їх поведінка стає все більш схожою з газоподібним станом, тобто вони затримуються в легенях при диханні (не відфільтровуються від повітря), а також не вимиваються з повітря дощами. Це збільшує час їхнього перебування в атмосфері в порівнянні з більшими частинками – обставина, що грає особливо важливу роль при розподілі пилу та аерозолів в атмосфері [4].

При деяких погодних умовах можуть утворюватися особливо великі скупчення шкідливих газоподібних і аерозольних домішок у приземному шарі

повітря. Звичайно це відбувається в тих випадках, коли в шарі повітря безпосередньо над джерелами газопилової емісії існує інверсія – розташування шару більш холодного повітря під теплим, що перешкоджає повітряним масам і затримує перенос домішок вгору. У результаті шкідливі викиди зосереджуються під шаром інверсії, вміст їх у землі різко зростає, що стає однієї із причин утворення раніше невідомого в природі фотохімічного туману.

Фотохімічний туман (смог) – це багатокомпонентна суміш газів та аерозольних частинок первинного (у вигляді сухих опадів) та вторинного (кислотні дощі) походження. Ці тумани виникають внаслідок порушення циркуляції повітря, тобто звично тепле повітря піднімається у вище лежачі холодні області і забирає із собою значну частину забруднюючих повітря продуктів життєдіяльності людини. Інколи пласт теплого повітря утворюється поблизу від землі над холодним пластом, у результаті токсичні виділення накопичуються безпосередньо над землею. Основною причиною утворення фотохімічного туману є сильне забруднення міського повітря газовими викидами підприємств хімічної промисловості і транспорту і головним чином вихлопними газами автомобілів. Фотохімічний смог викликає подразнення очей, слизових оболонок носа і горла, симптоми задухи, загострення легеневих і різних хронічних захворювань. Така дія фотохімічного туману обумовлена тим, що основним його діючим компонентом є сірчаний газ, який утворюється при спаленні великої кількості палива. Вплив сірчаного газу та його похідних на людину проявляється перш за все у пошкодженні верхніх дихальних шляхів, що і обумовлює виникнення перелічених вище симптомів.

Тверді компоненти аерозолів промислового походження – це продукти діяльності теплових електростанцій, збагачувальних фабрик, металургійних, магнезитових, цементних, сажових заводів. Промислові відвали також є постійним джерелом аерозольного забруднення. Вони відрізняються великою різноманітністю хімічного складу. Розрізняють пасивні та активні аерозолі в залежності від їх дії на організм людини. Пасивні аерозолі акумулюються на стінках органів дихання і можуть викликати ряд захворювань при певних концентраціях. Активні аерозолі залучаються до процесу кровообігу і є більш небезпечними для людського організму, тому що можуть викликати різноманітні захворювання, потрапляючи в клітини організму людини.

## **2.2 Аналіз легеневих захворювань населення України**

Аналізуючи стан здоров'я населення України, найбільш поширеним захворюванням є захворювання органів дихання (хронічний бронхіт, бронхіальна астма, пневмоконіоз, алергічний риніт і ін.) на котрі хворіють близько 11 млн. українців. Найчастіше недуги органів дихання виявляють у жителів Донецької, Дніпропетровської, Львівської областей та Києва, це і не дивно, оскільки в промислово розвинутих областях забруднення повітря димами, пилами, аерозолями і іншими речовинами є значно більшим.

Серед структури первинної захворюваності на хвороби органів дихання хворіють (44,12 %) хворих, системи кровообігу (7,22 %), травми, отруєння та

деякі інші наслідки дії зовнішніх чинників (6,7 %), хвороби сечостатевої системи (6,46%), хвороби шкіри та підшкірної клітковини (5,81%), хвороби ока та його придаткового апарату (4,97 %), хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини (4,63 %), хвороби органів травлення (4,05 %) та інші. Разом вищезначені класи хвороб склали 84,0 % первинної захворюваності серед всього населення України (рис. 2.1) [3].

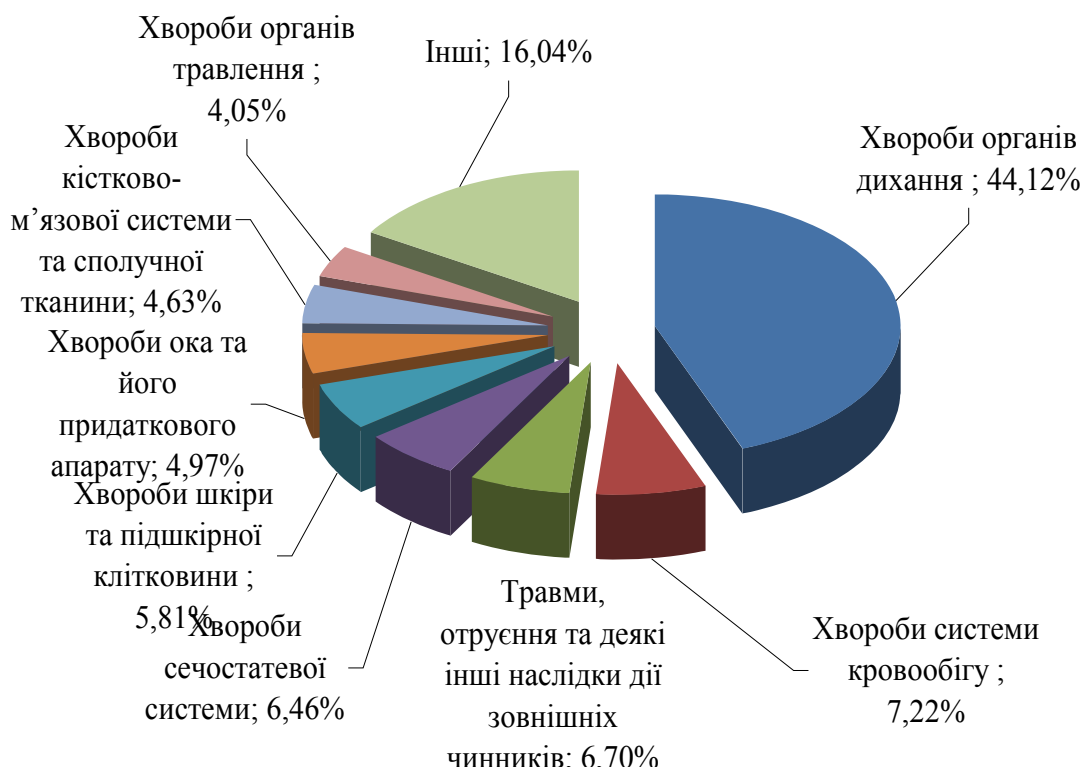


Рисунок 2.1 – Структура первинної захворюваності серед усього населення України у 2013 році (%)

Нині хвороби органів дихання залишаються найбільш розповсюдженою патологією в структурі захворюваності населення України, однак у 2013, як і в 2012 році продовжилось зниження захворюваності хворобами органів дихання в порівнянні з 2011 роком на 2,8 %, або зниження з 17896,4 до 17395,6 на 100 тис. дорослого населення у віці 18 – 100 років, а в порівнянні з 2010 роком на 6,7 %, а також зменшилась поширеність хвороб органів дихання в порівнянні з 2010 роком на 2,0 % або з 24483,5 до 24005,4 на 100 тис. дорослого населення у віці 18-100 років, а в порівнянні з 2009 роком на 4,6 %.

Аерозолі з високим вмістом шкідливого пилу на шахтах, кар'єрах, збагачувальних фабриках і інших промислових об'єктах, викликають специфічне захворювання – пневмоконіоз, а також деякі алергічні захворювання, професійний бронхіт, пневмонії, астматичний риніт, бронхіальну астму.

З поміж усіх захворювань викликаних дією промислових аерозолів і пилу, пневмоконіоз – є найбільш розповсюдженою групою хвороб.

### 2.3 Особливості впливу техногенних аерозолів на здоров'я населення

Особливу небезпеку для навколишнього середовища поряд з оксидом вуглецю, сполуками сірки і азоту мають канцерогенні сполуки, зокрема, такі високотоксичні речовини, як 3,4-бенз(а)пірен і свинець, які перебувають у вигляді аерозолів у повітрі великих міст, особливо на великих магістралях і поблизу заправних станцій. Підраховано, що з вихлопними газами в атмосферу потрапляє 25 – 27 % свинцю, що знаходиться у паливі. Причому біля 40 % часток свинцю у відпрацьованих газах мають діаметр менше 5 мкм і здатні тривалий час знаходитися в завислому стані, проникати з повітрям в організм людини.

Протягом року в повітря міста Вінниці промисловими підприємствами викидається 77,7522 т алергічно небезпечних речовин у вигляді аерозольних частинок. Найбільшими забруднювачами повітря алергенними речовинами є Вінницький олійножировий комбінат, який викидає їх 78,5 %, ТОВ «Агроград В» – 11,8 % та ПАТ «Вінницяпобутхім» – 8,4 %.

Найбільше в атмосферне повітря потрапило пилу насіння олійних культур – 46,221 т/рік від підприємства ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат». Це складає близько 59,45% від загальної кількості викинутих повітря потенційних алергенів за рік. Іншу частину потенційних алергенів складають речовини у вигляді суспендованих твердих частинок: пил зерновий – 9,087 т, шроту олійних культур – 10,327 т, лушпиння соняшнику – 4,156 т, синтетичних миючих засобів – 6,504 т та інші.

Особливу увагу слід приділяти частинкам розміром 10 мкм і 2,5 мкм (PM10 і PM2.5) оскільки вони не відфільтровуються в носі та у горлі війками і можуть легко осідати в бронхах і легенях і викликати проблеми зі здоров'ям. Розмір 10 мкм не представляє собою строгий кордон між вдихуваними і не вдихуваними частинками, але був узгоджений для моніторингу аерозольних частинок більшістю регулюючих органів світу. Нажаль в Україні нормативи, щодо контролю таких частинок були прийняті лише недавно і реальних досліджень ще не здійснювалось.

Дані, що стосуються РМ (твердих частинок) і охорони здоров'я, незмінно вказують на шкідливий їх вплив на здоров'я при великих концентраціях, яким піддаються жителі міст в усьому світі, як в розвинених, так і в країнах, що розвиваються. В результаті проведеного ВООЗ аналізу впливу РМ на здоров'я в великих містах всього світу був зроблений висновок про те, що вплив РМ є причиною майже 800 тисяч передчасних смертей в рік. Аналогічний аналіз, проведений в рамках програми Європейської комісії “Чисте повітря для Європи”, показав, що РМ з антропогенних джерел у всіх країнах Європейського Союзу є причиною майже 290 тисяч передчасних смертей в рік [5].

Вплив цих частинок знижує середню тривалість життя приблизно на один рік. Вони викликають широкий спектр наслідків в результаті тривалого їх вдихання, а саме бронхіальну астму, рак легень, серцево-судинні захворювання, хвороби органів дихання, передчасні пологи, вроджені дефекти,



і передчасну смерть. Їх дія поширюється на дітей і дорослих і на цілий ряд алергенних груп населення.

Було доказано, що ризик виникнення різних захворювань зростає пропорційно зростанню їх концентрації, і практично ніщо не вказує на існування якогось порогу концентрації, нижче якого можна було б припускати відсутність негативного впливу на здоров'я.

У більшості епідеміологічних досліджень, які продемонстрували негативний вплив РМ на здоров'я, найбільш тісний зв'язок між смертністю від серцево-судинних захворювань і довготривалим впливом РМ спостерігалось стосовно частинок розміром 2,5 мкм (PM2.5), а не відносно крупніших частинок. Тривале вдихання частинок розміром 2,5 мкм призводить до утворення нальоту в артеріях, які в свою чергу викликають запалення судин і атеросклероз – ущільнення артерій, що знижує їх еластичність і може привести до інфарктів та інших серцево-судинних проблем. Тому як необхідний захід, щодо зниження загрози виникнення багатьох негативних наслідків для здоров'я рекомендується скорочення концентрацій PM10 і PM2,5. Частинки більшого розміру, ніж PM10, залишаються у верхній частині дихальних шляхів і, отже, не впливають на захворюваність і смертність.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) за оцінками проведеного дослідження у 2005 році дослідила, що забруднення повітря дрібними частинками (PM2.5), викликає близько 3 % смертності від серцево-легеневих захворювань, близько 5 % смертності від раку трахеї, бронхів, і легенів, і близько 1 % смертності від гострих респіраторних інфекцій у дітей у віці до 5 років по всьому світу. Дослідження показало, що вихлопи автотранспорту є причиною 7,4 % серцевого нападу у світі.

У 2013 році дослідження проведенні ESCAPE за участю 312 944 чоловік в дев'яти країнах Європи показали, що не було ніякого безпечного рівня твердих частинок, і що при збільшенні концентрації на 10 мкг/м<sup>3</sup> частинок PM10, захворюваність на рак легенів виросла на 22%. Для PM2.5 відбулося збільшення на 36% при зростанні концентрації на 10 мкг/м<sup>3</sup>.

Також причиною легеневих захворювань, а сама деяких різновидів пневмоконіозу (силікоз, силікатом, карбоконіоз) є тверді частинки, які вивітрюються з золошлаковідвалів, до таких частинок відносяться ценосфери (алюмосилікатні кульки).

Ценосфери (алюмосилікатні мікросфери) – порожнисті тверді частинки малого розміру, які утворюються у складі золи виносу при спалюванні вугілля на ТЕС. Під час згорання тонкоподрібнених частинок вугілля домішки оксиду алюмінію, кремнію та інших елементів, присутніх в природному вугіллі, при високій температурі утворюють складні силікати, що приймають в розплавленому стані сферичну форму. За рахунок розчинених в силікатах газів відбувається роздування сферичних мікрокрапель розплавлених силікатів в найдрібніші бульбашки – мікросфери. Зола виносу (шлак) після спалювання вугілля відкачується по трубопроводах в спеціально відведені котловани (золовідвали). У воді відбувається розділення легких і важких фракцій. Легкі частинки, густиною 0,40 - 0,70 г/см<sup>3</sup> спливають на поверхні води і мають



діаметр від 5 до 500 мкм. Це є мікросфери – унікальний матеріал, який більше 30 років використовується в різних галузях промисловості.

Як випливає з висновків досліджень, що мають відношення до охорони здоров'я, управління якістю повітря має бути в першу чергу спрямоване на зниження концентрації  $PM_{2.5}$  і  $PM_{10}$ . Для цього необхідно постійно проводити їх контроль і вживати відповідні заходи.

Моніторинг концентрації суми завислих речовин у повітрі або TSP (куди належать і частки більшого розміру, ніж  $PM_{10}$ ) меншою мірою підходить для ефективного забезпечення регулювання якості атмосферного повітря в цілях охорони здоров'я населення і захисту навколишнього природного середовища.

### 3 СТРУКТУРНА СХЕМА ЛІЧИЛЬНИКА ВИКИДІВ ДВЗ

В якості нового ефективного природоохоронного заходу захисту атмосферного повітря пропонується лічильник викидів ДВЗ, який дозволить замінити застарілу методику [7] наближених розрахунків валових викидів транспорту (неорганізованих, пересувних джерел забруднення) на сучасну персоніфіковану методику визначення викидів кожного використовуваного ДВЗ із урахуванням його еколого-технічного стану та умов експлуатації. Запропонована нова методика і пристрій для її реалізації дозволяє точніше встановити величину викиду і завданої екологічної шкоди атмосферному середовищу відповідним джерелом викидів та встановити розмір відшкодування для кожного ДВЗ окремо. Даний підхід до вирішення проблеми зменшення забруднення атмосфери автомобільними викидами, включаючи забруднення аерозолями, які містять онкогенні речовини, має також і біоетичне спрямування, оскільки, встановлює персональну відповідальність автовласників за забруднення атмосферного повітря, а також сприяє прискореному розвитку альтернативних видів транспорту, зокрема електромобільного.

#### 3.1 Вибір робочої формули

В Україні нині існує єдиний фіксований річний податок на токсичність автотранспортного засобу, який залежить від потужності двигуна. Але даний підхід є необґрунтованим і несправедливим по відношенню до конкретного власника (це стосується приватного автотранспорту). За таких умов не враховується: по-перше, екологічні показники пального, яке використовується; по-друге, не береться до уваги інтенсивність використання автомобіля (не можна порівнювати авто пенсіонера і маршрутне авто, яке експлуатується 24 години на добу); по-третє, виникають розбіжності у зв'язку з різною зношеністю автомобіля, що в свою чергу впливає на величину викидів тощо. Існуюча система плати за викид не створює умови для зменшення викидів автотранспорту і покращення якісних показників навколишнього середовища.

В свою чергу існуючі нині методики визначення кількості шкідливих викидів комерційного автотранспорту мають ряд суттєвих недоліків. Головний із них – неможливість врахування реальної кількості спаленого двигуном пального (використовують нормативну витрату пального автомобілем даної марки на 1 км пройденого шляху, питому витрату пального, кг/100 км пробігу, час роботи двигуна тощо).

Наприклад, в основу методики розрахунку викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом [6, 7] покладено середній питомий викид автомобілів окремих груп (автобуси, вантажні та легкові автомобілі). Для автомобілів парку підприємства маса викидів за розрахунковий період  $t$  часу  $j$ -ї речовини ( $M_j^t$ ) при наявності в групі автомобілів з різними типами двигунів внутрішнього згоряння визначається за формулою:

$$M_j^{\tau} = \sum_i^i \sum_k^k m_{jik} \cdot L_{ik} \cdot \prod R_{jik}, \quad (3.1)$$

де  $t$  – кількість груп автомобілів;

$m_{jik}$  – питома вага викиду  $j$ -ї шкідливої речовини автомобілем  $i$ -ї групи з двигуном  $k$ -го типу на розрахунковий період, г/кг;

$L_{ik}$  – пробіг автомобілів  $i$ -ї групи з двигуном  $k$ -го типу на розрахунковий період, млн. км;

$R_{jik}$  – добуток коефіцієнтів впливу  $n$  факторів на викид  $j$ -ї шкідливої речовини автомобілями  $i$ -ї групи з двигуном  $k$ -го типу.

Розраховані за даною методикою значення газових викидів (ГВ) шкідливих речовин мають лише наближене значення, адже не враховується робота двигуна на холостому ході, а також об'єм ДВЗ.

Цей недолік легко вирішується у запропонованій методиці визначення величини забруднень навколишнього середовища автотранспортом. Також значно спрощуються розрахунки викиду ДВЗ.

Вміст шкідливих речовин ( $G$ ) у ГВ по  $j$ -м компонентам (г/год) відповідно до запропонованої методики розраховується за формулою 3.2:

$$G_j = \sum_{j=1}^n k \cdot N \cdot e_j \cdot B \cdot T_a, \quad (3.2)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує кількість спаленого пального за один умовний робочий такт двигуна;

$N$  – кількість умовних робочих тактів двигуна;

$e_j$  – питомий викид  $j$ -ї шкідливої речовини (г/кг спаленого пального);

$B$  – робочий об'єм циліндрів двигуна, л;

$T_a$  – коефіцієнт, що враховує термін експлуатації двигуна.

### 3.2 Структурна схема лічильника викидів ДВЗ

Огляд літератури [8] показує, що найбільш близькими до розроблюваного лічильника є витратомір рідини та цифровий тахометр. Витратомір дозволяє контролювати кількість і швидкість подачі рідини (в т. ч. пального) в окремі моменти часу. Але даний пристрій має ряд суттєвих недоліків, що не дає змоги використовувати його в якості лічильника ГВ двигунів внутрішнього згорання: виникає досить велика похибка вимірювань при невеликих швидкостях руху рідини, на точність показів також впливає навколишнє середовище. В свою чергу цифровий тахометр призначений для вимірювання частоти обертання колінчастого вала чотирьохциліндрового автомобільного циліндрового двигуна. Його використовують для регулювальних робіт на холостому ході і для оперативного контролю частоти обертання вала двигуна під час руху. Але



записаної інформації у випадку аварійного перезапуску мікроконтролера, яке можливе лише при зникненні живлення від акумуляторної батареї (АБ), що не можливо навмисно здійснити без пошкодження спеціалізованої плати. Мікроконтролер дає можливість, при необхідності, переводити блок управління в енергозберігаючий режим, який передбачає мікроспоживання від АБ, що, в свою чергу, дає можливість збільшити термін її використання.

На передній панелі приладів автомобіля встановлюється індикатор, на який виводиться число, що відповідає кількості умовних робочих тактів ДВЗ за визначений інтервал часу.

### 3.3 Розробка структури датчика імпульсної послідовності лічильника

Важливою складовою частиною, яка визначає надійність та точність мікропроцесорних керуючих пристроїв є давачі і першу чергу давачі неелектричних величин. Найбільшим попитом нині користується інтегральні давачі, в яких досягається висока чутливість до неелектричних сигналів за рахунок розміщення на кристалі власне давача, підсилювача обробки сигналу та схеми живлення. Особливе місце в ряду інтегральних давачів займають інтегральні давачі магнітного поля або магнітокеруємі ІС. Чутливим елементом такого давача є елемент Холла. Фізичні ефекти, які проходять в елементі Холла показані на рис.3.2.

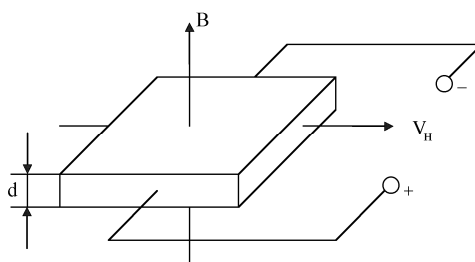


Рисунок 3.2 – Елемент Холла та схема вимірювання ЕРС Холла

Якщо напівпровідникову пластину з струмом  $I$  помістити в магнітне поле з індукцією  $B$ , то рухомі у напівпровіднику носії заряду будуть знаходитись під впливом дії сили у напрямку перпендикулярному магнітному полю та вектору швидкості носіїв. У рівноважному стані ця сила буде компенсуватись індукованим електричним полем, що виникає в результаті перерозподілу зарядів у напівпровідниковій пластині. Це поле визначається по напрузі  $V_H$  яка виникає на протилежних сторонах пластини, яка носить назву електрорушійної сили Холла (ЕРС Холла). В таблиці 3.1 наведені функціональні характеристики магнітокеруємих мікросхем.

Стан виходу даних мікросхем змінюється під дією зовнішнього магнітного поля. Ці мікросхеми містять безпосередньо інтегральний давач Холла (ДХ), диференційний підсилювач (ДП), тригер Шмітта (ТШ), стабілізатор напруги (СН), вихідний п-р-п-транзистор та схему захисту вихідного транзистора від короткого замикання (СЗ). Всі мікросхеми мають пряму характеристику, тобто при подачі напруги живлення та відсутності магнітного поля вихідний

транзистор закритий (на виході логічна “1”). Вихідний транзистор відкривається при дії на мікросхему магнітного поля з індукцією  $B_{cp}$ .

Таблиця 3.1 – Магнітокеруємі мікросхеми [9]

| Умовне позначення | Тип мікросхеми   | Керуюче магнітне поле | Вихід                |
|-------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| УР1101ХП29        | Логічний вихід   | Однополярне «S»       | Відкритий колектор   |
| УР1101ХП39        | Логічний вихід   | Однополярне «S»       | Внутрішній $R_{нав}$ |
| УР1101ХП49        | Логічний вихід   | Біполярне «N» і «S»   | Відкритий колектор   |
| УР1101ХП30        | Аналоговий вихід | Біполярне «N» і «S»   | Парафазний вихід     |

Навантаження може підключатися між виводами 3 і 1 або між виводом 3 і зовнішнім джерелом живлення. На рис. 3.3 приведена блок-схема магнітокеруємих ІС з логічним виходом.

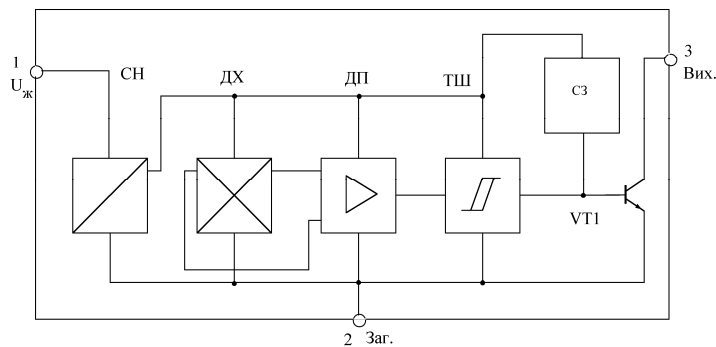


Рисунок 3.3 – Блок-схема магнітокеруємих ІС з логічним виходом

Магнітокеруємі ІС призначені для роботи з напругою живлення від +5 до +18 В, в діапазоні температур від - 40 до +100°C.

Типова схема включення магнітокеруємих мікросхем наведена на рис.3.4.

22. Дані мікросхеми використовуються в якості датчиків в системах:

- визначення швидкості на напрямку руху;
- безконтактного запалювання горючої суміші в ДВЗ;
- аварійній та охоронній сигналізації;
- спідометрах автомобілів і т.п.

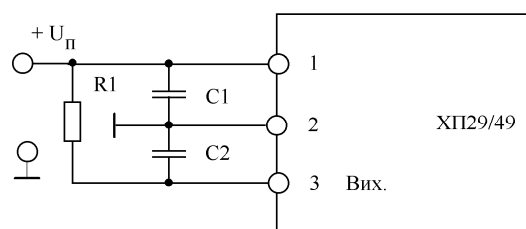


Рисунок 3.4 – Типова схема включення магнітокеруємих мікросхем

Мікросхема ХП29, ХП39, ХП49 випускаються у трьохвивідному транзисторному корпусі.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи були досягнуті наступні наукові результати:

1. Вперше на території м. Вінниці проведені дослідження дисперсності і концентрації атмосферних аерозолів, які включають техногенний і автомобільний аерозолі за стандартами ЄС для часток розміром 2,5 мкм і 10 мкм (PM<sub>2.5</sub> і PM<sub>10</sub>) за допомогою аерозольного аналізатора DustTrak, модель 8520 і CEM DT-9880.

2. На основі аналізу статистики легеневих захворювань населення встановлено залежність між вмістом аерозолю дрібної фракції і кількістю легеневих захворювань. Зокрема, для прилеглої території шламосховища Ладжинської ТЕС в населених пунктах: с. Заозерне, с. Василівка, с. Білоусівка, с. Гути встановлено збільшення чисельності легеневих захворювань на пневмоконіози (силікоз, силікатом, карбоніоз) у порівнянні з іншими подібними населеними пунктами у Вінницькій області.

3. За результатами аналізу в лабораторії фірми «Інтер-Еко» встановлено, що техногенні і автомобільні аерозолі містять ряд онкогенних речовин до складу яких відносяться: сполуки азоту, вуглецю, вуглеводні, альдегіди, сажа, бензопірен, свинець (тетраетилсвинець), кадмій, цинк, хром, та інші сполуки.

4. Запропонована структурна схема лічильника викидів ДВЗ, в тому числі: розроблено структуру блока управління лічильника, вузол індикації лічильника, блок захисту мікропроцесорного вузла лічильника від статичних розрядів, вузол контролю електроживлення лічильника, а також структуру датчика імпульсної послідовності лічильника.

Важливим у системі оздоровчих заходів, спрямованих на профілактику пилових і аерозольних захворювань, є постійний медичний контроль за станом здоров'я працюючих і населення.

Отже, для покращення стану атмосферного повітря і здоров'я населення доцільно продовжити вивчення хімічного складу техногенних аерозолів та його токсикологічний вплив на основі стандартів ЄС та ВООЗ.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області / Департамент екології та природних ресурсів Вінницької області. – Вінниця, 2013.
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <<http://www.ukrstat.gov.ua/>>.
3. Діденко П. І. Елементний склад твердих промислових аерозолів// Збірник наукових праць ІГНС НАН та МНС України, Серія “Геохімія та екологія”. – Київ. – 2001. – С. 226–232 с.
4. Креков Г. М. Оптические модели атмосферного аэрозоля. / Г. М. Креков, Р. Ф. Рахимов. – Томск: Изд. Томского филиала СО АН СССР, 1986. – 294 с.
5. Порівняльні дані про розповсюдження хвороб органів дихання і медичну допомогу хворим на хвороби пульь монологічного та алергічного профілю в Україні за 2011 – 2013 рр. / Линник М. І., Недоспасова О. П., Антоненко Л. Ф., Бушура І. В., Нікіфорова Л. Г. / [Центр медичної статистики МОЗ України] – К.: НАМНУ, 2013. – 47 с.
6. Клименко М. О. Моніторинг довкілля: Підручник. / Клименко М. О. Прищепя А. М., Вознюк Н. М. – К.: Видавничий центр “Академія”, 2006. – 360 с.
7. Инструкция РД 238 УССР 840011-106-89. Установление допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу предприятиями Минтранса УССР от 01.01.1990. – К.: Изд-во Минтранса УССР, 1989. – 267 с.
8. Справочник по расчету электронных схем. Б.С. Гершунский. – К.: Высшая школа. Издательство при Киевском Университете, 1983. – 240 с.
9. Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики – М.: Издательство ЭКОМ, 2002. – 400 с.
10. Шага К.О. Васильківський І.В., Вовк В.С., Войтко Д.С. Дослідження аерозольного забруднення атмосфери / Збірник тез доповідей VII міжнародної науково-технічної конференції Оптоелектронні інформаційні технології «Фотоніка ОДС-2015» м.Вінниця, 21-23 квітня 2015 року. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – С.127.
11. Шага К.О. Васильківський І.В., Вовк В.С., Войтко Д.С. Контроль оптичних характеристик аерозолів / Збірник тез доповідей VII міжнародної науково-технічної конференції Оптоелектронні інформаційні технології «Фотоніка ОДС-2015» м.Вінниця, 21-23 квітня 2015 року. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – С.128.

**Додаток А.**  
**Свідоцтво про метрологічну атестацію аналізатора аерозолю**  
**Dust Trak мод. 8520**



Согласовано

Зам. директора ГЦИ СИ

ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Александров В.С.

15 " 10 2002 г

Анализаторы аэрозоля DustTrak мод. 8520

Внесены в Государственный реестр средств измерений

Регистрационный номер 23949-02  
 Взамен № \_\_\_\_\_

Выпускаются по технической документации фирмы «TSI», США.

### НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Анализатор аэрозоля DustTrak предназначен для измерения массовой концентрации аэрозольных частиц различного происхождения и химического состава в воздушных средах.

Область применения: применяются в различных отраслях промышленности для контроля параметров воздуха рабочей зоны в соответствии с МВИ, разработанными и утвержденными в установленном порядке.

### ОПИСАНИЕ

Принцип действия анализатора аэрозоля DustTrak - оптический и основан на регистрации рассеянного излучения.

Луч He-Ne лазера просвечивает измерительную камеру, через которую прокачивается анализируемая воздушная проба. Находящиеся в траектории луча аэрозольные частицы рассеивают свет. Прямое излучение попадает в световую ловушку, представляющую собой абсолютно черное тело, в которой полностью поглощается. Фотоприемник регистрирует излучение под углом  $90^\circ$ , интегральные значения интенсивности которого пропорциональны концентрации аэрозольных частиц.

Конструктивно состоит из одного блока.

По способу установки на месте эксплуатации анализаторы являются индивидуальными (носимыми); по числу диапазонов измеряемых компонентов - с одним диапазоном; по количеству измеряемых компонентов - однокомпонентные; по способу выдачи информации - показывающие (цифровые), с представлением информации на дисплее; по видам источников питания - с электрическим питанием; по степени автоматизации - автоматизированные; по режиму работы - непрерывного действия.

### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- |                                                                         |                 |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. Диапазон измерений массовой концентрации аэрозоля, мг/м <sup>3</sup> | от 0,01 до 100; |
| 2. Пределы допускаемой относительной погрешности, %                     | ± 20;           |
| 3. Номинальный объемный расход отбираемой пробы, дм <sup>3</sup> /мин   | 1,7;            |
| 4. Пределы допускаемой погрешности по объемному расходу, %              | ± 5;            |
| 5. Номинальная цена единицы наименьшего разряда                         | 0,001;          |

6. Пределы допускаемого отклонения выходного сигнала за 24 часа работы анализатора, мг/м<sup>3</sup> ±0,001;
7. Габаритные размеры, мм:
- Длина, мм 221;
- Ширина, мм 150;
- Высота, мм 87;
8. Масса, кг 1,5;
9. Напряжение питания: 220 (+ 22; -33) В, частота (50 ± 1) Гц, 6 В;
10. Потребляемая мощность, ВА 16;
11. Условия эксплуатации:
- диапазон температуры окружающей среды от -10 до + 40 °С;
  - диапазон относительной влажности от 5 до 90 % при + 25 °С;
  - диапазон атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа.
12. Диапазон диаметров частиц, мкм от 0,1 до 10;
13. Средний полный срок службы, лет 10.

### ЗНАК УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА

Знак утверждения типа наносится на лицевую панель прибора и титульный лист Руководства по эксплуатации методом компьютерной графики.

### КОМПЛЕКТНОСТЬ

Комплектность поставки анализатора аэрозоля DustTrak приведена в таблице 1.

Таблица 1.

| Наименование                                                      | Количество |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. Анализатор аэрозоля DustTrak                                   | 1 шт.      |
| 2. Циклон (фракция менее 4 мкм)                                   | 1 шт.      |
| 3. Импактор (фракция менее 2,5 мкм)                               | 1 шт.      |
| 4. Импактор (фракция менее 1 мкм)                                 | 1 шт.      |
| 5. Кейс Environmental Enclosure                                   | 1 шт.      |
| 6. Руководство по эксплуатации с приложением А «Методика поверки» | 1 экз.     |

### ПОВЕРКА

Поверка анализатора аэрозоля DustTrak осуществляется в соответствии с документом «Анализаторы аэрозоля DustTrak. Методика поверки», разработанным и утвержденным ГЦИ СИ "ВНИИМ им. Д.И.Менделеева" «15» августа 2002 г.

Основные средства поверки: государственный стандартный образец гранулометрического состава Д050, ГСО № 7968-2001; весы лабораторные ВЛР-20, класс точности 1; набор гирь Г-2-21, 105, ГОСТ 7328 - 82.

Межповерочный интервал - 1 год.

### НОРМАТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

- ГОСТ Р 50760-95 "Анализаторы газов и аэрозолей для контроля атмосферного воздуха. Общие технические условия".
- Техническая документация изготовителя.

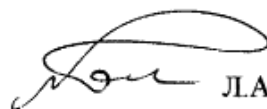
### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализаторы аэрозоля DustTrak соответствуют требованиям ГОСТ Р 50760-95 и технической документации изготовителя.

**ИЗГОТОВИТЕЛЬ:** фирма «TSI», США, St. Paul, MN 55164.

**ПОСТАВЩИК:** ECM Ecomonitoring, ECM OPTEC.

Руководитель лаборатории  
Государственных эталонов в области  
аналитических измерений  
ГЦИ СИ «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»



Л.А. Конопелько

Научный сотрудник  
ГЦИ СИ "ВНИИМ им. Д.И.Менделеева"



Д.Н. Козлов

Генеральный директор  
фирмы «TSI»



П. Линд

**Додаток Б.**  
**Карта розсіювання пилових і аерозольних частинок з поверхні золошлаковідвалу Ладизинської ТЕС**  
**(Google maps, М 1:50000)**

