

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

На правах рукопису

ІВАСЕНКО ВІТАЛІЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 621.307.13

**ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ
КОНЦЕНТРАЦІЙ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У ВИКИДАХ
АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ.**

05.11.13 — Прилади і методи контролю
та визначення складу речовин

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник
Приміський Владислав Пилипович
кандидат технічних наук, с.н.с.

Київ — 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У ВИКИДАХ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ.....	15
1.1 Аналіз проблеми розвитку мережі автозаправних станцій	15
1.2 Аналіз джерел викидів на автозаправних станціях	18
1.3 Випаровування палива на автозаправних станціях: причини, вплив на довкілля	18
1.4 Вимоги до розміщення автозаправних станцій	19
1.5 Нормування викидів випаровування автозаправних станцій	25
1.6 Вимоги до контролю викидів автозаправних станцій	30
1.6.1 Методи і прилади для вимірювання викидів типової автозаправної станції	30
1.6.2 Протипожежний контроль викидів автозаправних станцій	30
1.6.3 Санітарно-гігієнічний контроль випаровувань на робочих місцях автозаправних станцій	33
1.6.3.1 Інфрачервоних метод газового аналізу	33
1.6.3.2 Фото-іонізаційний метод газового аналізу	34
1.6.4 Екологічний контроль вуглеводнів у сельбищній зоні автозаправних станцій	35
1.7 Аналіз підходів до розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі ..	38
Висновки до розділу1	40
РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ АЗС	42
2.1 Методика розрахунків викидів забруднюючих речовин з урахуванням видів палива	42
2.2 Дослідження викидів типової автозаправної станції	44
2.2.1 Відомості про виробничу потужність	44
2.3 Результати експериментально-розрахункових досліджень типової автозаправної станції	50

2.4 Дослідження викидів концентрацій в атмосферному повітрі	53
2.4.1 Розподіл концентрацій шкідливих викидів в залежності від швидкості вітру	54
2.4.2 Дослідження розсіювання концентрацій шкідливих викидів по висоті для всіх напрямків вітру	56
2.4.3 Дослідження забруднення атмосфери в залежності від напрямку вітру	57
2.4.4 Дослідження забруднення атмосфери з побудовою карт забруднення	60
2.5 Порівняння розрахункових та вимірених на місцевості значень концентрацій забруднюючих речовин	62
Висновки до розділу 2	63

РОЗДІЛ 3 ВДОСКОНАЛЕННЯ ОСНОВНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУМ'ЯНО-ІОНІЗАЦІЙНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА .. 65

3.1 Основні напрямки по розробці автоматичних газоаналізаторів для визначення вуглеводнів в атмосферному повітрі (за вирахуванням метану) на основі полум'яно – іонізаційного методу	65
3.1.1 Вплив конструкції полум'яно-іонізаційного детектора на його характеристики	66
3.2 Теоретичний розрахунок основних метрологічних характеристик полум'яно- іонізаційного детектору	68
3.2.1 Чутливість полум'яно-іонізаційного детектора	68
3.2.2 Гранична чутливість і рівень флуктуаційних шумів	70
3.2.3 Лінійний динамічний діапазон	71
3.2.4 Фоновий струм	71
3.3 Розрахунок вихідного сигналу детектора	72
3.4 Вибір режиму роботи газоаналізатора	73
3.5 Експериментальні дослідження впливу зміни режимів роботи газових потоків на величину вихідного сигналу ПД	75

3.6 Дослідження роботи полум'яно-іонізаційного детектора з коаксіальною подачею газів	80
3.7 Підвищення чутливості ПД за рахунок очищення каналу повітря від органічних речовин	84
3.7.1 Опис установки	85
3.7.2 Підготовка каталізатора до роботи	86
3.7.3 Очищення повітря на міді	87
3.7.4 Очищення повітря на міді з окисленої поверхню	87
3.8 Методологія очищення каналу повітря від органічних сполук за винятком метану	88
3.8.1 Підготовка активованого вугілля	88
3.8.2 Очищення повітря від органічних речовин	88
Висновки до розділу 3	92
РОЗДІЛ 4 ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГО-ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВИПАРОВУВАНЬ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ.....	93
4.1 Дослідження методів підвищення точності	93
4.2 Термокatalітичний газоаналізатор випаровувань АЗС	94
4.3 Полум'яно-іонізаційний газоаналізатор з компенсацією з адитивної похибки	97
4.4 Математична розрахункова модель визначення похибки полум'яно-іонізаційного газоаналізатора	99
4.5 Розрахунок основної похибки диференційного вимірювального ланцюга газоаналізатора з одним підсилювачем	100
4.5.1 Пристрій відділення метану	101
4.5.2 Блок підготовки газу	102
4.5.3 Електрометричний підсилювач	102
4.5.4 Автоматичний потенціометр	103
4.5.5 Статична характеристика ланцюга диференційного вимірювання... ..	103
4.6 Похибка диференційного ланцюга вимірювання газоаналізатора з двома підсилювачами	105

4.7 Визначення похибки ПД, що включає адсорбуючий пристрій	107
4.8 Двоконтурна інваріантна схема вимірювання випаровувань палива ...	114
Висновки до розділу 4	117
ВИСНОВКИ	118
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	120
ДОДАТКИ.....	130
ДОДАТОК А. Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та їх параметри АЗС за адресою вул. Привокзальна,1-А ...	131
ДОДАТОК Б. Дані про метеорологічні характеристики м.Київ	134
ДОДАТОК В. Акти впровадження	135

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АЗС — автозаправна станція;
АЗК — автозаправний комплекс;
ПІ — полум'яно- іонізаційний
ДП — дизельне паливо;
ЗР — забруднююча речовина
ЗВГ — зріджений вуглеводневий газ ;.
СЗЗ — санітарно-захисна зона;
ГДК — гранично-допустима концентрація;
ОБРВ — орієнтовно безпечні рівні впливу;
ПІД — полум'яно- іонізаційний детектор;
ТКГ — термokatалітичний газоаналізатор;
ПВП — первинний вимірювальний перетворювач;
БПП — блок підготовки проби,
ПВ — пробовідбірник;
ПГС — повірочна газова суміш;
ПОІ — пристрій обробки інформації;
ЦАП — цифро-аналоговий перетворювач;
НКМ — нижня концентраційна межа поширення полум'я;
ВКМ — верхня концентраційна межа поширення полум'я;
НТМ — нижня температура межі поширення полум'я газів та парів в повітрі;
ВТМ — верхня температурна межа поширення полум'я газів та парів в повітрі;
НМВ — нижня межа вибуховості;
ВМВ — верхня межа вибуховості;
ВУФ — вакуумний ультрафіолетовий;
ЛДД — лінійний динамічний діапазон;
ДІГС — двоконтурної інваріантної газової системи

ВСТУП

Актуальність теми.

Особливе місце серед проблем, пов'язаних з екологічним станом довкілля, займають проблеми контролю забруднення атмосфери, зокрема, викидами – випаровуваннями палива автозаправних станцій (АЗС). Проблема випаровувань палива при роботі АЗС тісно пов'язана, з бурхливим ростом автомобілізації країни. Кожна автозаправна станція є джерелом викиду забруднюючих речовин. При цьому за останні роки суттєво збільшилась кількість АЗС розташованих в приміській смузі, житлових кварталах, безпосередньо біля великих торгових і розважальних комплексів. Постійно зростаюча кількість АЗС, а також об'єми реалізованого пального, передбачає необхідність детального підходу до вивчення впливу роботи АЗС на навколишнє середовище. Автозаправні станції на сьогодні входять в число основних джерел забруднення навколишнього середовища. Крім екологічного впливу АЗС також становлять санітарно та пожежо-вибухонебезпеку. Підвищення екологічної та аварійної безпеки експлуатації АЗС разом з виконанням заходів по зниженню викидів випаровувань палива потребує проведення контролю рівня концентрацій небезпечних речовин для унеможливлення перевищення санітарних, екологічних та пожежо-вибухонебезпечних норм. Для контролю випаровувань палива використовуються як стаціонарні автоматичні газоаналізатори так і пересувні лабораторії.

Очевидно, що безумовною вимогою експлуатації автозаправних станцій є оцінка впливу на навколишнє середовище з визначенням концентрації забруднюючих речовин в повітря. Що не можливе без повної метрологічної відповідності характеристик засобів вимірювання.

Проведений нами аналіз вітчизняної і зарубіжної науково-технічної літератури дозволив визначити провідних спеціалістів в даній галузі та оцінити сучасний стан проблеми впливу АЗС на навколишнє середовище. Це, зокрема, Франчук Г.М. [1,2], Соколова Е.В. [3,4], Шубов Л.Я. [5], Безбородов Ю.Н. [6], Беляев А.Ю. [7], Яковлев В.С. [8], Terrés, I.M. [9], Periago, J.F. [10,11].

Завдяки провідним в даній галузі компаніям: Saxon Junkalor (ФРН), Horiba (Японія), Siemens (ФРН), Beckmann Instruments (ФРН), Environnental (Франція),

Thermo Environmental (США), «Аналитприбор» (Росія), «Экоприбор» (Росія), ОПТЭК (Росія), «Украналіт» (Україна), «Екотест» (Україна), «Автоекоприлад» (Україна), «Атмос» (Україна), «Спецприлад» (Україна), зусиллям іноземних фахівців: Overton E. B. [12], Heikki T. J. [13], Makas A. L. [14], Грузнов В. М. [15,16], Вартанов А. З. [17], Исаев Л. К. [18], а також вітчизняних фахівців: Дашковський О.А. [19], Максименко Ю.М. [20], Орлов М.О. [21,22], Міхеєва І.Л. [23], Франко Р.Т. [24], Рожнов М.С. [24,25], Приміський В.П. [27,28,29] та інших розроблені вимоги до засобів вимірювання і методів вимірювальної інформації, створені унікальні технології газоаналітичних вимірювань, автономні і стаціонарні газоаналізатори системи пробо підготовки та діагностування газоаналітичних комплексів, створені розрахункові і експериментальні методи оцінки концентрації шкідливих речовин в атмосфері, засоби метрологічного забезпечення, різноманітне технологічне обладнання тощо.

В той же час деякі важливі питання функціонування АЗС з точки зору ефективності газоаналітичного контролю як вплив на навколишнє середовище і забруднення атмосферного повітря зокрема, не вирішені і до цього часу.

По-перше проблемою, яка потребує дослідження та вирішення, є зменшення чутливості та точності вимірювання концентрацій шкідливих речовин у викидах АЗС внаслідок використання атмосферного повітря АЗС в якості калібрувального газу. При використанні атмосферного повітря для калібрування нульових показів газоаналізатора, за наявності в атмосфері випаровувань вуглеводнів неможливо встановити нульові покази. Для того щоб провести таке калібрування необхідно повністю припинити роботу АЗС, через певний час повітря очиститься і є можливість встановлення нуля шкали приладу. Але така процедура вимагає значного часу, припинення роботи АЗС, а отже зменшення прибутку і погіршення економічних показників.

По-друге, проведення дослідження джерел викиду забруднюючих речовин АЗС пов'язане з проблемою безпосередніх інструментальних замірів – джерело конструктивно відсутнє. Тому для отримання інформації про вплив на атмосферне повітря необхідно систематичне інструментальне вимірювання концентрацій забруднюючих речовин в зоні впливу АЗС.

Вимірювання концентрацій забруднюючих газових домішок в атмосферному повітрі являє собою складну науково-технічну задачу. Ця задача суттєво ускладнюється при вимірюванні концентрації вуглеводневих газів і органічних випаровувань, оскільки в повітрі може одночасно бути присутнім велика кількість вуглеводнів різних класів. Особливістю газоаналізаторів, призначених для аналізу атмосферного повітря, являється необхідність вимірювання мікроконцентрацій органічних речовин при безперервно змінних атмосферних умовах (температура, вологість, атмосферний тиск). Також недоліком більшості методів, що використовуються є низька швидкодія та ефективність вимірювання мікроконцентрацій вуглеводнів у повітрі. Результат вивчення фізичних методів і приладів, показав, що найбільш перспективним для швидкого і ефективного вимірювання мікроконцентрацій вуглеводнів в повітрі, є полум'яно-іонізаційний (ПІ) метод. Для забезпечення високих метрологічних характеристик необхідно розробити новий полум'яно-іонізаційний детектор (ПІД), що відповідає підвищеним вимогам.

Проблемою, яка потребує дослідження та вирішення є усунення значної залежності вихідного сигналу від зміни об'єму витрати аналізуючого газу, що властиво ПІД з загальним введенням аналізуючого і горючого газу. Для ПІД необхідно підтримувати постійну витрату газів, особливо водню і аналізуючого газу, так як при зміні витрат газів змінюється склад полум'я та його температура, що призводить до зміни чутливості детектора і нестабільності його показів. Полум'я повинно бути невеликим, ламінарним дифузійним, стабільним. Форма і розмір полум'я визначається конструкцією сопла пальника і газових режимів.

Отже, виникає проблема в розробці нової конструкції детектора, яка дозволить усунути значну залежність вихідного сигналу від зміни об'єму витрати аналізуючого газу, що властиво ПІД з загальним введенням аналізуючого і горючого газу.

Для термokatалітичних газоаналізаторів (ТКА) якій використовується здебільше, як аварійно попереджувальний газосигналізатор виникнення вибухонебезпечних ситуацій на АЗС надзвичайно важливою проблемою є зменшення адитивної похибки – похибки нуля шкали, яка суттєво впливає на

вчасну подачу попереджувальних інформаційно-вимірювальних сигналів про вибухо- небезпечну, динамічну ситуацію наростання випаровувань палива.

З урахуванням складних умов експлуатації ПД і ТКГ, влітку до $+40-50^{\circ}\text{C}$, взимку до $-35-30^{\circ}\text{C}$ необхідно поліпшити показники надійності газоаналізаторів, підвищити час напрацювання на відмову.

На даний час, системи екологічного моніторингу надають інформацію про забрудненість атмосфери найбільш небезпечними забруднювачами, що дозволяє оцінити поточну якість повітря в районах, де знаходяться станції моніторингу. Але для ефективного екологічного моніторингу цієї інформації недостатньо, так як для оцінки впливу забруднень на населення та для прогнозування екологічних ситуацій необхідні дані про концентрацію викидів АЗС на значній території.

Для цього використовують розрахункові методи, які дозволяють оцінювати концентрації шкідливих речовин в двометровому шарі на рівні землі. Розрахункові моделі які враховують параметри джерела викиду (висоту, діаметр), масові витрати, склад забруднюючих речовин, температуру, швидкість виходу газоповітряної суміші з труби, властивості атмосфери та метеорологічні дані(температуру навколишнього середовища, швидкість вітру).

Через неможливість проведення вимірювання забруднюючих речовин безпосередньо на джерелі викиду, для визначення кількості випаровувань палива використовують затверджені розрахункові методики.

На процес випаровування нафтопродуктів з резервуарів в статичних умовах впливають різні фактори: температура навколишнього середовища; тиск і об'єм газового простору; площа контакту нафтопродукту з газовим простором; атмосферний тиск. В статичних умовах на випаровування палива впливає збільшення циклів приймання і відвантаження палива, а також кліматична зона. Відсутність достовірних даних щодо процесу зберігання та відпуску палива, зменшує точність отриманих даних. Також слід врахувати, що сучасні АЗС постійно розширюють своє функціональне призначення. Більшість АЗС відпускають не тільки рідке паливо: бензин, дизельне паливо, а і скраплений і стиснений газ, мають торгівельні заклади, об'єкти громадського харчування, які мають котли, печі, дизель генератори, що також є джерелами викидів.

Однак, ефективність такої схеми екологічного моніторингу не може вважатися задовільною через низьку достовірність розрахункової моделі, яка залежить від точності заданих параметрів атмосфери, серед яких найважливішу роль відіграють дані про швидкість і напрям вітру в точці розташування джерела викидів, а також результатів отриманих на основі розрахункових методик.

Все вище викладене свідчить про актуальність теми дисертаційного дослідження, спрямованого на вдосконалення методів і засобів вимірювання викидів автозаправних станцій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертації пов'язана з дослідженнями, які проводились на кафедрі наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем НТУУ «КПІ» в рамках науково-дослідних робіт «Обґрунтування та визначення факторів ризику для здоров'я від антропогенного впливу на територію Солом'янського району м. Києва» (№ ДР 0112U007554), «Дослідження атмосфери санітарної захисної зони енергетичних підприємств» (№ ДР 0113U006047) та «Особливості контролю антропогенного навантаження вуглеводнів на довкілля» (№ ДР 0113U00648), де здобувач був виконавцем етапів робіт.

Мета й завдання роботи. Метою роботи є підвищення надійності газоаналізаторів автозаправних станцій, точності і чутливості вимірювання концентрацій шкідливих речовин за рахунок використання атмосферного повітря в якості нульового калібрувального газу, шляхом його термокаталітичної обробки, вдосконаленої конструкції полум'яно-іонізаційного детектору з коаксіальною подачею газів, застосуванням інваріантної схеми комбінації методів газового аналізу: термокаталітичного і полум'яно-іонізаційного.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні завдання:

- проаналізувати сучасний стан інструментально - методичної і нормативної бази вимірювання концентрацій забруднюючих речовин у викидах АЗС;
- дослідити фактори, що визначають надійність, точність вимірювання і чутливість засобів вимірювань;
- вдосконалити методології визначення концентрацій забруднюючих речовин на території АЗС, в санітарно-захисній і житловій зоні;

- отримати експериментальні, статистичні дані про валові викиди АЗС;
- обґрунтувати метод компенсації адитивної похибки (установки нуля шкали) газоаналізатора за рахунок використання в якості нульової калібрувальної суміші каталітично підготовленого атмосферного повітря АЗС;
- обґрунтувати конструкцію полум'яно-іонізаційного детектора з коаксіальною подачею газів
- вдосконалити метрологічне забезпечення полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів контролю випаровувань АЗС.

Об'єкт досліджень – процес формування та розповсюдження в атмосфері забруднюючих речовин, які містяться у викидах автозаправних станцій.

Предмет досліджень – методи та засоби вимірювання концентрацій шкідливих речовин у викидах автозаправних станцій, а також модель їх розповсюдження в атмосфері;

Методи досліджень базуються на використанні математичної статистики при обробці експериментальних результатів. Дослідження моделі процесу перенесення шкідливих речовин в атмосфері в різних умовах проведено з використанням імітаційного моделювання. Для розробки та відлагодження програмного забезпечення використано методи об'єктно-орієнтованого програмування та середовище програмування IDE Lazarus з кросплатформним компілятором FPC FreePascal. В якості середовищ виконання створених програмних продуктів обрано ОС Windows 7, Windows Mobile 6.5 та GentooLinux.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше запропоновано метод вимірювання концентрацій забруднюючих речовин, який на відміну від існуючих враховує повторюваності напрямків вітру, що забезпечило зменшення похибки вимірювань до $\pm 10\%$

2. Вперше створено метод компенсації адитивної похибки полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів за рахунок використання в якості нульового газу каталітично обробленого атмосферного повітря, який на відміну від існуючих газоаналізаторів дозволяє забезпечити точність методу газового аналізу до $0,072 \text{ мг/м}^3$.

3. Вдосконалено полум'яно-іонізаційний метод за рахунок коаксіальної подачі газових потоків: проби, повітря, водню, що дозволяє регулювати величину початкового фонових сигналу і підбирати рівень необхідної чутливості.

4. Вперше запропоновано нова двоконтурна інваріантна система газоаналізатора вимірювання випаровувань, на базі комбінації полум'яно-іонізаційного і термокаталітичного методів газового аналізу з підвищеним напрацюванням часу на відмову до 14840 годин.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

1. Розроблена і апробована методика експериментального визначення вмісту концентрацій парів палива у викидах автозаправних станцій.

2. Розроблена та апробована нова конструкція полум'яно-іонізаційного детектора з коаксіальною подачею газів для визначення мікроконцентрацій вуглеводнів в атмосферному повітрі з основною приведеною похибкою 5%.

3. Шляхом аналізу експериментальних даних, підтверджених вдосконаленими розрахунковими методиками, встановлено усереднене значення викидів парів палива на тону реалізації: на тону бензину – 2 кг, на тону дизпалива – 0,003 кг, на тону скрапленого газу – 0,976 кг. Середньостатистична АЗС на вісім – десять постів заправки викидає в атмосферу 2- 6 тонн палива на рік за рахунок процесів випаровування.

4. Одержано великий набір статистичних даних про характер формування об'ємно – просторового випаровування парів палива АЗС в умовах міської забудови про розповсюдження випаровувань АЗС в атмосфері: до 300 м по горизонталі і до 24 метрів у висоту. Отримані дані можуть бути основою для вдосконалення технологічних режимів роботи АЗС, а також архітектурно-планувального обґрунтування розміщення АЗС у міській забудові.

5. Розроблені нові схемні рішення автоматичних газоаналізаторів, які реалізують термокаталітичний, полум'яно-іонізаційний методи газового аналізу за рахунок введення термокаталітичної камери обробки атмосферного повітря, і використання його в якості нульового калібрувального газу, що дозволило знизити основну приведену похибку у термокаталітичного газоаналізатора з 8% до 4%, а в полум'яно-іонізаційного з 10% до 5%.

6. Шляхом порівняння виміряних на місцевості значень концентрацій та розрахункових з урахуванням рози вітрів приземних концентрацій випаровувань АЗС, визначено, що відносна похибка розрахунку приземних концентрацій з врахуванням рози вітрів зменшилось на 20%.

Результати, отримані у дисертаційній роботі, впроваджені на ПрАТ «Украналіт» (м. Київ), ТОВ «Прем'єр-Ліга» (м. Київ) – мережа АЗС (торгова марка «КЛО»), ТОВ «Автоекоприлад», а також у навчальному процесі в НТУУ «КПІ», що підтверджується відповідними актами.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дослідження доповідались і одержали позитивну оцінку на вітчизняних і зарубіжних науково-технічних конференціях: на IX Міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування 2010: стан і перспективи» (м. Київ, 2010 р.), IV Міжнародній науково-технічній конференції «Погляд у майбутнє приладобудування» (м. Київ, 2011 р.), IX Міжнародній науково-технічній конференції «Гиротехнології, навігація, керування рухом і конструювання аварійно-космічної техніки» (м. Київ, 2013 р.), XII Міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування: стан і перспективи» (м. Київ, 2013 р.), XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування: стан і перспективи» (м. Київ, 2014 р.), XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування: стан і перспективи» (м. Київ, 2014 р.). Апробація дисертаційної роботи провадилась також на засіданнях наукового семінару кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем НТУУ «КПІ» (м. Київ).

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано 21 наукову працю, з них – 9 статей у наукових фахових виданнях (втому числі 3 роботи входять до НМБД Index Copernicus Journals Master List), 1 патент на винахід і 4 патенти на корисну модель, 7 тез доповідей на науково-технічних конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, 49 рисунків, 18 таблиць, списку використаних джерел із 92 позицій і 3 додатків. Загальний обсяг роботи – 136 сторінок, з яких основна частина викладена на 119 сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У ВИКИДАХ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ

1.1 Аналіз проблеми розвитку мережі автозаправних станцій

Станом на початок 2014р в Україні налічувалось більше 10,0 млн. шт. автотранспортних засобів, що належать приватним власникам, державним і комунальним підприємствам. Також необхідно врахувати значну кількість сільськогосподарських, будівельних і дорожніх машин. В табл. 1.1 наведені статистичні дані про кількість індивідуальних автомобілів в країні, що припадають на 1000 осіб [30].

Таблиця 1.1

Список країн за кількістю автомобілів на 1000 осіб

Місце	Країна	Авто/1000 осіб
1	 Монако	908
2	 США	802
7	 Австралія	730
11	 Італія	690
14	 Канада	620
15	 Іспанія	608
16	 Японія	593
27	 Німеччина	534
28	 Велика Британія	525
34	 Польща	493
53	 Росія	293
55	 Білорусь	282
62	 Киргизстан	211
63	 Казахстан	197
82	 Україна	158
	Київ	343
	Дніпропетровська обл.	231
	Чернігівська обл.	112
83	 Македонія	157

Для обслуговування та забезпечення усіх цих транспортних засобів паливом по всій країні розвинута широка мережа автозаправних станцій (АЗС). Існуюча мережа АЗС в Україні складає більше 6000 станцій [31]. До початку

2000р. більшість АЗС, як правило розташовувалась за містом, на в'їзді в міста, в промислових зонах, автодорогах за межами міської забудови. За останні роки ситуація суттєво змінилась — АЗС розташовують в міській смузі, житлових кварталах, безпосередньо біля великих торгових і розважальних комплексів.

По мірі збільшення кількості і різноманітності автозаправних станцій виникла потреба в провадженні класифікації автозаправних станцій. Їх найчастіше класифікують за потужністю, місткістю резервуарного парку та технологічними рішеннями [32]. Значення цих параметрів та різноманітністю видів палива визначають вплив автозаправної станції на навколишнє середовище.

Бензин та дизельне паливо (ДП), основні види палива, що використовуються в Україні. За останні роки до цього переліку додався зріджений вуглеводневий газ (ЗВГ). Кількість палива, що споживають на АЗС залежить від регіону в якому вони розміщені та пори року. Обсяги спожитого палива в Україні за першу половину 2015 року наведено в табл. 1.2 [33,34].

Таблиця 1.2

Обсяги спожитого палива в Україні.

Вид палива	Перша половина 2014 р., тис. т	Перша половина 2015 р., тис. т
Бензин	1126,91	847, 3
ДП	811,01	633,6
ЗВГ	50,39	63,3

На рис. 1.1 приведена реалізація бензину та ДП в Україні в січні-червні 2015 року по областях [33].

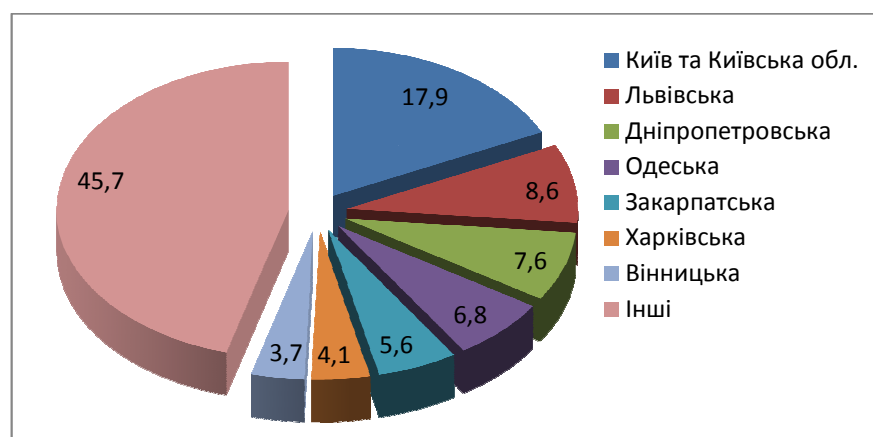


Рис. 1.1 Реалізація бензину та ДП в Україні в січні-червні 2015 року по областям, %.

Україна характеризується як країна з високим рівнем споживання нафтопродуктів населенням. Для задоволення потреб останніх в країні розвинута широка мережа АЗС. Зростаючий попит на послуги АЗС та конкуренція серед компаній призводить до збільшення мережі АЗС, її максимального наближення до споживачів, цілодобовою роботою та збільшенням об'єму послуг.

Таким чином, загальні аспекти проблеми АЗС полягають в наступному:

- кількість АЗС безупинно зростає в абсолютних величинах і на душу населення;
- асортимент нафтопродуктів, що реалізуються на АЗС, розширюється більшою кількістю небезпечних речовин;
- закони і правила охорони навколишнього середовища стають більш жорсткими.

Тому задача вдосконалення методів і засобів вимірювання концентрацій шкідливих речовин у викидах АЗС є надзвичайно актуальною в науковому аспекті.

1.2 Аналіз джерел викидів на автозаправних станціях

Кожна АЗС є джерелом викиду забруднюючих речовин (ЗР) [35, 36]. Постійно зростаюча кількість АЗС, а також об'єми реалізованого пального передбачає необхідність детального підходу до вивчення впливу роботи АЗС на навколишнє середовище [2, 37, 38]. На АЗС паливо зберігається в основному в горизонтальних, циліндричних резервуарах ємністю 25 м³[8].

Забруднення довкілля АЗС відбувається за рахунок попадання в атмосферне повітря випаровувань палива. Аналіз роботи АЗС показує, що викиди випарів палива відбувається:

- під час заправки ємностей АЗС від цистерн заправників;
- зберігання палива в ємкостях;
- під час безпосередньої заправки автомобілів.

Безпосередньо джерелами викиду забруднюючих речовин на АЗС під час виконання технологічних операцій є:

- дихальний клапан резервуару з паливом(організоване джерело);
- гирло бензобаку АТЗ (неорганізоване джерело).

Основними забруднюючими речовинами в процесі експлуатації АЗС при використанні бензину, дизельного палива (ДП) та скрапленого вуглеводневого газу (СВГ) є: бензин, вуглеводні насичені, пропан, бутан, етан, метан. Всі ці речовини оказують токсичну дію на організм людини і на кожен з них встановлені ГДК в атмосферному повітрі на повітрі робочої зони. Крім того випаровувань палива повинні відповідати нормам вибухо та пожежонебезпечності.

1.3 Випаровування палива на автозаправних станціях: причини, вплив на довкілля

Випаровуваність палив - це здатність переходити з рідкої фази в газоподібний стан. Випаровування має велике значення при зберіганні, транспортуванні і заправці автомобілів. На процес випаровування нафтопродуктів з резервуарів в статичних умовах впливають різні фактори: температура навколишнього середовища; тиск і об'єм газового простору; площа контакту нафтопродукту з газовим простором атмосферний тиск.

Загалом втрати нафтопродуктів у вигляді випаровування з резервуарів виникають у результаті «малих та великих» дихань.

Втрати за «малих дихань» спричиняються температурними коливаннями навколишнього середовища. Під час підвищення температури повітря у денний час поверхні резервуарів нагріваються, тиск та температура парогазової суміші наростає, внаслідок цього випаровування нафтопродуктів, особливо легких фракцій, збільшується. Збільшення тиску в парогазовому просторі призводить до спрацювання дихального клапану встановленому в резервуарі і виходу пароповітряної суміші до навколишнього середовища. При цьому важливе значення має ступінь заповнення резервуара нафтопродуктом і пов'язаний з нею об'єм газового простору.

«Великі дихання» виникають під час витиснення пароповітряної суміші до навколишнього середовища у процесі заповнення нафтопродуктом резервуара. При цьому об'єм газового простору зменшується, спрацьовує дихальний клапан.

Об'єм «великого дихання» приблизно відповідає кількості нафтопродукту, що потрапив до резервуара. Втрати у разі «великих дихань» зростають під час збільшення кількості циклів «приймання – відвантаження» резервуарів і залежать від кліматичної зони [37].

В табл. 1.3 наведені норми втрат нафтопродуктів в залежності від операцій і періоду зберігання [39].

Таблиця 1.3

Норми втра нафтопродуктів в залежності від операцій

Операція	Термін зберігання	Норма втрат, кг/т
Приймання	-	0,05-0,59
Зберігання	до 1 місяця	0,02-1,69
Зберігання	більше 1 місяця	0,04-0,9
Відпуск в транспортні засоби	-	0,01-0,22
Приймання, зберігання, відпуск на АЗС	-	0,01-1,25

Виходячи тільки з масштабів використання нафтопродуктів можна оцінити той великий збиток, який наноситься навколишньому середовищу в результаті природних втрат.

Основне джерело забруднення на АЗС – «великі дихання», в загальному об'ємі викидів шкідливих речовин вони складають біля 40% [8], що інколи створює в робочій зоні АЗС максимальні разові концентрації, які перевищують ГДК.

На рис. 1.2 представлено значення концентрацій бензину (ГДК робочої зони 100 мг/м³) в атмосферному повітрі АЗС в теплий період року [40]. Також на рис. 1.3 представлені добові коливання концентрацій бензину на одній АЗС.

1.4 Вимоги до розміщення автозаправних станцій

Вибір земельної ділянки для розміщення АЗС чи АЗК повинен відбутись ще в процесі планування забудови певної території. Планування територій на місцевому рівні забезпечується відповідними місцевими органами і полягає у розробленні та затвердженні генеральних планів населених пунктів, схем планування територій на місцевому рівні та іншої містобудівної документації.

Данні свідчать про перевищення нормативних значень концентрацій від 1,13 до 3,72 ГДК [40].

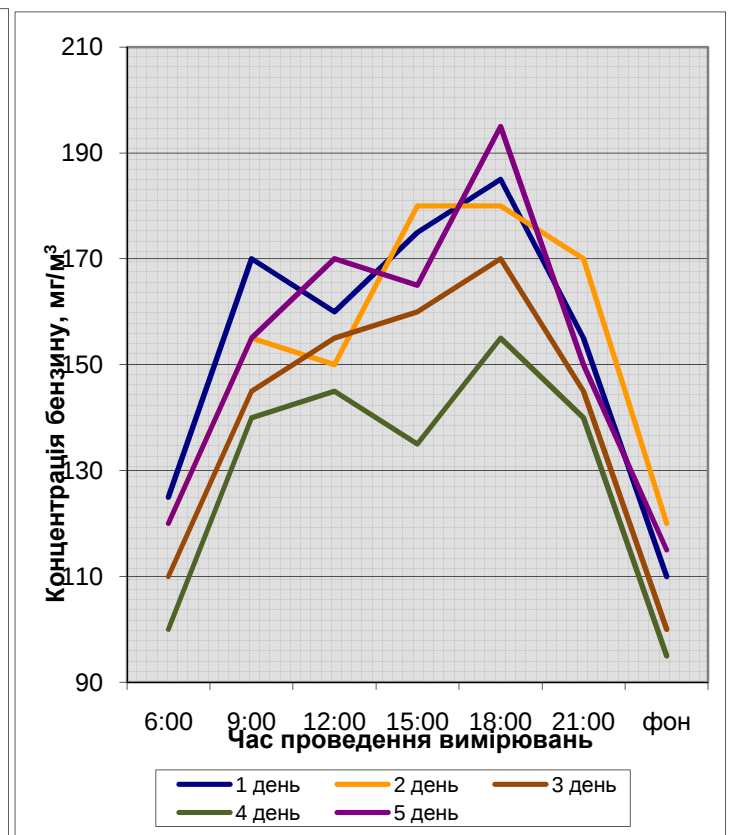
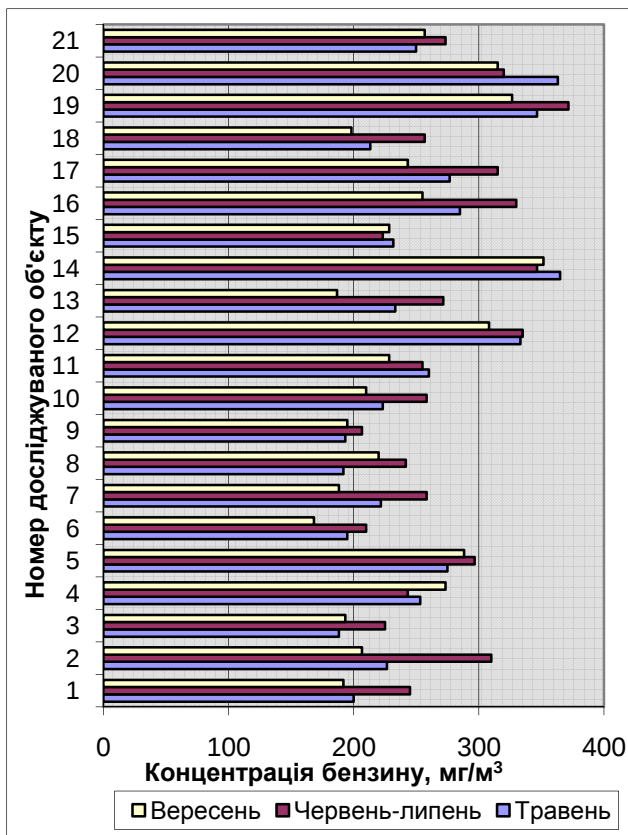


Рис. 1.2 Концентрація бензину в атмосферному повітрі АЗС в різні пори року

Рис.1.3 Добові зміни концентрації бензину в атмосферному повітрі АЗС

При цьому, при плануванні та забудові територій повинно бути забезпечено врахування думки громадськості.

Відповідно до Державних будівельних норм “Планування і забудова міських та сільських поселень” ДБН 360-92 [32], АЗС в населених пунктах слід розміщувати на земельних ділянках, що відокремлені від кварталів житлової та громадської забудови, з врахуванням загальних потреб населеного пункту залежно від рівня автомобілізації, інтенсивності руху, споживчого попиту. У великих містах АЗС слід розміщувати вздовж магістральних вулиць загальноміського та районного значення, в середніх та малих містах – вздовж магістральних вулиць та доріг, а також вулиць та доріг промислових та комунально-складських зон та на їх територіях. Розміщувати АЗС на пішохідних вулицях та проїздах всередині кварталів забороняється (п. 7.57 ДБН 360-92) [32]. На те, що АЗС слід розміщувати за межами житлової території, вказується також

у Державних санітарних правилах планування та забудови населених пунктів від 19 червня 1996 р. [41] та в Державних санітарних правилах охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) від 9 липня 1997 р.[42].

Вибір конкретно визначеного місця для розміщення АЗС та тип АЗС залежить від потужності та технологічних вирішень відповідно до наведеної в табл. 1.4 класифікації [32].

Таблиця 1.4

Класифікація АЗС за потужністю та технологічними вирішеннями

Типи АЗС за їх технологічними вирішеннями			Категорії АЗС за потужністю (за місткістю резервуарів та кількістю авто заправок в годину)					
	Розміщення резервуару		І - мала		ІІ - середня		ІІІ - велика	
Тип	Відносно паливо-роздаткових колонок (ПРК)	Відносно поверхні ділянки	Сумарна вмістимість резервуарів, м ³	Найбільша кількість заправок в годину, одиниць	Сумарна вмістимість резервуарів, м ³	Найбільша кількість заправок в годину, одиниць	Сумарна вмістимість резервуарів, м ³	Найбільша кількість заправок в годину, одиниць
А	Роздільне (традиційне)	Підземне	Від 10 до 40 включно	До 80 включно	Більше 40 до 100 включно	Більше 80 до 150 включно	Більше 100 до 200 включно	Більше 150
Б	Блоковане (блочне)	Підземне	Від 10 до 40 включно	До 80 включно	Більше 40 до 100 включно	Більше 80 до 150 включно	Більше 100 до 200 включно	Більше 150
В	Роздільне (модульне)	Наземне	До 20 включно	До 40 включно	Більше 20 до 80 включно, (до 20 включно)	Більше 40 до 100 включно	-	-
Г	Блоковане (контейнерне)	Наземне	До 20 включно	До 40 включно	Більше 20 до 40 включно, (до 20 включно)	Більше 40 до 80 включно	-	-

Законодавством передбачено проектування АЗС з приміщеннями та окремими об'єктами сервісного обслуговування водіїв та транспортних засобів (так звані автозаправні комплекси або АЗК). Вимоги щодо їх розміщення такі:

- АЗК з пунктами технічного обслуговування транспортних засобів (технічне обслуговування, миття, змащування) слід розміщувати лише вздовж вулиць та

доріг промислових та комунально-складських зон , на їх територіях та на виїздах з населених пунктів;

- АЗК без пунктів технічного обслуговування слід розміщувати відповідно до вимог, що встановлені для АЗС.

Для кожного з типів та кожної категорії АЗС передбачені окремі нормативні вимоги щодо відстаней (протипожежних відстаней, санітарних розривів), які слід приймати від АЗС до інших об'єктів при розміщенні чи реконструкції АЗС. Відстані приймаються від найближчої із споруд на території АЗС до зовнішніх стін громадських об'єктів. Дані про протипожежні відстані наведені у табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Протипожежні відстані від об'єктів навколишнього середовища до споруд АЗС за ДБН 360-92

Найменування об'єкту, до якого встановлюється відстань від споруд АЗС	Мінімальна відстань від споруд АЗС, м				
	Типів А і Б з підземними резервуарами			Типу В з наземними резервуарами	
	малі	середні	великі	малі	середні
1. Житлові та громадські споруди	25	40	50	50	80
2. Місця масового скупчення людей (до зупинки громадського транспорту, межі території ринку)	30	50	50	50	80
3. Окремі торгові палатки та кіоски	20	20	25	25	25
4. Індивідуальні гаражі та відкриті стоянки для автомобілів	18	18	18	20	30
5. Очисні каналізаційні споруди, що не відносяться до АЗС	15	15	15	25	30
6. Виробничі (за винятком вказаних в пункті 8), адміністративні та побутові будівлі, складські будівлі та споруди промислових підприємств I, II та III ступенів вогнетривкості	12	12	15	15	20
7. Ті ж III а, III б, IV, IV а, V ступенів вогнетривкості	18	18	20	20	25

Продовження таблиці 1.5

8. Виробничі споруди з наявністю радіоактивних чи шкідливих речовин	100	100	100	100	100
9. Склади лісових матеріалів, торфу, волокнистих горючих речовин	20	20	20	25	25
10. Масиви лісів, парків, міських скверів:					
- хвойних і змішаних порід	25	25	25	30	40
- листових порід	10	10	10	15	15

Величина санітарних розривів від АЗС до інших навколишніх об'єктів встановлюється залежно від хімічного та акустичного забруднення атмосферного повітря, але не менше 50 м (п. 7.62 ДБН 360-92, п. 5.32 Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів від 19 червня 1996 р.) [32, 41]. Зменшення санітарних розривів допускається лише при погодженні з органами державного санітарно-епідемічного нагляду і місцевими органами Міністерства екології та природних ресурсів. Зменшення санітарних розривів від АЗС до навколишніх споруд при наявності на цій території небезпечних явищ геологічного та геотехнічного походження не допускається.

Крім того, при розміщенні АЗС слід дотримуватись вимог, що встановлені пп. 7.63-7.65 ДБН 360-92 [32]:

1. Наземні споруди АЗС слід розміщувати на відстані не менше 10 м від краю проїжджої частини.

2. На дорогах з 1-2 смугами руху в кожному напрямку на під'їздах до АЗС слід влаштовувати додаткову смугу для накопичення транспортних засобів шириною, що дорівнює основній смузі руху, але не менше 3 м протягом 50 м до в'їзду на АЗС і 15 м від виїзду з неї. Довжину переходу від основної ширини проїжджої частини до додаткової смуги накопичення слід приймати не менше 15 м.

3. Допускається зменшення довжини смуги накопичення до 30 м для малих та 40 м для середніх АЗС за умови їх розміщення на вулицях з інтенсивністю руху не більше 300 автомобілів за годину на 1 смугу руху.

4. В'їзд та виїзд встановлюються шириною не менше 4, 2 м кожен з радіусом заокруглення не менше 10 м (якщо в'їзд та виїзд влаштовуються окремо один від одного). Якщо в'їзд та виїзд влаштовуються поєднані, між ними слід передбачати острівця безпеки шириною не менше 1 м, піднятий над проїжджою частиною на 0,1 м

5. Найменша відстань від в'їзду і виїзду з території АЗС повинна бути:

- до перехрестя з магістральною вулицею (найближча межа її проїжджої частини) – 100м;
- до перехрестя з вулицею чи переїздом місцевого значення (найближча межа проїжджої частини) – 35 м;
- до вікон виробничих та жилих приміщень, меж ділянок загальноосвітніх шкіл, дитячих дошкільних і лікарських закладів, майданчиків відпочинку – 15 м.

При експлуатації автозаправних станцій повинні виконуватися екологічні вимоги, визначені природоохоронним законодавством та діючими нормативними технічними документами з охорони навколишнього середовища. Виробнича діяльність АЗС не повинна призводити до забруднення навколишнього природного середовища (повітря, поверхневих вод, ґрунту) шкідливими речовинами вище допустимих норм.

Для зменшення забруднення ґрунтової системи і викидів забруднюючих речовин в атмосферу із джерел забруднення АЗС рекомендується:

- Підтримувати в повній технічній справності резервуари, технологічне обладнання та. Забезпечувати їх герметичність;
- Підтримувати технічну справність дихальних клапанів, своєчасно проводити на них технічне обслуговування та відповідні регулювання;
- Забезпечувати герметичність зливних та замірних пристроїв, люків оглядових та зливних колодязів, в тому числі і при проведенні операцій зливу нафтопродуктів у процесі їх зберігання;

- Здійснювати злив нафтопродуктів з автоцистерн тільки із застосуванням герметичних швидкокорозійних муфт (на автоцистерні та резервуарі АЗС);
- Не допускати переливів і розливів нафтопродуктів при заповненні резервуарів і заправці автотранспорту;
- Обладнати резервуари з бензином газовою обв'язкою;
- Обладнати резервуари АЗС і паливороздавальні колонки системами (установками) уловлювання (відведення), рекуперації парів бензину;
- Підтримувати в справності лічильно-дозуючі пристрої, пристрої для запобігання переливу, системи забезпечення герметичності процесу слива, системи автоматизованого вимірювання кількості зливаються нафтопродуктів в одиницях маси (обсягу), а також пристрої трубопроводу після закінчення операції зливу.

1.5 Нормування викидів випаровування автозаправних станцій

В Україні приділяють велику увагу захисту атмосферного повітря [43, 44] продуктами нафтопереробки, для яких установлені гранично допустимі концентрації.

Гранично допустимі концентрації установлюються Державними санітарними нормами України (ДержСанПіН ДСП-201-97, затверджені наказом МОЗ України від 09липня 1997р. №201) [42] і визначають вимоги щодо попередження несприятливого впливу (на здоров'я людей та санітарно-побутові умови їх проживання) хімічних і біологічних речовин, які розповсюджуються в атмосферному повітрі від джерел їх надходження. В табл. 1.6 наведені норми санітарно-гігієнічні концентрацій забруднюючих речовин в повітрі які надходять від АЗС. У випадку відсутності значень ГДК для населених місць застосовуються орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ).

Для повітря робочої зони у виробничих приміщеннях повинен відповідати вимогам, встановленим ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [45].

Таблиця 1.6

Санітарно-гігієнічні норми

№ з/п	Код	Назва речовини	ГДК мр, мг/м ³	ГДК сд, мг/м ³	ОБРВ	Клас небезпеки
1	2	3	4	5		6
1	2704	Бензин (нафтовий, малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	5,0	1,5	-	4
2	2754	Вуглеводні насичені C12-C19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	1,0	-	-	4
3	402	Бутан	200	-	-	4
4	410	Метан	-	-	50	-
5	10305	Етан	-	-	65	-
6	10304	Пропан	-	-	65	-

У табл. 1.7 наведені ГДК з цього стандарту на ряд речовин найбільш часто виділяються в повітря у виробничих приміщеннях АТП при технологічних операціях з ремонту та технічного обслуговування автомобілів. В таблицях 1.7 наведені ГДК випаровувань АЗС для робочої зони.

Таблиця 1.7

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин АЗС у повітрі робочої зони

Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Бензин (паливний)	100,0	4
Бутан	300,0	4
Вуглеводні	300,0	4

Високі концентрації речовин в повітрі АЗС крім екологічної небезпеки також становлять пожежо – вибухонебезпечність.

Для запобігання виникнення аварій встановлюють межу пожежо- і вибухонебезпечності при якій виключається можливість пожежі та вибуху, а у випадку їх виникнення не створює впливу на людей шкідливих і небезпечних факторів пожежі та вибуху й забезпечується захист матеріальних цінностей.

Відповідно до ГОСТ 12.1.044-84 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» [46] оцінку пожежо- вибухонебезпечності усіх речовин та матеріалів проводять залежно від агрегатного стану: газ, рідина, тверда речовина (пил виділено в окрему групу). Тому і показники їхньої пожежо- вибухонебезпечності будуть дещо різні (рис. 1.4).

Важливими показниками, що характеризують пожежо- вибухонебезпечні властивості газів, рідин та пилу є концентраційні межі поширення полум'я (запалення). Нижня (НКМ) та верхня (ВКМ) концентраційні межі поширення полум'я - це мінімальна та максимальна об'ємна (масова) доля горючої речовини у суміші з даним окислювачем, при яких можливе займання (спалахування) суміші від джерела запалювання з наступним поширенням полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання.

Розрізняють також нижню (НТМ) та верхню (ВТМ) температурні межі поширення полум'я газів та парів в повітрі. НТМ та ВТМ - це такі температури речовини, за яких їх насичені пари утворюють в даному окислювальному середовищі концентрації, рівні відповідно НКМ та ВКМ. Температурні межі поширення полум'я використовують зокрема для вибору температурних умов зберігання рідин у тарі, за яких концентрація насичених парів буде безпечною з точки зору пожежо- вибухонебезпечності. Існують і інші показники для оцінки пожежної та вибухової небезпеки речовин та матеріалів, які визначаються за стандартними методиками.

- Нижня межа вибуховості (НМВ): межа концентрації газоповітряної суміші, нижче якої газо-повітряна суміш не може запалитися.
- Верхня межа вибуховості (ВМВ): межа концентрації газоповітряної суміші, вище якої газо-повітряна суміш не може запалитися.

Бензин змішуючись з повітрям, утворює вибухонебезпечну паливо-повітряну суміш в концентраціях 0,6-8% (об.). Вибухонебезпечність ДП знаходиться в межах 0,6-6,5% (об.).

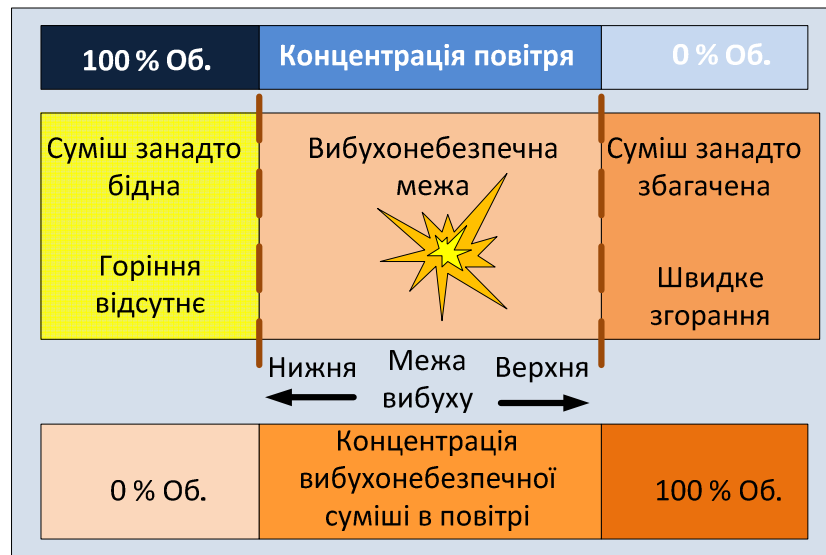


Рис. 1.4 Межі вибуховості речовин

ЗВГ (пропан, бутан, метан) на відміну від бензину при змішуванні з повітрям має більший інтервал вибухонебезпечних концентрацій, який знаходиться в межах 1,4-16,5 % (об).

В табл. 1.8 приведені зведені ГДК та норми небезпечності випаровувань палива.

Таблиця 1.8

Зведені ГДК та норми небезпечності випаровувань палива

Види палива	ГДК Бензину та дизельного палива			Норми вибухо та пожежонебезпечності випаровувань палива		
	ГДК робочої зони, мг/м ³	ГДК середньодобова, мг/м ³	ГДК максимальна, разова, мг/м ³	ГДК робочої зони мг/м ³	ГДК середньодобова, мг/м ³	ГДК максимальна, разова мг/м ³
Бензин	100	5	1,5	2-6	1	5
Дизельне пальне	300	3	0,3	20	3,0	5

В табл. 1.9 представлена зведена таблиця фізичних та хімічних показників і властивостей палив які використовуються на АЗС.

Підвищення екологічної та аварійної безпеки експлуатації АЗС разом з виконанням заходів по зниженню викидів випаровувань палива потребує проведення контролю рівня концентрацій небезпечних речовин для

унеможливлення перевищення санітарних, екологічних та пожежо-вибухонебезпечних норм.

Таблиця 1.9

Зведена таблиця фізичних та хімічних показників і властивостей палив

Види палива	ГДК Бензину та дизельного палива			Норми вибухо та пожежонебезпечності випаровувань палива			Температура самоспалахування, °C	Температура кипіння, °C
	ГДК робочої зони, мг/м ³	ГДК середньо-добова, мг/м ³	ГДК максимальна, разова, мг/м ³	ГДК робочої зони мг/м ³	ГДК середньо-добова, мг/м ³	ГДК макс. разова мг/м ³		
Бензин	100/300	5	1,5	2-6	1	5	257	30-200
Дизельне пальне	300	3	0,3	20	3,0	5	220	150-390
Метан	7000	0,5	1	-	-	-	595	-162
Пропан	50/10	-	0,3	-	-	-	470	-42
Бутан	900/300	-	200	-	-	-	372	0

Продовження таблиці 1.9

Види палива	Температура спалаху, °C	Межі вибуховості		Темпера темп застигання, °C	Щільнісні, г/см ³	Молекулярна маса
		Мінімальна, об.%	Максимальна, об.%			
Бензин	<-20	0,6	8	-60	0,71-0,75	114,20
Дизельне пальне	>+55	0,6	6,5	-5 - -50	0,8-0,85	110-230
Метан	-186	4,4	16,5	-182,6	0,7168	16,044
Пропан	-96	1,7	10,9	-187,6	0,5005	44,1
Бутан	-69	1,4	9,3	-138,4	0,6010	58,12

При цьому виникає потреба в автоматичних газоаналізаторах з широким діапазоном вимірювань [47,48] в від долей мг/м³ (0,3 мг/м³) до майже 7000 мг/м³. Відповідно різні вимоги до швидкодії і надійності газоаналізаторів, так контроль вибухонебезпечних концентрацій потребує швидкодії газоаналізаторів на рівні 1 - 2с, напрацювання на відмову до 15000 год, вимірювання екологічних і санітарно гігієнічних нормативів передбачає вимірювання атмосфери АЗС на протязі 20 - 30 хвилин, з усередненням результатів.

Сучасний технічний рівень розвитку автоматичних газоаналізаторів не дозволяє одним методом газового аналізу вирішити усі питання. При цьому необхідно враховувати фінансово-економічні затрати власників АЗС на оснащення автоматичними газоаналізаторами, які в ідеальному випадку, бажали б одним методом і одним приладом вирішити всі питання контролю повітря АЗС. Однак реальна ситуація вимагає застосування диференційного підходу до вибору методів газового аналізу. Отже, загальна проблема контролю викидів небезпечних випаровувань АЗС в атмосферне повітря трансформується в задачу вибору і вдосконалення методів і засобів вимірювання для вирішення конкретної задачі: контроль екологічних або санітарно-гігієнічних ГДК випаровувань палива, попередження і інформування про виникнення вибухонебезпечних концентрацій випаровувань палива при різних технологічних операціях, що відбуваються на АЗС.

1.6 Вимоги до контролю викидів автозаправних станцій

Діапазон концентрацій випаровувань на АЗС, які необхідно вимірювати, визначається гранично допустимими повітря робочої зони (ГДКрз), нормативами вибухо і пожежонебезпечності (НВК) і, границею вибуховості випаровувань палива. Для різних речовин він знаходиться в межах від долей мг/м^3 (ГДКрз) до одиниць % об. (НВК). В даний час для такого контролю випускається велика кількість газоаналізаторів, які відрізняються методами газового аналізу, режимами роботи: стаціонарні, переносні (інспекційні), способами подачі проби, габаритними розмірами, масою тощо. Разом з тим вибір первинних вимірювальних перетворювачів (детекторів), що визначають основні характеристики роботи газоаналізаторів - контрольовані речовини, діапазон вимірювань, стабільність, досить обмежений.

1.6.1 Методи і прилади для вимірювання викидів типової автозаправної станції

Для вимірювання концентрації вуглеводневих сполук, які надходять у повітря на території АЗС застосовуються наступні методи газового аналізу: хроматографічний, термokatалітичний, полум'яно-іонізаційний, інфрачервоний,

фото-іонізаційний. При цьому виникає питання вибору відповідного методу і газоаналізаторів які їх реалізують, залежно від особливостей задач по контролю атмосферного повітря на АЗС відповідно нормативів: протипожежні, екологічні, санітарно-гігієнічні, охорони праці. Відповідно до цих спеціалізованих вимог і вибирається конкретний метод газового аналізу і газоаналізатори, що їх реалізують.

1.6.2 Протипожежний контроль викидів автозаправних станцій

З проведених досліджень [49] впливає необхідність протипожежного контролю випаровувань палива методами експрес-контролю. Як правило для цих цілей використовується термокаталітичний метод газового аналізу [17, 50].

Робота термокаталітичних детекторів заснована на вимірюванні зміни опору чутливого елемента в результаті каталітичного окислення вимірюваних компонентів киснем повітря. Ці детектори широко використовуються в складі як переносних, так і стаціонарних газоаналізаторів для контролю вибухобезпеки повітряного середовища. Недостатня чутливість і стабільність термокаталітичних сенсорів не дозволяє вимірювати ГДК компонентів.

Термокаталітичні детектори завдяки простоті своїй конструкції (рис. 1.5) є економічно вигідним рішенням для контролю витоків горючих парів і газів. Конструктивно термокаталітичний детектор являє собою пару чутливих елементів - кульок, виготовлених з тонкої платиногового дроту, змотаною в котушку, на яку нанесена керамічна підкладка, наприклад, з оксиду алюмінію. Розрізняють активні і пасивні кульки, або як їх ще називають, пеллістори (pellistor) або сігістори (siegestor). На поверхню активного пеллістора поверх керамічної підкладки крім того наноситься зовнішня оболонка з паладієвого або родієвого каталізатора, напиленого на підкладку з окису торію.

Платинові котушки пеллісторів в процесі роботи нагріваються, протікаючим через них струмом, приблизно до 450 °С. Через газопроникну мембрану детектора горючий газ в суміші з повітрям потрапляє всередину сенсора і омиває поверхню пеллісторів сенсора. Каталітичне покриття активного пеллістора окислюється і його температура підвищується. Це підвищення температури можна виміряти завдяки зміні (збільшення) опору платинової спіралі всередині активного

пеллістора. Це опір порівнюється з опором пасивного пеллістора в стандартному ланцюгу з вимірювальним мостом.

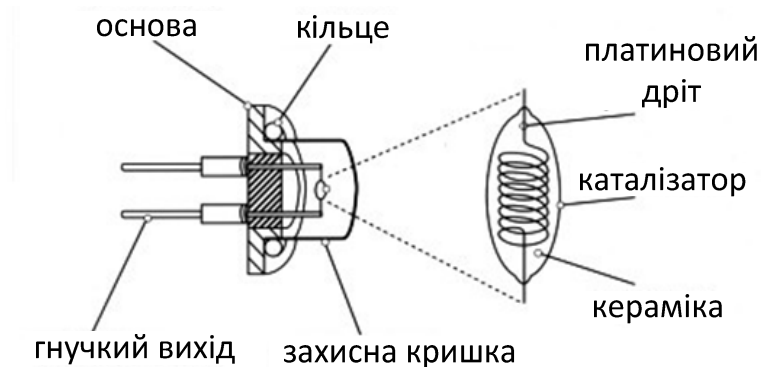


Рис.1.5 Конструкція термокаталітичного детектору

У діапазоні концентрацій горючого газу від 0 до 100% нижньої межі вибуховості (НМВ) співвідношення цих опорів буде пропорційно концентрації газу.

Щоб показання термокаталітичного детектору не залежали від зміни навколишніх умов (температури, вологості) використовуються термічно узгоджені кульки (рис. 1.6). У цьому випадку детектор має фактично два активних пеллістора, один з яких виконує функції пасивного пеллістора. Пасивне функціонування досягається або за рахунок покриття кульки тонким шаром скла, або за рахунок деактивованого каталізатора, або за рахунок розміщення «пасивного» пеллістора в практично герметичній порожнині, що має всього один отвір дуже малих розмірів для сполучення з навколишнім середовищем. Таким чином «пасивний» пеллістор діє лише як компенсатор будь-яких зовнішніх змін температури і вологості. Ця технологія застосовується, наприклад, в термокаталітичних сенсорах фірми Dreger (ФРН) [51].

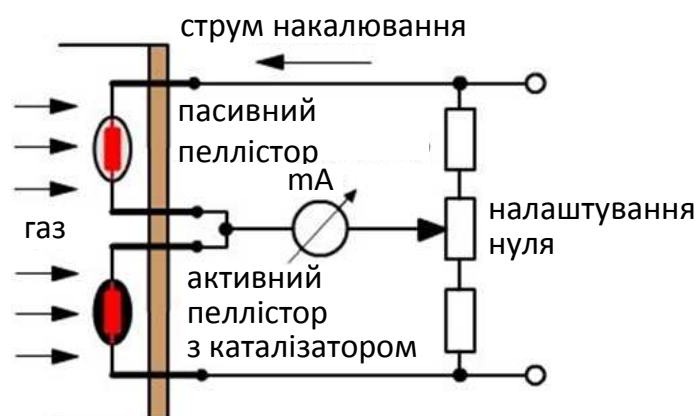


Рис. 1.6 Схема термокаталітичного детектору

Температура пасивного пеллістора, при незмінних умовах навколишнього середовища, залежить тільки від величини протікаючого через нього струму, а температура активного пеллістора визначається величиною цього ж, протікаючого через нього струму, плюс процесами окислення каталізатора, інтенсивність яких пропорційна концентрації горючих газів у повітрі.

На основі даного методу випускаються пожежні сигналізатори випаровувань палива на АЗС. Сигналізатори розміщують по периметру станції, вимірювальна інформація надходить на пульт управління для видачі світлового і звукового сигналів. Каталітичне окислення компоненту - парів палива, що визначаються, здійснюється на нагрітій каталітично активній нитці при температурі $+300^{\circ}\text{C}$, яка є одночасно чутливим елементом і плечем вимірювального мосту. Основним недоліком існуючих термокatalітичних газоаналізаторів є неможливість його застосування в стаціонарних умовах для безперервного контролю випаровувань горючих газів в атмосфері АЗС. Конструкційна схема має істотні недоліки. Хімічний каталізатор з часом виснажується, і чутливість датчика знижується. Для реакції каталізу необхідний кисень, тому при його відсутності покази сильно занижуються. Нарешті, термокatalітичний детектор може бути «отруєний» деякими речовинами.

1.6.3 Санітарно-гігієнічний контроль випаровувань на робочих місцях автозаправних станцій

1.6.3.1 Інфрачервоний метод газового аналізу

Для контролю рівня забруднення випаровувань автозаправних станцій на робочих місцях операторів АЗС, застосовується недисперсний інфрачервоний метод газового аналізу, побудований на селективному поглинанні інфрачервоного випромінювання на фіксованій довжині хвилі в інфрачервоному спектрі [52]. Однією з актуальних проблем побудови інфрачервоних газоаналізаторів є необхідність стабілізації їх нульових показів. Варіант використання стабілізації нульових показів інфрачервоного газоаналізатора за рахунок електронної корекції електричного живлення представлений на рис. 1.7 [52].

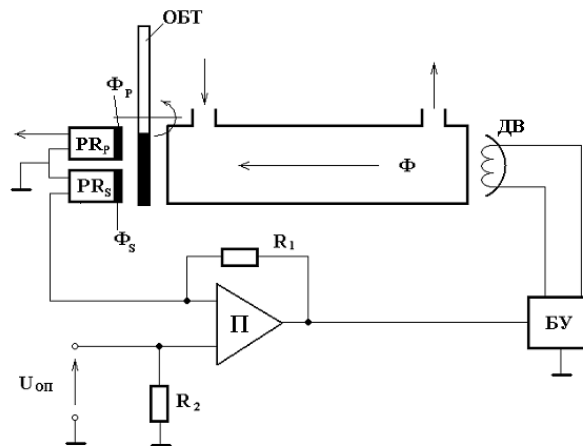


Рис. 1.7 Схема корекції нульових показів інфрачервоного газоаналізатора.

Приймач випромінювання PR має два незалежних приймачі: робочий PR_p і порівняльний PR_s , що відповідно забезпечується двома різними інтерференційними фільтрами Φ_p і Φ_s . Після виходу на режим сигнал з порівняльного приймача порівнюється з опорною напругою $U_{оп}$. Якщо сигнал порівняльного приймача PR_s відхилиться в ту чи іншу сторону стосовно $U_{оп}$, то виникає різниця між порівняльною й опорною напругою. Цей дисбаланс напруг підсилюється підсилювачем П і через блок керування (БУ) зменшує або збільшує інтенсивність випромінювання. Таким чином, автоматично вирівнюється сигнал порівняльного каналу, що є «0» стосовно робочого каналу. Тобто відбувається автоматичне коректування нуля за рахунок зміни напруги розжарення випромінювача ДВ, пропорційного зміні температури навколишнього середовища. Така схема дозволила стабілізувати нульові покази на рівні 0,05 % на найбільш чутливому діапазоні 0 – 0,5 мг/м³.

1.6.3.2 Фото-іонізаційний метод газового аналізу

Вимірювання концентрацій на рівні ГДК повітря робочої зони вимагає високої чутливості і стабільності газоаналізатора. І якщо проблема експрес-контролю більшості органічних речовин продуктів випаровування, була вирішена завдяки використанню термокаталітичних газоаналізаторів, то контроль ГДК цих сполук довгий час проводився в основному лабораторними методами аналізу з попереднім пробовідбором. Вимірювання концентрацій на рівні ГДКрз органічних речовин (одиниці мг/м³), у тому числі нафтопродуктів, стало можливим з появою фото-іонізаційних детекторів (ФІД).

Робота ФІД заснована на вимірюванні сили струму, викликаного іонізацією молекул газів і парів вуглеводневих сполук фотонами, які випромінює джерело вакуумного ультрафіолетового (ВУФ) випромінювання - ВУФ-лампи. Схематичне зображення фото-іонізаційного газоаналізатора наведено на рис. 1.8.

ВУФ-випромінювання через вікно лампи виходить у іонізаційну камеру, де встановлено два електроди, один з яких з'єднаний з джерелом живлення, а інший - з електрометром. У іонізаційну камеру подається газова проба. Під дією випромінювання компоненти з енергією іонізації, меншою енергії фотонів, що випромінюються ВУФ-лампю, іонізуються.

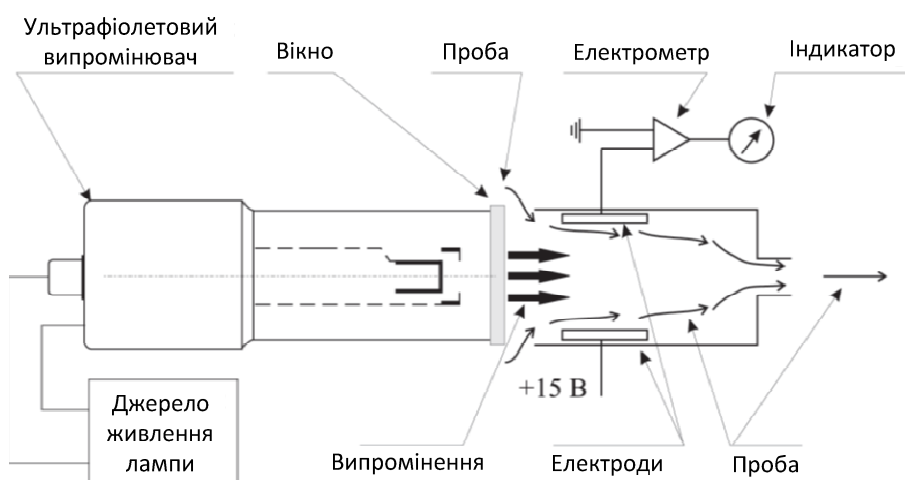


Рис. 1.8 Схематичне зображення фото-іонізаційного газоаналізатора

У іонізаційній камері протікає струм, сила якого пропорційна концентрації домішок-парів вуглеводневих сполук. При цьому компоненти чистого повітря (кисень, азот, аргон, метан, оксид і діоксид вуглецю), що мають більш високі потенціали іонізації, що не іонізуються. Фото-іонізаційний метод дозволяє вимірювати концентрації великого числа органічних сполук діапазоні від одиниць 1 до 1500 мг/м³. Недоліком ФІД метода є адитивна похибка на рівні 6-8% [53] від діапазону вимірювань внаслідок постійного знаходження у повітрі АЗС випаровувань палива, що не дозволяє використовувати повітря для калібрування нуля шкали газоаналізатора, як рекомендується методичними вказівками Мінекології, МОЗу [54].

1.6.4 Екологічний контроль вуглеводнів у сельбищній зоні автозаправних станцій

Для виміру сумарних вуглеводнів C_nH_m в складі у випаровуваннях АЗС при екологічному контролі рекомендується застосовувати полум'яно-іонізаційному метод газowego аналізу (ПД-метод), заснований на іонізації молекул органічних речовин в полум'ї водню. За допомогою ПД-методу, можна створити високочутливий автоматичний газоаналізатор для виміру концентрацій сумарних вуглеводнів на рівні 0,00001 % [55, 56].

Принцип виміру за цим методом полягає в тому, що аналізований газ направляється у водневе полум'я. При температурі 2000°C відбувається дисоціація молекул вуглеводнів на СН-групи, їх окислення з утворенням вільних електронів та позитивних іонів CHO^+ . Якщо до зони водневого горіння прикласти електричне поле, виникає іонізаційний струм, пропорційний кількості СН-груп в молекулі вуглеводню. Полум'яно-іонізаційний перетворювач має більш рівномірну чутливість до різних видів вуглеводних сполук, тому на цей час він прийнятий як стандартний для виміру сумарної кількості вуглеводнів [57].

Основним недоліком відомого полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів є похибка вимірювань при застосування газоаналізатора для екологічного контролю випаровувань палива безпосередньо на АЗС. При застосуванні полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів, як найбільш чутливих, з лінійною шкалою, до вимірювання випаровувань вуглеводнів, полум'яно-іонізаційна реакція, яка відбувається в реакційній камері газоаналізатора використовує повітря з атмосфери АЗС. Таким чином пари палива (вуглеводні) в каналі повітря додаються до вуглеводнів каналу проби і виникає суттєва похибка вимірювання.

У структурно-схемній побудові більшість розроблених [55, 58] полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів будується за класичною одноканальною структурною схемою рис. 1.9.

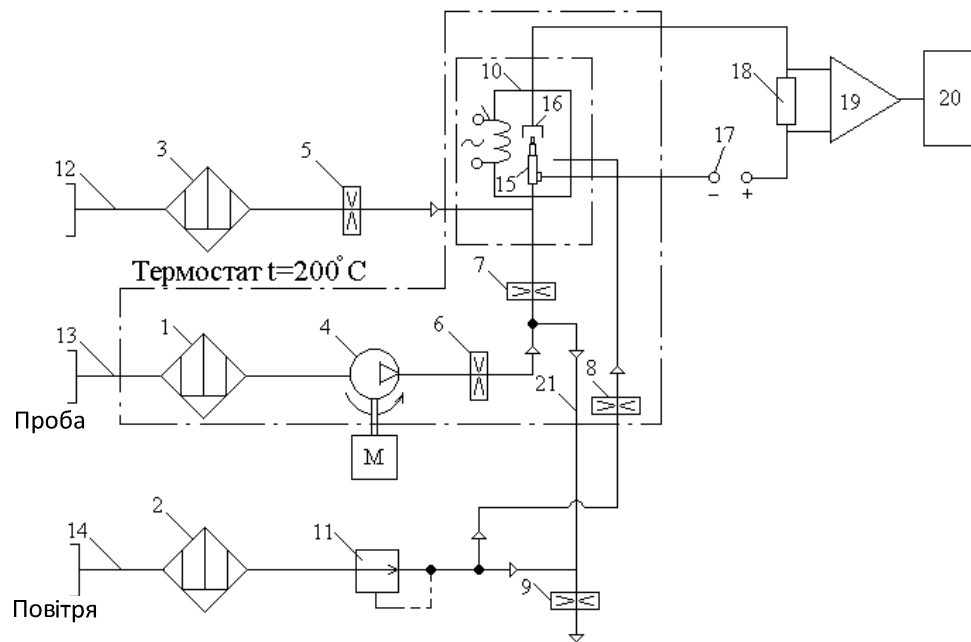


Рис.1.9 Одноканальна структурна схема полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів

Газоаналізатор працює таким чином. Відпрацьований високотемпературний газ (проба) з вихлопної труби автомобіля відбирається за допомогою компресора 4. Проба очищається від механічних домішок фільтром 1 і через дросель 6 по термостатованому газопроводу 13 надходить до реакційної камери 10. Дросель 6 редукує тиск проби і забезпечує попередню стабілізацію тиску потоку проби на вході реакційної камери 10.

Для підвищення швидкодії газоаналізатора по газопроводу 13 подається більша кількість проби, ніж необхідно для роботи полум'яно-іонізаційного детектора. Кількість необхідної проби регулюється пневматичним опором дроселя 7. Надлишки проби скидаються по газопроводу байпаса 21, через дросель 9 у вихідний газопровід. Стабілізація тиску проби на вході дроселя 7 забезпечує постійну витрату проби, виконується потоком стиснутого повітря, що надходить через фільтр 2 і регулятор тиску «після себе» 11 від газопроводу стиснутого повітря 14. Потік високотемпературного газу по газопроводу байпаса 21 стикається із протипотоком стиснутого повітря стабілізованого тиску. Зміна номінального тиску проби на вході дроселя 7 і відповідно у газопроводі байпаса 21 викликає зміну тиску стиснутого повітря у газопроводі протипотоку 14. Регулятор тиску 11 відпрацьовує, створюючи підпір розрідження у точці дотику

потоків проби і стиснутого повітря в газопроводі байпаса 21 перед входом п'ятого дроселя 9 доти, поки не зрівняються тиском на вході третього дроселя 7 і в газопроводі протипотоку стиснутого повітря 14. У газоаналізаторі фактично розширилися функціональні можливості газопроводу стиснутого повітря 14. Повітря використовується не лише для процесу горіння у полум'яно-іонізаційній реакції, але й як орган регулювання тиску потоку високотемпературної (агресивної) аналізованої проби. При цьому відпадає необхідність у встановленні стабілізатора тиску на газопроводі проби. Достатньо установити його на газопроводі стиснутого повітря, де працює в нормальних умовах експлуатації. Регулювання тиску аналізованої проби замінюється на регулювання тиск протипотоку стиснутого повітря регуляторів тиску «після себе». Таким чином, оскільки регулятор тиску «після себе» стикається тільки зі стисненим повітрям, а не з високотемпературним і агресивним газовим середовищем, то до нього не висувуються вимоги щодо корозійної стійкості до агресивних домішок і високих температур. Випробування показали надійну роботу пристрою за температури проби вище 200 °С.

Для забезпечення роботи полум'яно-іонізаційного детектора потрібен чистий (99,99 %) водень, що подається від генератора водню по газопроводу водню 12, через фільтр 3 і дросель 5. Водень змішується з пробой і надходить на пальник 15 детектора. На детектор також подається стабілізований регулятором тиску «після себе» 11 і дроселем 8 потік стиснутого повітря. За допомогою спіралі підпалу 22 здійснюється підпал суміші. Іонізаційний струм, пропорційний концентрації вуглеводнів, через навантажувальний опір 18 фіксується схемою електронного оброблення інформації 19 і передається на вихідний прилад 20.

Основним недоліком відомого полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів є похибка вимірювань при застосування газоаналізатора для екологічного контролю випаровувань палива безпосередньо на АЗС. При застосуванні полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів, як найбільш чутливих, з лінійною шкалою, до вимірювання випаровувань вуглеводнів, полум'яно-іонізаційна реакції, яка відбувається в реакційній камері газоаналізатора використовує повітря з

атмосфери АЗС. Таким чином пари палива (вуглеводні) в каналі повітря додаються до вуглеводнів каналу проби і виникає суттєва похибка вимірювання.

1.7 Аналіз підходів до розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі

Оцінка стану атмосферного повітря ведеться по двом основним - це натурні спостереження і математичне моделювання [59, 60]. При цьому найбільш ефективним є спільне використання результатів вимірів і моделювання, що описують поширення забруднюючих речовин в повітряному середовищі. Математичні моделі, об'єднуючі інформацію про викиди і закономірності розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері, являються необхідними інструментами не лише для оцінки існуючих рівнів забруднення, але також для прогнозу майбутнього стану повітряного басейну. Існує декілька підходів до визначення концентрації забруднюючих домішок в атмосферному повітрі.

Існує декілька підходів до визначення концентрації забруднюючих домішок в атмосферному повітрі. В даний час розрахунок розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі ведеться згідно з методикою, викладеною в ОНД-86 [61].

Згідно методики визначається максимальне значення приземної концентрації забруднюючої речовини при несприятливих умовах на максимальній відстані від джерела викиду. Методика ОНД-86 використовує емпіричні коефіцієнти які були отриманні з метою використання їх на території колишнього СРСР [62], що унеможливорює використання методики в інших країнах.

Інший підхід до розрахунку розсіювання шкідливих речовин розроблений Інститутом експериментальної метеорології (ІЕМ) [63, 64]. Методика ІЕМ призначена для розрахунку розсіювання домішки від точкового або лінійного джерела при широкому діапазоні метеорологічних умов і містить рекомендації для їх визначення за даними метеорологічних вимірів. При цьому пропонується використовувати класи стійкості. По класах стійкості визначаються вхідні дифузійні параметри. Приводяться також рекомендації для урахування штиля і слабого вітру, припіднятих інверсій, перехідного часу доби. До недоліку цієї методики можна віднести відсутність обліку верхнього кордону пограничного шару.

До іншого підходу належать моделі, які лежать в основі методик МАГАТЕ [65, 66], засновані на гауссовій моделі розсіювання домішок. Вони містять рекомендації для визначення дисперсій по вхідних метеорологічних параметрах. Ці рекомендації, розроблені за результатами експериментальних досліджень Паськуїллом і Гиффордом, широко застосовуються для різних розрахунків в зарубіжних дослідженнях. Основні положення цієї моделі полягає в тому, що турбулентність усюди однакова; швидкість вітру постійна у всьому шарі поширення потоку і напрям вітру не змінюється при русі потоку. Перевага даного підходу – універсальність отриманих моделей, а недоліки – висока невизначеність вихідних даних, складні процедури оцінки достовірності моделей, неможливість урахування рельєфних особливостей місцевості

Отже, практично всі розрахункові методи дозволяють отримувати концентрації шкідливих домішок в атмосферному повітрі. При цьому єдиною методикою яка прийнята в Україні за нормативну є методика ОНД-86. На її основі розроблена більшість вітчизняних програмних продуктів розрахунку забруднення атмосферного повітря.

За ОНД-86 максимальна концентрація парів нафтопродуктів для викидів з точкового джерела (наприклад дихальний клапан резервуару) при несприятливих метеорологічних умовах на максимальній відстані від джерела визначається за формулою:

$$C_m = \frac{AMFnK}{H^{4/3}}, \quad (1.1)$$

де А — коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери і визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

М — кількість шкідливої речовини, що викидається в атмосферу, г/с;

F — безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі (для газоподібних речовин F=1);

n — безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

Н — висота джерела над рівнем землі, м;

K — коефіцієнт (с/м^3), визначається за формулою:

$K = D/8V_1$, де D — діаметр джерела викиду, м;

V_1 — об'єм газоповітряної суміші на виході джерела, $\text{м}^3/\text{с}$.

Методика ОНД-86 була розроблена з метою використання її на території СРСР і протягом тривалого часу забезпечувала достатню точність розрахунків.

Висновки до розділу 1

1. Проведений аналіз показав, що постійно зростаюча кількість АЗС приводить до негативних наслідків для довкілля і здоров'я людини. Данні свідчать про перевищення нормативних значень концентрацій бензинку в атмосферному повітрі від 1,13 до 3,72 ГДК.

2. Проблема безпечного функціонування і експлуатації АЗС, знаходиться у сфері діяльності декількох державних структур: МОЗ контролює ГДК в атмосферному повітрі; Мінекологія в джерелах викидів; МНС вибухонебезпечні і пожежонебезпечні ситуації. Відповідно нормативи випаровувань різні і їх контроль потребує специфічних методів газового аналізу

3. Визначені наступні основні методи газового аналізу для контролю випаровувань палива на АЗС: термokatалітичний, інфрачервоний, фотоіонізаційний, полум'яно-іонізаційний. Найбільш придатними для умов цілодобової експлуатації визначено термokatалітичний метод, для застосування екологічного контролю викидів АЗС пересувними мобільними комплексами вибрано полум'яно – іонізаційний.

4. Визначені основні метрологічні характеристики полум'яно – іонізаційного і термokatалітичного газоаналізатора: точність, надійність – напрацювання на відмови які потребують вдосконалення.

5. Для розрахунку розподілу концентрацій викидів АЗС в атмосфері вибрана методики ОНД-86, яка єдина відповідає нормативній базі українського екологічного законодавства.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ АЗС

2.1 Методика розрахунків викидів забруднюючих речовин з урахуванням видів палива

Як зазначалося в першому розділі, робота АЗС приводить до систематичного, постійного техногенного навантаження на довкілля. Постійно зростаюча кількість АЗС, а також об'єми реалізованого пального передбачає необхідність детального підходу до визначення обсягів і номенклатури викидів шкідливих речовин під час роботи АЗС, впливу функціонування АЗС на довкілля та навколишнє середовище. Згідно існуючих розрахункових методик визначаються валові викиди забруднюючих речовин з АЗС під час проведення технологічних операцій на АЗС [67, 68, 69]. Розрахункові методики дають інтегрально характеристику загальної маси викиду за певний інтервал часу: с, год, рік, а визначення безпосередньої концентрації ЗР в різних точках території АЗС: санітарно-захисній зоні, сельбищній території повинно проводитись автоматичними газоаналізаторами. Вимоги до технічних характеристик газоаналізаторів в певній мірі носять суперечливий і різноманітний характер. Це пов'язано з тим, що існують різні нормативи: протипожежні, екологічні, санітарно-гігієнічні, охорони праці в яких регламентуються вимоги до газоаналізаторів. Відповідно методи газового аналізу, режими роботи приладів, метрологічні характеристики, конструктивне виконання у газоаналізаторів мають суттєві відмінності і особливості функціонування. Таким чином виникає потреба в диференціації і класифікації автоматичних газоаналізаторів, що використовуються на АЗС для контролю відповідних вищезгаданих нормативів. І що особливо важливо вдосконалення їх технічних характеристик, з урахуванням головної специфіки роботи АЗС: постійного знаходження в атмосфері випаровувань палива [9, 70].

Забруднення довкілля АЗС відбувається за рахунок попадання в атмосферне повітря випаровувань палива. Викиди випарів палива відбувається: під час

заправки ємкостей АЗС від цистерн заправників; зберігання палива в ємкостях; під час безпосередньої заправки автомобілів.

Основними забруднюючими речовинами (ЗР) в процесі експлуатації АЗС при використанні бензину, дизельного палива (ДП) та скрапленого вуглеводневого газу (СВГ) є: бензин, вуглеводні насичені C_{12} - C_{19} (розчинник РПК-26611 і ін.), пропан, бутан, етан, метан. Безпосередньо джерелами викиду забруднюючих речовин на АЗС під час виконання технологічних операцій є: дихальний клапан резервуару з пальним(організоване джерело), ЗР утворюються під час заправки резервуару з бензовозу, а також при зберіганні в резервуарах; гирло бензобаку (неорганізоване джерело), ЗР утворюються під час заправки баків автомобільні транспортні засоби (АТЗ). На процес випаровування нафтопродуктів з резервуарів в статичних умовах впливають різні фактори: температура навколишнього середовища; тиск і об'єм газового простору; площа контакту нафтопродукту з газовим простором атмосферний тиск.

Загалом втрати нафтопродуктів у вигляді випаровування з резервуарів виникають у результаті «малих та великих» дихань.

Втрати за «малих дихань» спричиняються температурними коливаннями навколишнього середовища. Під час підвищення температури повітря у денний час поверхні резервуарів нагріваються, тиск та температура парогазової суміші наростає, внаслідок цього випаровування нафтопродуктів, особливо легких фракцій, збільшується. Збільшення тиску в парогазовому просторі призводить до спрацювання дихального клапану встановленому в резервуарі і виходу пароповітряної суміші до навколишнього середовища. При цьому важливе значення має ступінь заповнення резервуара нафтопродуктом і пов'язаний з нею об'єм газового простору.

«Великі дихання» виникають під час витиснення пароповітряної суміші до навколишнього середовища у процесі заповнення нафтопродуктом резервуара. При цьому об'єм газового простору зменшується, спрацьовує дихальний клапан.

Об'єм «великого дихання» приблизно відповідає кількості нафтопродукту, що потрапив до резервуара. Втрати у разі «великих дихань» зростають під час

збільшення кількості циклів «приймання – відвантаження» резервуарів і залежать від кліматичної зони [2].

2.2 Дослідження викидів типової автозаправної станції

Дослідження проводилися для АЗС, котра відповідно зміні №10 ДБН 360-92 [32], відноситься до II категорії (середньої) за потужністю, місткістю резервуарного парку та технологічними рішеннями. До її складу входить автозаправна станція (АЗС) та авто газозаправний пункт (АГЗП).

Характеристика АЗС.

АЗС здійснює приймання, зберігання та заправку автомобільного транспорту бензином марок А-95, А-95(євро), А-92, та дизпаливом: ДП та ДП (євро), та зрідженим вуглеводним газом. Доставка нафтопродуктів та ЗВГ на АЗС здійснюється автоцистернами. Сумарна місткість підземних резервуарів для світлих нафтопродуктів - 125 м^3 . Відпуск пального здійснюється через три паливо роздавальні колонки на чотири види палива.

Основними виробничими процесами АЗС є:

- злив світлих нафтопродуктів з автоцистерн в резервуари;
- зберігання палива у резервуарах;
- реалізація палива споживачам (заправка балонів АТЗ).

Характеристика АГЗП.

Для зберігання газу встановлено два надземних резервуари кожний ємністю 5 м^3 , для заправлення автомобілів газом встановлено заправну колонку для ЗВГ на одне підключення.

Основними виробничими процесами АГЗП є:

- злив зрідженого вуглеводного газу з автоцистерн в резервуари;
- зберігання зрідженого вуглеводного газу у резервуарах;
- реалізація зрідженого вуглеводного газу споживачам (заправка баків АТЗ).

2.2.1 Відомості про виробничу потужність

Потужність АЗС - 316 заправок світлими нафтопродуктами за добу.

Потужність АГЗП - 75 заправок зрідженим вуглеводним газом (пропан-бутан) за добу. Режим роботи – цілодобовий 365 діб на рік.

Основні техніко-економічні і екологічні параметри АЗС за результатами проведених досліджень наведені в табл. 2.1-2.3.

Таблиця 2.1

Основна сировина що використовується

Найменування	Кількість	Документації, що регламентує вимоги до сировини
А-95 (євро)	200 м ³	ДСТУ 4063-2001
А-95	600 м ³	ДСТУ 4063-2001
А-92	400 м ³	ДСТУ 4063-2001
ДП	450 м ³	ДСТУ 3868-1999
ДП (євро)	150 м ³	ДСТУ 3868-1999
Пропан-Бутан (ЗВГ)	1095 м ³	ДСТУ 320.00149943.016-2000

Таблиця 2.2

Технологічне устаткування

Найменування	Проектна продуктивність	Режим роботи	Баланс часу	Термін введення в експлуатацію	Строк амортизації
Резервуар для палива РГС-25 (3 од.)	25м ³	Базовий (максимальний) режим	8760	1999	2044
Резервуар для палива РГС-25 (2од.)	25м ³	Базовий (максимальний) режим	8760	2000	2045
Колонки паливо-роздавальні «Salzkotten» типу MPD-SK-U (3 од.)	40 л/хв.	Базовий (максимальний) режим	812,28	1999	2024
Резервуар для скрапленого газу Р-5 (2 од.)	5м ³	Базовий (максимальний) режим	8760	2006	2031
Колонка газозаправна LPG-1-U	45 л/хв	Базовий (максимальний) режим	405,56	2006	2031

Таблиця 2.3

Балансова схема матеріальних потоків

Вхід		Вихід			Баланс т/рік
Найменування палива	т/рік	Викиди парів нафтопродуктів, т/рік	За рахунок утворення нафто шламу т/рік	Витрати нафтопродуктів, т/рік	
Бензин	876	1,772212923	0,013362	874,214425077	876
Дизельне паливо	558	0,0016815893	0,512358	557,485960411	558
Пропан-Бутан (ЗВГ)	577,065	0,5629459	-	576,5020541	577,065
Всього	2011,065	2,336840412	0,512358	2008,20244	2011,065

При дослідженні АЗС виявлено 15 джерел викидів (табл. 2.4), через які в атмосферне повітря надходять 8 забруднюючих речовин (табл. 2.5).

Таблиця 2.4

Характеристика джерел викиду

№	Назва джерело викиду	Найменування речовин
1	Дихальний клапан підземного резервуару (25м ³) з бензином А-95(євро)	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)
2	Дихальний клапан підземного резервуару (25м ³) з бензином А-95	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)
3	Дихальний клапан підземного резервуару (25м ³) з бензином А-92	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)
4	Дихальний клапан підземного резервуару (25м ³) з дизельним паливом	Вуглеводні насичені С12-С19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець
5	Дихальний клапан підземного резервуару (25м ³) з дизельним паливом ДП(євро)	Вуглеводні насичені С12-С19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець

Продовження таблиці 2.4

6,7,8,9, 10,11	Гирло бензобаку при наливанні бензину А-95 або А-95 (євро), або А-92, або ДП, або ДП(євро)	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець), вуглеводні насичені С12-С19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець
12	Дихальний клапан надземних резервуарів (5м ³ + 5м ³) зі зрідженим вуглеводним газом	Пропан, бутан, метан, етан
13	Гирло балону при заправці автомобілів ЗВГ	Пропан, бутан, метан, етан
14	Гирло системи для зливу ЗВГ з автоцистерн в резервуари	Пропан, бутан, метан, етан
15	Дихальний клапан надземних резервуарів (5м ³ + 5м ³) зі зрідженим вуглеводним газом	Пропан, бутан, метан, етан

Таблиця 2.5

Перелік забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферу

№ п./п.	Найменування речовин	ГДКм.р. ОБРВ, мг/м ³	Клас небезпеки	Потужність викиду забруднюючих речовин, т/рік
1	2	3	4	5
1	Бензин (нафтовий, малосірчистий, в перерахунку на вуглець)	5,0	4	1,772484409
2	Вуглеводні насичені С12-С19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	1,0	4	0,000099084
4	Метан	50	-	0,0011212
5	Етан	65	-	0,0279247
6	Бутан	200	-	0,2377
7	Пропан	65,0	-	0,2962
	Всього			2,335529393

Проведення досліджень джерел АЗС пов'язане з проблемою безпосередніх інструментальних замірів – джерело викидів конструктивно відсутнє [71]. Кількість ЗР (кг/год), які викидаються в атмосферне повітря з резервуарів визначається відповідно до затверджених розрахункових методик [67] для резервуарів з бензином та ДП, [68] для резервуарів СВГ.

Кількість викидів забруднюючих речовин (кг/год) для резервуар з бензином та ДП, за рахунок випарювання розраховуються по формулі [54]:

$$P_P = 2,52 \cdot V_{\text{Ж}}^P \cdot P_{S(38)} \cdot M_{\text{П}} \cdot (K_{5X} + K_{5T}) \cdot (K_6 \cdot K_7 \cdot (1 - \eta)) \cdot 10^{-9} \quad (2.1)$$

де $V_{\text{Ж}}^P$ - об'єм рідини, яка наливається у резервуари на протязі року, м³/рік;

$P_{S(38)}$ - тиск насичених парів рідини при температурі 38°C;

$M_{\text{П}}$ - молекулярна маса парів рідини;

η - коефіцієнт ефективності газовловлюючих пристроїв резервуару;

K_{5T}, K_{5X} - коефіцієнти, які залежать від $P_{S(38)}$ та температури газового простору відповідно у теплу та холодну пори року;

K_6 - коефіцієнт, який залежить від $P_{S(38)}$ та річного оберту резервуарів;

K_7 - коефіцієнт, який залежить від технічного оснащення та режиму експлуатації.

Кількість викидів забруднюючих речовин (кг/год) для резервуара з бензином та ДП, при наливних-зливних операціях розраховуються по формулі [67]:

$$P_{\text{ЦН}} = 2,52 \cdot V_{\text{Ж}}^{\text{ЦН}} \cdot P_{S(38)} \cdot M_{\text{П}} \cdot (K_{5X} + K_{5T}) \cdot K_8 \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-9} \quad (2.2)$$

де $V_{\text{Ж}}^{\text{ЦН}}$ - річний об'єм рідини, яка наливається, м³/рік;

$P_{S(38)}$ - тиск насичених парів рідини при температурі 38°C;

$M_{\text{П}}$ - молекулярна маса парів рідини;

η - коефіцієнт ефективності газовловлюючих пристроїв резервуару;

K_{5T}, K_{5X} - коефіцієнти, які залежать від $P_{S(38)}$ та температури газового простору відповідно у теплу та холодну пори року;

K_8 - коефіцієнт, який залежить від $P_{S(38)}$ та кліматичної зони.

Аналіз формул (2.1) і (2.2) показує що в них не враховується часові зміни температури і тиску бензину та дизельного палива під час простою резервуару в даній кліматичній зоні. А це вагомий фактор що впливає кількість викидів.

Окрім бензину і дизельного пального на сучасних АЗС в значних кількостях реалізується газ (скраплений, стиснений) для автотранспортних засобів відповідно оснащених газобалонним обладнанням. Відповідно розроблені методики визначення витрат газу при відповідних технологічних операціях [68].

Розрахунок втрат газу (кг) під час наповнення резервуару СВГ:

$$B_{\text{г}} = B_{\text{г}}^p + B_{\text{г}}^n + B_{\text{г}}^{nn} \quad (2.3)$$

Де $B_{\text{г}}^p$ - втрати СВГ у рідкій фазі під час зливу з резервуарів або цистерн, кг;

$B_{\text{г}}^n$ - втрати СВГ у паровій фазі під час зливу з резервуарів або цистерн, кг;

$B_{\text{г}}^{nn}$ - втрати СВГ у вигляді повернення парової фази, що заповнює об'єм резервуару або цистерни під час зливу СВГ, кг ;

$$B_{\text{г}}^p = N \cdot \rho_p \cdot V_{pp} \quad (2.4)$$

де N - кількість зливно-наливних ліній під час зливу з цистерни;

ρ_p - густина рідкої фази СВГ, кг/м³;

V_{pp} - об'єм зливно-наливного рукава, м³;

$$B_{\text{г}}^n = \rho_n \cdot V_{pn} \quad (2.5)$$

де ρ_n - густина парової фази СВГ, кг/м³;

V_{pn} - об'єм рукава парової фази, м³;

$$B_{\text{г}}^{nn} = \rho_n \cdot V_{\text{г}} \quad (2.6)$$

де ρ_n - густина парової фази СВГ, кг/м³;

V_{pn} - об'єм резервуара або цистерни фази, м³

Розрахунок втрат газу (кг) під час заправки (наповнення балонів) газобалонних автомобілів здійснюється зі формулою:

$$B_{\text{г}}^p = 13 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_p \quad (2.7)$$

де $13 \cdot 10^{-6}$ - втрати СВГ під час наповнення одного газобалонного автомобіля, м³;

ρ_p - густина рідкої фази СВГ, кг/м³.

Розрахунок втрат газу (кг) під час зберігання (природні втрати)

$$B_{\text{г}}^p = 0,001 \cdot H_{\text{зб}} \cdot V_{\text{зб}} \cdot \rho_p \quad (2.8)$$

де $H_{\text{зб}}$ - норма природніх втрат під час зберігання СВГ, кг/т за добу;

$V_{\text{зб}}$ - об'єм рідкої фази СВГ у ємності, в якій він зберігається, м³;

ρ_p - густина рідкої фази СВГ, кг/м³.

Недоліком формул (2.3) - (2.8) також є не врахування часових змін температури і тиску СВГ під час простою резервуару, крім цього дана методика призначена для розрахунку втрат (кг), тоді як при визначенні впливу на навколишнє середовище використовують масу шкідливої речовини, що викидається в атмосферу за одиницю час (г/с), отже отримані результати не можливо використовувати при визначенні впливу на навколишнє середовище.

2.3 Результати експериментально-розрахункових досліджень типової автозаправної станції

Результат експериментального-розрахункового дослідження забруднення атмосфери у зоні АЗС. Для проведення дослідження була вибрана типова АЗС, яка розташована у місті Києві за адресою вул. Привокзальна, 1-А.

АЗС здійснює приймання, зберігання та заправку автомобільного транспорту бензином марок А-95, А-95 (євро), А-92, дизпаливом: ДП та ДП (євро), та СВГ. Для зберігання світлич нафтопродуктів АЗС має в своєму складі п'ять підземних резервуарів об'ємом 25м³ кожний та два наземних резервуарів об'ємом 5м³ для зберігання СВГ. Кожен резервуар обладнаний дихальним клапаном. Для відпуску палива АЗС має три двохсторонні паливо-роздавальні світлич нафтопродуктів та одну газозаправну колонку. Доставка нафтопродуктів та СВГ на АЗС здійснюється автоцистернами.

Згідно класифікації АЗС (зіміна №10 ДБН 360-92) [32], по вул. Привокзальна, 1, а (рис. 2.1) відноситься до II категорії (середньої) за потужністю, місткістю резервуарного парку та технологічними рішеннями. Найближча житлова забудова знаходиться в південно-східному напрямку на відстані 110 м.



Рис. 2.1 Карта-схема розміщення автозаправної станції за адресою вул. Привокзальна,1-А.

Вихідні дані, прийняті для розрахунку викидів ЗР базуються на даних про номінальну продуктивність АЗС, наведено в табл. 2.1.

На основі діючих методик були проведені розрахунки масових викидів забруднюючих речовин при проведенні різних технологічних процесів. Результати розрахунку представлені в табл. 2.6. Валовий викид даної АЗС складає 2,336 тонн випаровувань палива за рік роботи.

Визначення впливу на стан забруднення проводиться за результатами розрахунку розсіювання парів викидів забруднюючих речовин від АЗС по методиці ОНД-86 [61,72].

Дана методика враховує данні про параметри джерел викиду і данні про характеристики розсіювання забруднюючих речовин в повітряному басейні міста.

Користуючись формулою (1.1) визначається максимальне значення приземної концентрації забруднюючої речовини C_m (мг/м³) при викиді

Таблиця 2.6

Масові викиди від автозаправної станції

Тип процесу	Найменування ЗР	Викид, г/с	Викид, т/р
Викиди при зберіганні та заправці нафтопродуктів в резервуар	бензин	0,0560402	1,768677849
	Вуглеводні насичені $C_{12}-C_{19}$ (розчинник РПК-26611 і ін.)	0,000003133	0,00009886
	метан	0,000082	0,00072120
	етан	0,002045	0,0179247
	пропан	0,0218	0,1896
	бутан	0,01742	0,1522
Викиди при заправці паливних баків автомобіля	бензин	0,0108784	0,00380656
	Вуглеводні насичені $C_{12}-C_{19}$ (розчинник РПК-26611 і ін.)	0,000001318	0,000000224
	метан	0,00005	0,0004
	етан	0,00122	0,01
	пропан	0,013	0,1066
	бутан	0,0104	0,0855

газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела із круглим устям досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані X_M .

Відстань X_M від точкового джерела забруднення, на якій досягається максимальна концентрація C_M при небезпечній швидкості вітру U_M , обчислюється за наступною формулою:

$$X_m = \frac{5-F}{4} dH \quad (2.9)$$

«Небезпечною» вважають таку швидкість вітру U_M , при якій за інших однакових умов приземна концентрація досягає свого максимуму C_M .

До метеорологічних характеристик і коефіцієнтам, які визначають умови розсіювання ЗР в атмосфері міста були віднесені:

- коефіцієнт А, що залежить від температурної стратифікації атмосфери;
- коефіцієнта рельєфу місцевості;

- середня максимальна температура навколишнього повітря найбільш жаркого місяця року, °C;
- середня температура повітря найбільш холодного місяця року, °C;
- швидкість вітру u^* (м/с), повторюваність перевищення якої (по середнім багаторічним даних) не більше 5%.

2.4 Дослідження викидів концентрацій в атмосферному повітрі

В даному підрозділі представлені результати дослідження концентрацій в атмосферному повітрі викидів АЗС. Для проведення детальної оцінки забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами розрахунок забруднення атмосферного повітря виконувався на розрахунковому прямокутнику з заданим шагом розрахункової сітки. В якості основних критеріїв якості атмосферного повітря приймалися гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в атмосферному повітрі, затверджених Міністерством охорони здоров'я [73]. При цьому для кожної речовини, що викидається на АЗС, призначалося виконання співвідношення

$$q_i = \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (2.10)$$

де C_i - розрахункова концентрація забруднюючої речовини в приземному шарі повітря населеного місця.

Розрахунки приземних максимальних концентрацій ЗР були виконані на основі розрахункової схеми нормативної методики ОНД-86.

Для розрахунку викидів ЗР було проведено визначення джерел забруднення на АЗС та їх параметри. Дихальні клапани відносяться до організованих джерел викидів з висотою h (м) і діаметром d (м). Об'єм газоповітряної суміші дихального клапана визначається як продуктивність зливу палива з автоцистерни в резервуар (м³/хв.). При цьому через дихальний клапан з резервуару витісняється така ж кількість газоповітряної суміші (м³/с).

Параметри неорганізованих джерел викидів (бензобаки автотранспорту при заправці їх пально-роздавальними колонками) приймається згідно РД 52-04-52-85

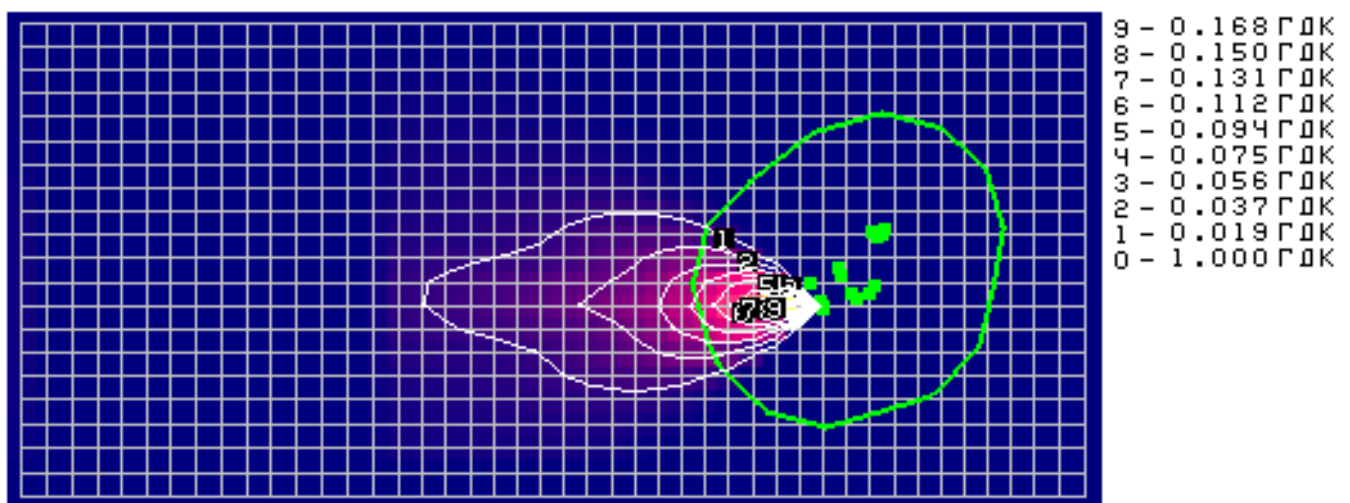
[74]: діаметр - 0,5 м; висота - 2 м; швидкість - 1,5 м/с; об'єм газоповітряної суміші - 0,294 м³/с.

До сукупностей факторів, що найбільше впливають на характеристику розподілу концентрацій відносяться питома маса викидів та швидкість вітру. Однак, автозаправні станції характеризуються сталістю технологічних процесів, для яких не властива зміна потужностей викиду. Тому саме швидкість вітру була вибрана як змінний параметр при проведенні аналізу. Часто автозаправні станції розташовуються біля житлових кварталів з багатоповерховими будинками. Тому також доцільно провести розрахунок не лише приземних концентрацій а також досліджено можливе забруднення повітря по висоті на рівні багатоповерхових будинків. Розрахунки проводились відповідно формул, наведених в першому розділі, послідовно змінювало значення одного з цих параметрів, при постійності усіх інших вихідних даних.

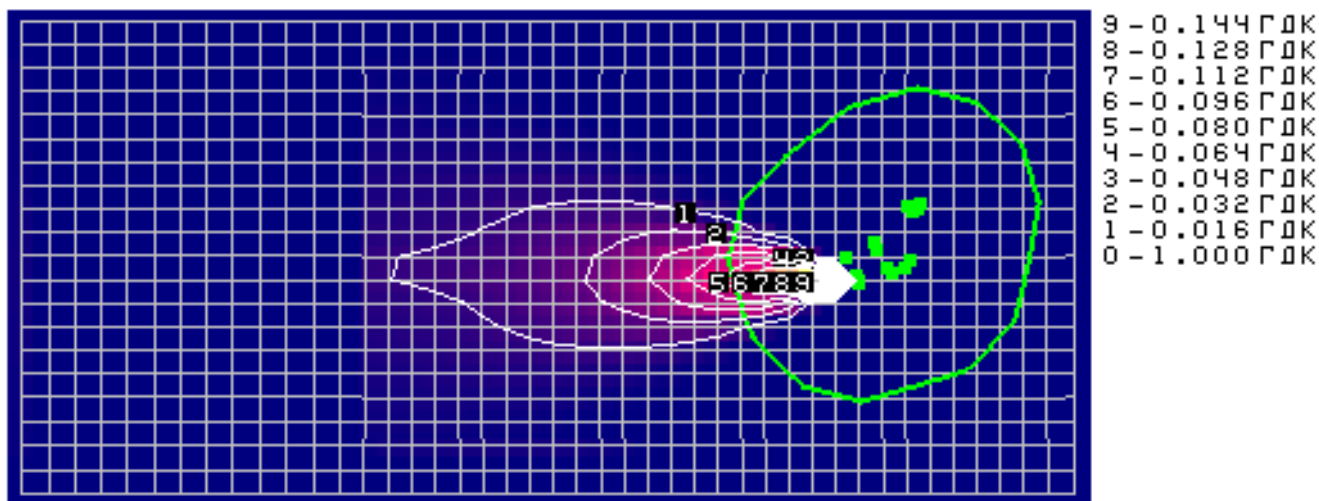
2.4.1 Розподіл концентрацій шкідливих викидів в залежності від швидкості вітру

В якості вихідних було використано параметри однієї АЗС за адресою вул. Привокзальна,1-А (Додаток А).

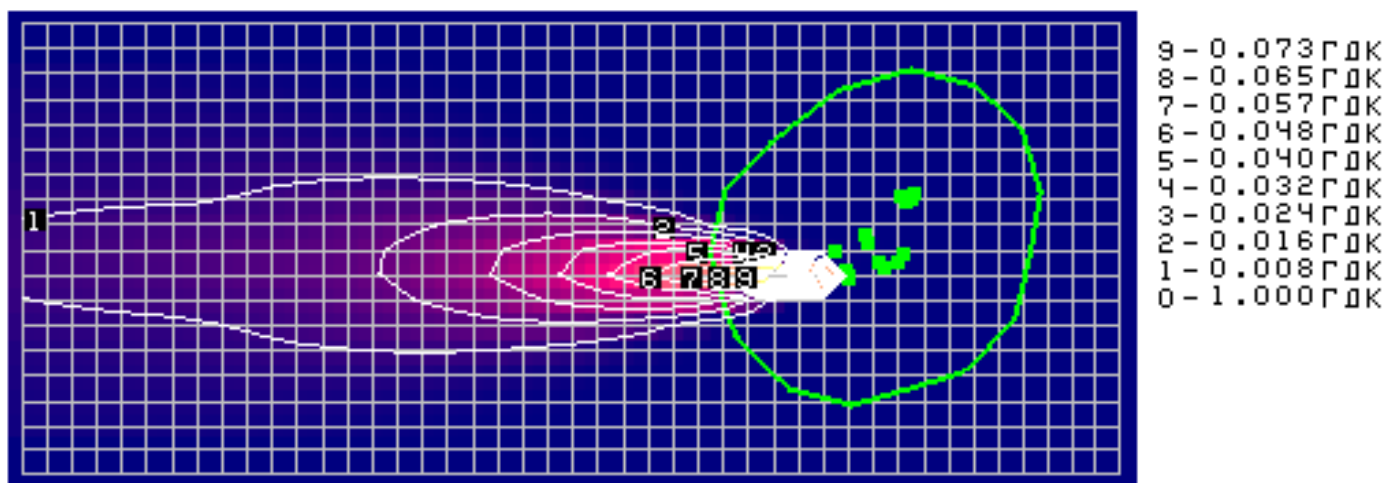
Результати розрахунку розсіювання концентрацій бензину в залежності від швидкості вітру представлені на рис. 2.2, напрямок вітру західний.



а)



б)



в)

Рис. 2.2 Розподіли приземних концентрацій для значень швидкості вітру: а) 2 м/с, б) 5 м/с, в) 10 м/с.

З рисунків видно, що для даних, максимальна концентрація бензину спостерігається при швидкості вітру 2 м/с.

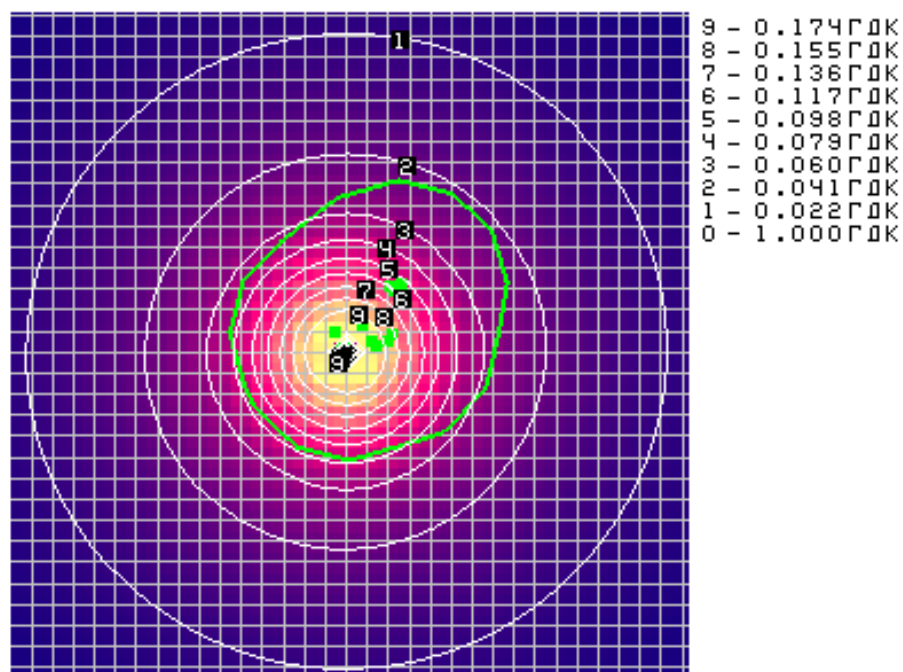
При всіх інших швидкостях вітру спостерігаються нижчі концентрації, але при цьому збільшується протяжність та ширина зони забруднення (рис. 2.2 б, в).

Отже, для побудови та розміщення автозаправних станцій не рекомендується вибирати місця де спостерігаються малі швидкості вітру (до 2 м/с), адже в такому випадку будуть фіксуватись накопичення концентрацій з перевищенням ГДК.

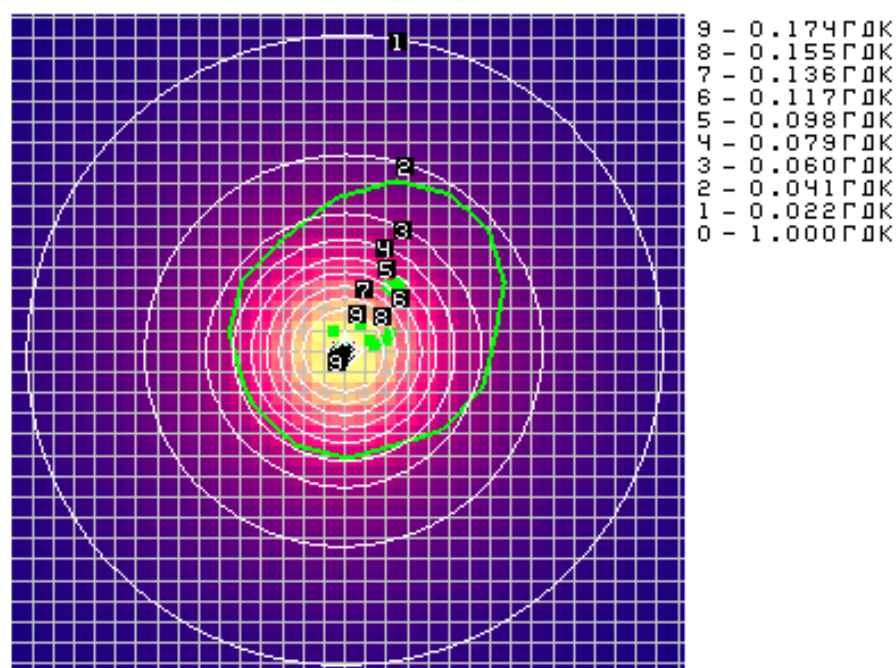
2.4.2 Дослідження розсіювання концентрацій шкідливих викидів по висоті для всіх напрямків вітру

В даному підрозділі представлені графіки розсіювання концентрацій на різних висотах в зоні впливу АЗС. Був побудований графіки в будь-якій точці в радіусі 300 м (для всіх напрямків вітру).

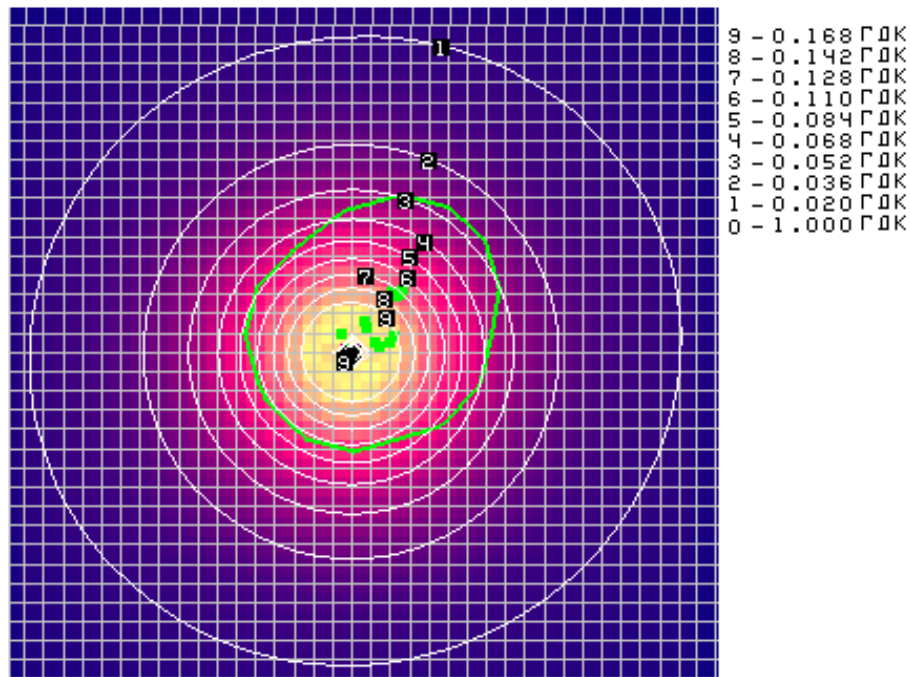
На наступних рисунках представлені розсіювання концентрації викидів бензину навколо АЗС на висотах 2, 12, 24 м, при швидкості вітру 2 м/с (рис. 2.3).



2 м



12 м



24 м

Рисунок 2.3 – Графіки розсіювання концентрацій викидів бензину на висотах 2м, 12 м, 24 м.

Видно, що значення концентрації починає зменшуватися лише на висоті 24 м, на якій проводиться розрахунок. Наявність інформації про розсіювання концентрацій по висоті дасть можливість оцінити вплив роботи АЗС не лише на приземний шар, а також на багатоповерхові забудови.

2.4.3 Дослідження забруднення атмосфери в залежності від напрямку вітру

Для оцінки впливу АЗС доцільно враховувати розу вітрів місцевості, для визначення в яку сторону місцевості частіше направлені повітряні потоки. Тому також було досліджено вплив рози вітрів на розсіювання забруднюючих речовин. В якості вихідних даних було використані метеорологічні характеристики які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населеного пункту м. Київ (табл. 2.7), надані Центральною Геофізичною Обсерваторією м.Київ (Додаток Б).

На рис. 2.4 приведено розрахунок концентрацій викидів бензину для напрямків рози вітрів. Розподіли приземних концентрацій відповідно повторюваності напрямків рози вітрів наведено на рис. 2.5.

Таблиця 2.7

Метеорологічні характеристики і коефіцієнти

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, А	180,0
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1,0
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, Т,град.С	25,0
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця (для котельних, які працюють за опалювальним графіком), Т,град.С;	-4,7
Середньорічна роза вітрів, %	
Пн (північ)	13,6
ПнС(північний схід)	9,1
С (схід)	8,8
ПдС(південь-схід)	12,8
Пд (південь)	13
ПдЗ (південний захід)	11,5
З(захід)	17,7
ПнЗ (північний захід)	13,5
Швидкість вітру (N)(за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5%, U*, м/с	7-8

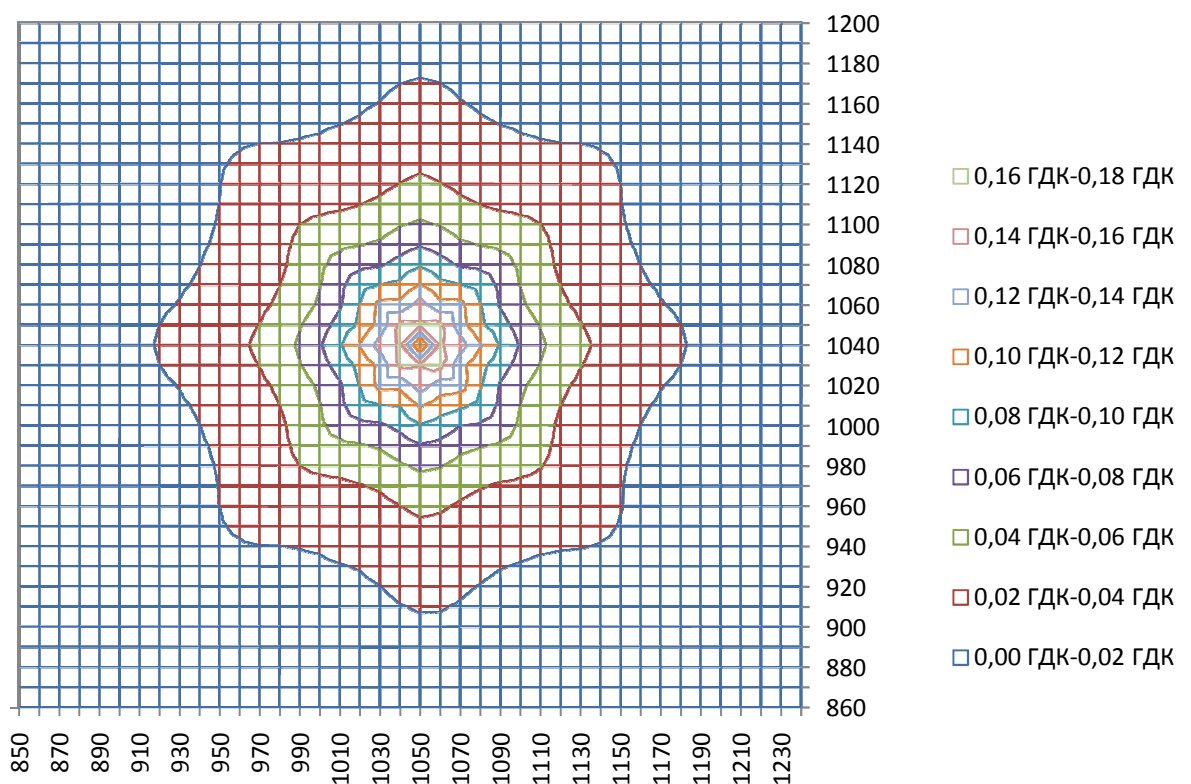


Рис. 2.4 Розподіли приземних концентрацій для напрямків рози вітрів (швидкість вітру 2 м/с).



Рис. 2.5 Розподіли приземних концентрацій відповідно повторюваності напрямків рози вітрів (швидкість вітру 2 м/с)

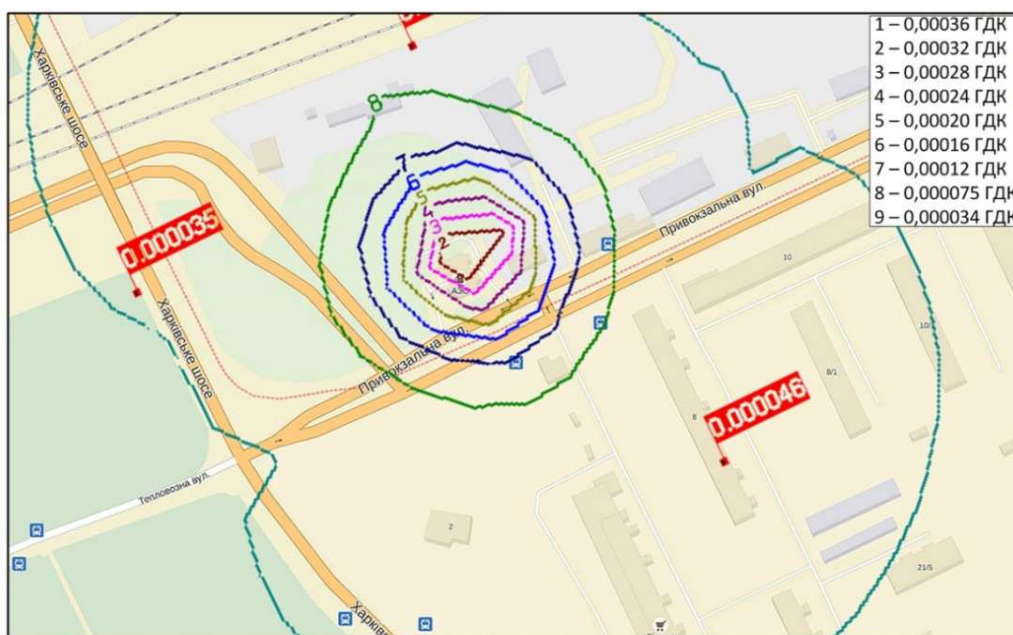
З результату видно, що в західному напрямку, повторюваність вітру частіша, що спричинює більший вплив забруднюючих речовин, їх частіше накопичення і відповідно підвищення максимальних концентрацій.

З представленого матеріалу можна зробити висновок, що розрахунки за методикою ОНД-86 без урахування рози вітрів даної місцевості дають для південного, західного і північного напрямку занижені результати, для східного завищені.

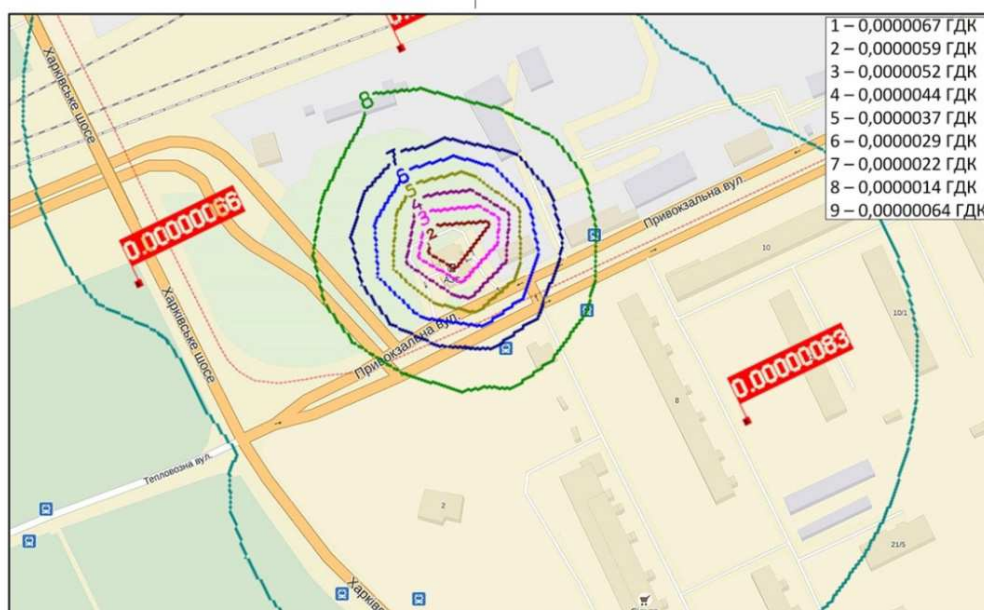
Отже, побудова розсіювання концентрацій забруднюючих речовин без урахування рози вітрів місцевості призводить до отримання недостовірної інформації.

2.4.4 Дослідження забруднення атмосфери з побудовою карт забруднення

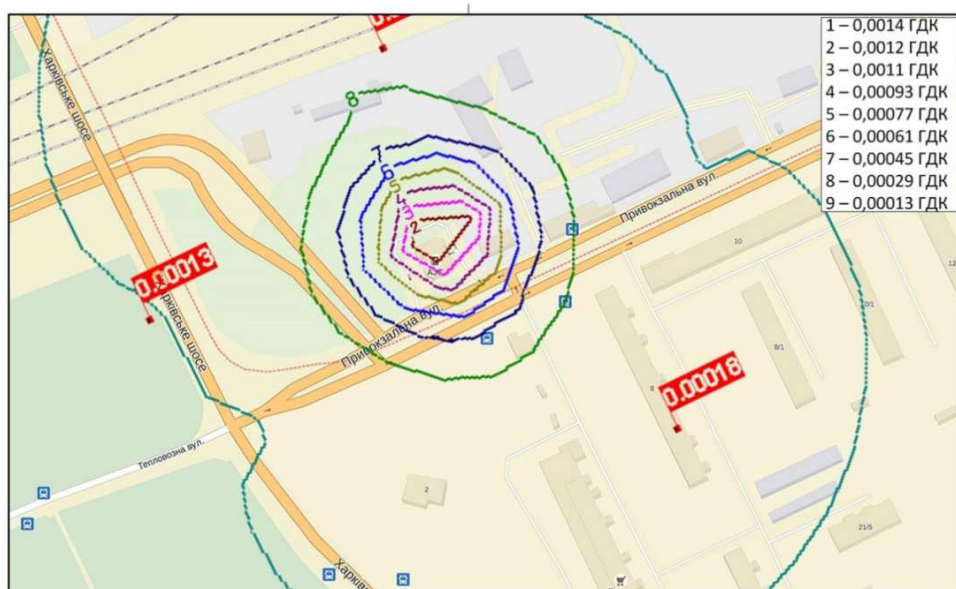
З урахуванням результатів отриманих в попередніх розділах, є можливим виконувати побудову розсіювання забруднюючих речовин з нанесенням на карту місцевості. В якості прикладу на рис. 2.6, наводяться результати розрахунків максимальних приземних концентрацій ЗР на одній із АЗС. Розрахунок виконаний для всіх видів забруднюючих речовин, що викидаються при роботі АЗС, з урахуванням небезпечної швидкості вітру та рози вітрів для даної місцевості.



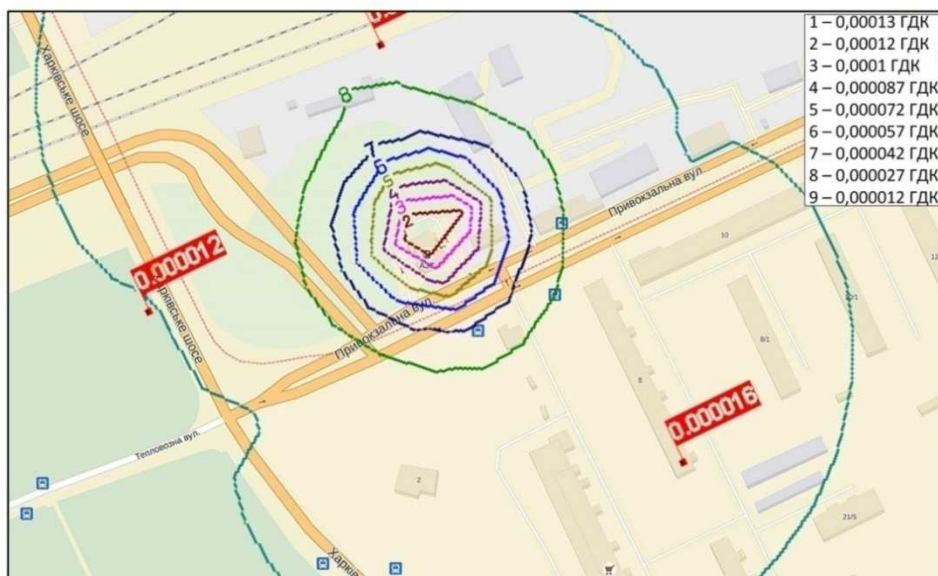
а



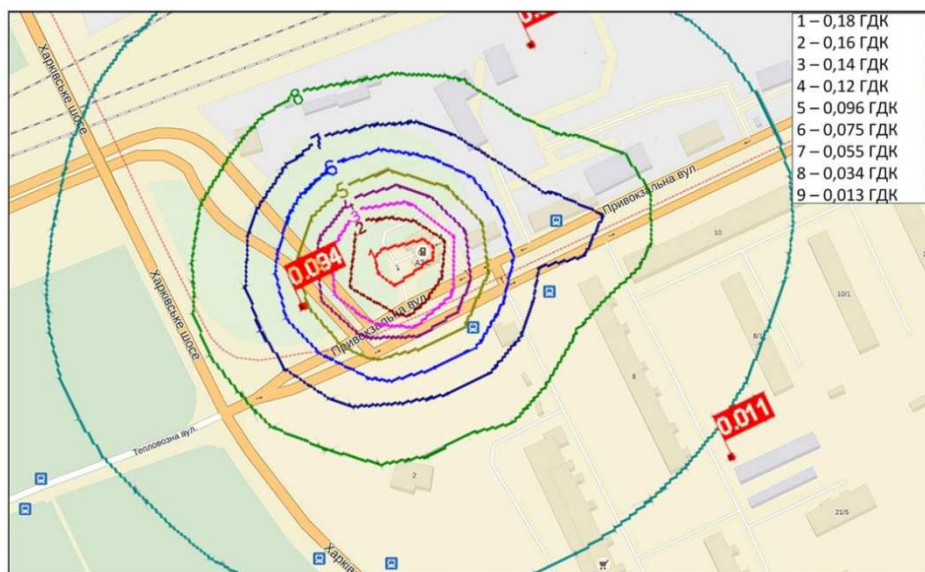
б



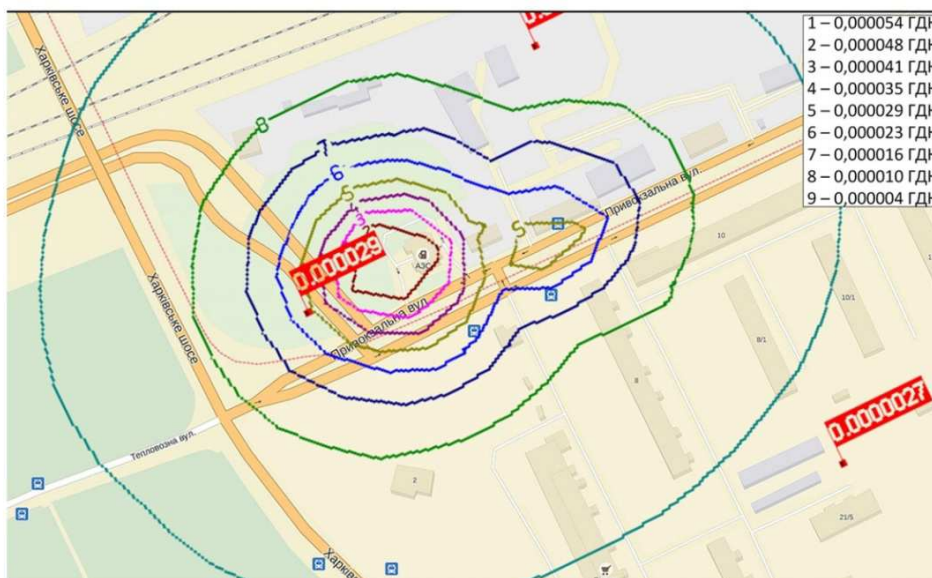
В



Г



Д



е

Рис. 2.6 Карта розсіювання забруднюючих речовин в районі АЗС по вул. Привокзальній ,1-А: а) для бутан (402), б) для метан (410), в) для пропан (10304), г) для етан (10305), д) для бензин (2704), е) для вуглеводні насичені $C_{12}-C_{19}$ (розчинник РПК-26611 і ін.)

Даний розрахунок надає можливість визначити зони максимальних значень концентрацій, а також визначити чи потрапляють до них житлові забудови.

2.5 Порівняння розрахункових та вимірних на місцевості значень концентрацій забруднюючих речовин

Для оцінки достовірності отриманих результатів в роботі проведено порівняння розрахункових та вимірних на місцевості значень концентрацій бензину.

Для побудови розрахункових розсіювань приземних концентрацій бензину використано параметри однієї АЗС. Для порівняння використано дані вимірювань концентрацій забруднюючих речовин на місцевості, які проводилися вздовж напрямку вітру з кроком 50 м, з відповідністю методики спостереження за забрудненням атмосфери міста РД 52.04.186-89 [75]. Дата та час вимірювань синхронізовані.

Порівняння розрахункових та вимірних на місцевості значень концентрацій бензину без урахування та з урахуванням рози вітрів.

Виміряні та розрахункові значення приземних концентрацій бензину (без урахування та з урахуванням рози вітрів), а також відносне відхилення розрахункових значень приземних концентрацій відносно виміряних приведені в табл. 2.8.

Розрахункові значення концентрацій бензину отримані для точок на відстані до 300 м від джерела в західному напрямку без врахування та з врахуванням рози вітрів.

Таблиця 2.8

Розрахункові та виміряні значення концентрацій бензину

Відстань, м	Виміряні значення приземних концентрацій бензину, мг/м ³	Без урахування рози вітрів		З урахуванням рози вітрів	
		Розрахункові значення приземних концентрацій бензину, мг/м ³	Відносне відхилення, %	Розрахункові значення приземних концентрацій бензину, мг/м ³	Відносне відхилення, %
0	1,18	1,019	24,52	1,12	5,08
50	0,78	0,56	28,17	0,79	1,15
100	0,41	0,296	27,83	0,428	4,32
150	0,24	0,17	29,02	0,255	6,28
200	0,14	0,106	24,46	0,147	4,91
250	0,08	0,061	31,15	0,082	2,49
300	0,04	0,03	26,1	0,038	4,87

Проведені дослідження показали, що відносна похибка визначення приземних концентрацій викидів бензину відносно виміряних значень без урахування рози вітрів в атмосфері досягає 30 %.

Відносна похибка визначення приземних концентрацій викидів бензину відносно виміряних значень з урахуванням рози вітрів не перевищує 10 %.

Висновки до розділу 2

1. Для дослідження розсіювання концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі обґрунтовано вибір методики ОНД-86. Методика є нормативною на території України, має потенціал вдосконалення, і дозволяє

розраховувати концентрації шкідливих домішок в вертикальному та горизонтальному перерізі складу викидів на рівні від двох метрів від землі.

2. Проведено розрахунки та представлені дані щодо розсіювання концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих викидів АЗС в залежності від швидкості вітру, по висоті для всіх напрямків вітру.

3. Встановлено, що зі збільшенням швидкості вітру спостерігається збільшення протяжності зони забруднення та зменшення точки максимуму приземної концентрації та її переміщення на більшу відстань від джерела забруднення, зменшення значень приземних концентрацій.

4. Встановлено, що зменшення концентрацій по висоті відбувається в шарі на рівні 24 м. Отже до цієї відстані АЗС здійснює однакову дію на багатоповерхові забудови.

5. Показано, що розрахунок приземних концентрацій викидів АЗС без врахування рози вітрів призводять до отримання недостовірної інформації. Вдосконалено модель розсіювання викидів АЗС шляхом врахування напрямків рози вітрів, що забезпечило зменшення похибки розрахунку їх приземних концентрацій на відстані до 300 м від джерел викидів. Методика ОНД-86 доповнена програмним блоком, який враховує повторюваність напрямків вітрів для конкретної місцевості. В результаті порівняння вимірних концентрацій та розрахункових значень, встановлено, що відносна похибка розрахунку приземних концентрацій бензину за базовою методикою досягає 30%, а за вдосконаленою не перевищує 10 %.

6. Нанесення зон кривих розсіювання на карту місцевості дозволяє визначити зони максимальних значень концентрацій, а також визначити чи потрапляють до них житлові забудови, тобто оцінити екологічний стан місцевості.

РОЗДІЛ 3

ВДОСКОНАЛЕННЯ ОСНОВНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУМ'ЯНО-ІОНІЗАЦІЙНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА

3.1 Основні напрямки по розробці автоматичних газоаналізаторів для визначення вуглеводнів в атмосферному повітрі (за вирахуванням метану) на основі полум'яно – іонізаційного методу

Результат вивчення фізичних методів і приладів для вимірювання вуглеводнів в атмосферному повітрі, який наведений в аналітичному огляді – Розділ 1 показав, що найбільш перспективним і економічно вигідним методом для високоточного і чутливого вимірювання мікроконцентрацій вуглеводнів в повітрі є полум'яно-іонізаційний метод.

Типовий полум'яно – іонізаційний газоаналізатор вуглеводнів включає в себе наступні функціональні вузли: пристрої газопостачання (водню і повітря для горіння), пристрої введення аналізованого повітря, пристрої регулювання і стабілізації газових потоків, полум'яно-іонізаційний детектор, електронний блок з електрометричним підсилювачем. Відмінність між окремими типами газоаналізаторів полягають у їх схемних і конструктивних рішеннях, а отже, і в параметрах їх окремих функціональних вузлів і приладів в цілому. Особливістю газоаналізаторів, призначених для аналізу атмосферного повітря, є необхідність вимірювань мікроконцентрацій органічних речовин при безперервно змінних атмосферних умовах. При цьому головною умовою ефективного використання безперервно діючого газоаналізатора слід вважати високу конструктивну та експлуатаційну метрологічну надійність при достатньому рівні точності показань.

Рівень технічних характеристик газоаналізаторів вуглеводнів визначається в основному наступними факторами:

1. Конструкцією полум'яно-іонізаційного детектора;
2. Параметрами вимірювальної схеми приладу і якістю електрометричного підсилювача;
3. Функціональними можливостями і параметрами газової схеми приладу.

На основі теоретичних досліджень і розрахунків проведено вибір напрямку робіт з вдосконалення основних функціональних вузлів і обґрунтована принципова вимірювальна схема розробленого газоаналізатора підвищеної точності і чутливості.

Полум'яно-іонізаційного детектор має саму високу чутливість (близько 10^{-9} – 10^{-12} г/с) і лінійність (близько 10^7 - 10^8) по відношенню до всіх органічних речовин [76, 77]. Чутливість ПД зазвичай характеризується його іонізаційною ефективністю, яка не залежить від якості вимірювальної схеми:

$$E = \frac{q}{9,65 \cdot 10^4}, \quad (3.1)$$

Де E – іонізаційна ефективність;

q – сумарний заряд в кулонах, отриманий при проходженні через детектор 1 моля досліджуваної речовини;

$9,65 \cdot 10^4$ К – заряд, котрий може бути отриманий при повній іонізації 1 моля речовини.

Для ПД, $E=10^{-5}$ - 10^{-6} . Не дивлячись на досить низьку іонізаційну ефективність ПД володіє високою чутливістю в зв'язку з низьким фоновим струмом в порівнянні з іншими іонізаційними методами (не більше $2 \cdot 10^{-11}$ А).

3.1.1 Вплив конструкції полум'яно-іонізаційного детектора на його характеристики

Аналіз атмосферного повітря пов'язаний з визначенням мікроконцентрацій вуглеводнів (нижній діапазон 0- 0,72 мг/м³). При цьому пред'являються підвищення вимоги до метрологічних характеристик полум'яно-іонізаційного детектора, які значною мірою визначаються конструкцією детектора.

Конструкція ПД містять такі основні елементи: корпус, пальник, електроди, ізолятори, входи повітря, водню і аналізованого газу, пристрій для підпалу полум'я. До електродів прикладається поляризуюча, постійна напруга $U= 100$ - 300 В для отримання сигналу детектора.

Завдання датчика: надати носіям заряду спрямований рух таким чином, щоб повніше зібрати їх на електродах, зменшити їх рекомбінацію, не допустити втрати зарядів за рахунок попадання їх на корпус.

Чутливість полум'яно-іонізаційного детектора в значній мірі визначається формою і розташуванням електродів. Більшість конструкцій використовують пальник в якості одного з електродів. У цьому випадку другий електрод розташовується над полум'ям пальника і має форму кільця, диска, циліндра або конуса, виконаний або з суцільного матеріалу, або з сітки.

Застосування колекторного електрода у формі циліндра або усіченого конуса вимагає значно меншої напруги для одержання струму насичення, ніж при колекторі який має форму кільця або диска, що застосовувалися в ранніх конструкціях. Напруга насичення при цьому значно зменшується. Зменшення величини напруги насичення для циліндричних і конусоподібних електродів пояснюється збільшенням ефективної площі збираючої поверхні, зменшенням втрат електродів за рахунок їх попадання корпус. Крім того, електрод циліндричної форми можна розташувати ближче до пальника, а отже до зони реакції. Для плоских електродів, розташовуваних над полум'ям, ця відстань обмежена висотою полум'я. Перевагою таких колекторних електродів є також сприятливий вплив на потік газу і стабільність полум'я. При використанні плоских і дископодібних електродів вихроутворення підіймаючогося газу на електроді дієoberнено на полум'я і воно горить неспокійно. Це сприяє появі додаткових шумів. При використанні циліндричних і конусоподібних електродів створюється сприятливий ламінарний потік газів, що в свою чергу забезпечує стабільність полум'я. При цьому також забезпечується хороша вентиляція. Перевагою таких електродів є також найбільш висока механічна стійкість. Крім того, такі електроди найменш схильні нагріванню під дією полум'я, що зменшує фоновий шум.

Таким чином можна зробити висновок, що колекторні електроди які виконані в формі циліндра, конуса або кола конструктивно забезпечують підвищену чутливість і зменшення фонового шуму. Діаметр циліндричного електрода зазвичай складає 6-8 мм.

Конструкція полум'яно-іонізаційного детектора з симетричним розміщенням електродів відносно полум'я, не забезпечує високої чутливості ПД,

так як в цьому випадку має місце суттєва втрата заряду за рахунок можливої рекомбінації іонів і попадання їх на корпус.

Чутливість полум'яно-іонізаційного детектора в значній мірі залежить від режиму газових потоків, що формують полум'я. Полум'я має бути стабільним, ламінарним, дифузійним. При цьому певні вимоги накладаються на конструкцію пальника. Сопло пальника виготовляється з тугоплавкого і корозійностійкого матеріалу. Вихідний отвір сопла зазвичай виконується не плоским, а загостреним. Це дозволяє зменшити відвід тепла від полум'я і отримати стабільне полум'я. Важливим параметром сопла пальника є його внутрішній діаметр, який зазвичай вибирають в межах 0,3-0,8мм. Пальники, що мають велику площу полум'я, мають підвищену чутливість до високих концентрацій вуглеводнів, при цьому збільшується шум і тим самим зменшується чутливість до низьких концентрацій.

3.2 Теоретичний розрахунок основних метрологічних характеристик полум'яно- іонізаційного детектору

До основних метрологічних характеристик полум'яно-іонізаційного детектору варто віднести чутливість, значення граничної чутливості, лінійний діапазон перетворення детектора, величину фонового струму і рівень флуктуаційних шумів [78].

3.2.1 Чутливість полум'яно-іонізаційного детектора

Полум'яно- іонізаційний детектор є потоковим і реагує на кількість речовини, що надходить в детектор в одиницю часу. Кількість струму, що утворюється при іонізації, прямо пропорційно кількості органічної речовини, що надходить до водневого полум'я пальника:

$$I_S = S \cdot G, [A] \quad (3.2)$$

де: S – постійна детектора, що характеризує чутливість ПД, А/мг/с;

G – потік речовини через детектор, г/с.

Чутливість ПД характеризується іонізаційною ефективністю методу, яка є абсолютною характеристикою і не залежить від якостей вимірювальної схеми. Чутливість визначається струмом I_S , що виникає в детекторі при проходженні

через нього одиниці потоку речовини – концентрації випаровувань газу (сумарних вуглеводні). Вона має величину струму, що утворюється в детекторі при внесенні одиниці маси речовини, і може бути виражена в кулонах на міліграм (масова чи вагова чутливість) або в кулонах на моль (молярна чутливість).

Молярна чутливість ПДА пропорційна числу атомів вуглецю в молекулі вуглецю. Масову чутливість з деяким наближенням можна вважати величиною постійною.

Зв'язок між потоком органічної речовини і потоком насичення може бути визначений:

$$I_s = e \left(\frac{dN}{dt} \right) = \frac{eEAn}{M} G, [A] \quad (3.3)$$

де e – заряд електрона ($-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл);

(dN/dt) – число пар іонів на 1см^3 за 1 сек;

E – коефіцієнт ефективності іонізації органічних молекул в полум'ї водню (10^{-5} - 10^{-6});

A – число Авогадро ($6,23 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$);

G – потік органічних речовин, г/с;

M – молекулярна вага речовини, г/моль;

n – число атомів вуглецю в молекулі.

З формули (3.2) і (3.3) випливає, що чутливість ПД можна визначити :

$$S = \frac{eEAn}{M}, \left[\frac{A}{\text{мг} / \text{с}} \right] \quad (3.4)$$

Оскільки масова чутливість наближено вважається постійною, то ця величина зазвичай розраховується по одній контрольній речовині, прийнятій за еквівалент. Розрахунок виконаний по метану (CH_4).

Граничні значення чутливості визначаються величиною E , яка може приймати значення від 10^{-5} до 10^{-6} для різних конструкцій детекторів і режимів роботи.

Чутливість розрахована за формулою (3.4) має значення:

$$S = 6,23 \cdot 10^{-5} [A/\text{мг}/\text{с}] \text{ для значення } E = 10^{-5},$$

$$S = 6,23 \cdot 10^{-6} [A/\text{мг}/\text{с}] \text{ для значення } E = 10^{-6},$$

3.2.2 Гранична чутливість і рівень флуктуаційних шумів

Розробляємий мною газоаналізатор призначений для аналізу мікроконцентрацій вуглеводнів в атмосферному повітрі. Нижній діапазон виміру 0- 0,72 мг/м³. При цьому основною метрологічною характеристикою є гранична чутливість.

Поріг чутливості характеризується мінімальною кількістю речовини $g_{\min}$, на яку реагує прилад і зазвичай визначається [79]:

$$g_{\min} = \frac{2\delta}{S}, [\text{мг/с}] \quad (3.5)$$

де δ – рівень флуктуаційних шумів, А;

S – чутливість, А/мг/с.

Практично досяжний поріг чутливості складає 0,0072 мг/м³ по метану. Виразимо цю кількість у вагових одиницях:

$$g = 1 \cdot 10^{-6} C_0 \cdot Q \quad (3.6)$$

де C_0 – концентрація контрольної речовини, мг/м³;

Q – об'ємна витрата контрольної речовини, мл/с;

Приймаючи об'ємну витрату аналізованого газу що дорівнює 60 мл/хв (1 мл/с) розраховуємо для метану:

$$g_{\min} = 7,2 \cdot 10^{-9}, \text{ мг/с} \quad (3.7)$$

Величина порогу чутливості визначається чутливістю приладу і рівнем флуктуаційних шумів.

Рівень флуктуаційних шумів визначається конструкцією детектора і газовим режимом роботи.

Збільшення чутливості детектору за рахунок підвищення температури полум'я і збільшення його площі викликає збільшення флуктуаційних шумів і тим самим підвищення порогу чутливості.

Шуми ПІДа визначаються також якістю вимірюваної схеми приладу. Це пояснюється тим, що підсилювачі і реєстратори мають свої шуми. Величина шуму залежить також від постійних часу детектора і вимірюваної схеми приладу.

Рівень флуктуаційних шумів для ПІД знаходиться в межах $(2 \div 5) \cdot 10^{-14}$ А.

Задаючись певним допустимим рівнем флуктуаційних шумів і мінімальним порогом чутливості можна розрахувати оптимальну чутливість детектора.

При $\delta=5 \cdot 10^{-14} \text{ А}$ і $g_{\min}=7,2 \cdot 10^{-9} \text{ мг/с}$ ($0,0072 \text{ мг/м}^3$ по метану) чутливість по метану повинна бути:

$$S = \frac{10 \cdot 10^{-14} \text{ А}}{7,2 \cdot 10^{-9} \text{ мг/с}} = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ А/мг/с} \quad (3.8)$$

При більш низькому рівні флуктуаційних шумів такий же поріг чутливості може бути досягнутий і при більш низькій чутливості детектора.

3.2.3 Лінійний динамічний діапазон

Точність кількості аналізу багато в чому визначається формою залежності між концентрацією і сигналом детектора. Чим ближче ця залежність до лінійної, тим точніше аналіз.

Лінійний діапазон характеризується відношенням найбільшої концентрації до найменшої, між яким розташована область лінійних показань детектора.

$$R = \frac{g_{\max}}{g_{\min}} \quad (3.9)$$

Для полум'яно іонізаційного детектора лінійний динамічний діапазон (ЛДД) лежить в межах $10^7 - 10^8$.

3.2.4 Фоновий струм

Фоновий струм полум'яно-іонізаційного детектора визначається як іонний струм насичення, що протікає між електродами детектора при горінні чистого водню і відсутності аналізуемого газу. Іоноутворення у водневому полум'я викликано іонізацією домішок, що містяться у водні і в повітрі, що надходить в детектор для горіння, а також рівноважної термічної іонізації самого водню.

Експериментально встановлено, що фоновий іонний струм в області робочих режимів полум'яно-іонізаційного детектора росте пропорційно витраті водню і, що нахил цієї залежності визначається ступенем очищення водню.

Величина фонового струму полум'яно-іонізаційного детектора знаходиться в межах $10^{-12} - 10^{-11} \text{ А}$.

Зменшення величини фонового струму досягається застосуванням високочистих по вуглеводням газів, що формують полум'я. Зменшення фонового

струму дозволяє поліпшити граничну чутливість детектора. Максимально допустима величина фонового струму - $2 \cdot 10^{-11}$ А.

3.3 Розрахунок вихідного сигналу детектора

Діапазони вимірювання газоаналізатора, що розробляється повинні бути: 0 - 0,72 мг/м³, 0 - 7,2 мг/м³, 0 - 36 мг/м³ [80, 81].

Розрахунок вихідного сигналу за струмом проводимо за формулою 3.1, виходячи з оптимальної розрахункової чутливості $S = 1,4 \cdot 10^{-11}$ А/мг/с по метану. Характеристику перетворення сигналу вважаємо лінійної на всіх діапазонах вимірювання. В табл. 3.1 наведені залежності вихідних сигналів ПД від об'ємної концентрації метану в аналізованому повітрі АЗС.

Таблиця 3.1

Таблиця залежності вихідних сигналів полум'яно-іонізаційного детектора від об'ємної концентрації метану в аналізованому повітрі

Концентрація CH ₄ в повітрі, мг/м ³	Вагова концентрація G, мг/с	Вихідний сигнал $\sim I_s$, А
0,01	$7,2 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-13}$
0,1	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-12}$
0,5	$3,6 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-12}$
1,0	$7,2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-11}$
5,0	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-11}$
10,0	$7,2 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-10}$
30,0	$2,16 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-10}$
50,0	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-10}$

Вихідний сигнал ПД пропорційний кількості атомів вуглецю в молекулі вуглеводню. Вважаючи масову чутливість, постійної можна розрахувати залежність вихідного сигналу від об'ємної концентрації для будь-якого вуглеводню метанового ряду.

Проведений теоретичний розрахунок дозволяє сформулювати технічні вимоги до основних метрологічних характеристик полум'яно-іонізаційного детектора газоаналізатора, що розробляється.

Технічні вимоги:

1. Чутливість не менше - $1,4 \cdot 10^{-5}$ А/мг/с;
2. гранична чутливість (по метану) не більше - $0,0072$ мг/м³ ($7,2 \cdot 10^{-9}$ мг/с);
3. Рівень флуктуаційних шумів не більш - $5 \cdot 10^{-14}$ А;
4. Початковий фоновий струм не більше - $2 \cdot 10^{-11}$ А;
5. Вхідні і вихідні сигнали повинні відповідати для діапазонів:

0- $0,72$ мг/м ³	– $0 \cdot 10^{-11}$ А;
0- $7,2$ мг/м ³	– $0 \cdot 10^{-10}$ А;
0 - 36 мг/м ³	– $0 \cdot 5 \cdot 10^{-10}$ А.

3.4 Вибір режиму роботи газоаналізатора

До основних технічних параметрів ПІ газоаналізатора відносяться:

1. Чутливість;
2. Гранична чутливість;
3. Рівень флуктуаційних шумів;
4. Величина фоновому струму і дрейф нульового сигналу.
5. Вплив зміни неінформаційних параметрів на значення вихідного сигналу.

Характеристики газоаналізатора в першу чергу визначаються метрологічними параметрами полум'яно-іонізаційного детектора, які в свою чергу залежать від конструкції детектора і газового режиму його роботи. Напруга живлення ПІ детектора зазвичай вибирається в області насичення струму іонізації і зміна його в допустимих межах зазвичай не впливає на зміну характеристик.

Найважливішою метрологічною характеристикою газоаналізатора, що визначає його вимірювальні можливості, є чутливість S , а для приладу, призначеного для вимірювання мікроконцентрації речовин (яким є розробляємий) - його гранична чутливість ($g_{\min}$).

Чутливість ПІ газоаналізатора вуглеводню визначається як границя відношення приросту вихідної величини (струму іонізації) до зміни вхідної величини (кількості органічної речовини в аналізованій пробі). Для лінійного діапазону статичної характеристики перетворення газоаналізатора чутливість зберігає постійне значення і визначається:

$$S = \frac{I}{G}, \left[\frac{A}{\text{мг} / \text{с}} \right] \quad (3.10)$$

де I – величина струму сигналу, А;

G – кількість органічної речовини в аналізованій пробі, мг/с .

Чутливість газоаналізатора визначається в процесі побудови градуювальної характеристики в лінійній області і характеризується тангенсом кута нахилу градуювальної характеристики до осі абсцисс .

Гранична чутливості $g_{\min}$ характеризується мінімальною кількістю речовини, на яку реагує газоаналізаторі зазвичай визначається за формулою (3.5).

Рівень флуктуаційних шумів газоаналізатора визначається величиною шуму полум'яно-іонізаційного детектора і величиною шуму, що вноситься підсилювачем і реєстратором сигналів. Рівень шумів залежить також від постійних часу детектора і вимірювальної схеми приладу. Рівень флуктуаційних шумів зазвичай визначається як максимальний розмах короткоперіодних систематично повторюваних коливань значення нульового сигналу.

Дрейф нульового сигналу для ПІ газоаналізатора визначається, в основному, дрейфом нуля електричного підсилювача, а також зміною величини фоновому струму ПІ детектора в процесі роботи, що викликається зміною стану аналізованого газу і газів, що утворюють полум'я. Важливими параметрами приладу є стабільність і відтворюваність результатів вимірювання, яка залежить від впливу різних неінформативних параметрів на зміну значення вихідного сигналу.

Чутливість ПІД може змінюватися внаслідок порушення режимів роботи, в результаті зміни температури, атмосферного тиску і вологості навколишнього середовища, внаслідок прояву сорбційних ефектів в газових каналах або їх забруднення [82].

Визначення впливу всіх цих факторів на чутливість ПІД проведено нижче. На стадії досліджень було вивчено вплив зміни режимів роботи на величину вихідного сигналу ПІД аналізатора.

3.5 Експериментальні дослідження впливу зміни режимів роботи газових потоків на величину вихідного сигналу ПД

Технічні характеристики газоаналізатора значною мірою залежать від номінальних значень витрат газів та їх стабілізації [83]. Газовий режим повинен бути обраний таким, щоб забезпечити максимальну чутливість полум'яно-іонізаційного детектора, (що особливо важливо для підсилювача газоаналізатора) у поєднанні з низьким рівнем шуму і величиною фоновому струму для досягнення мінімальної граничної чутливості, що забезпечує вимір в діапазоні $0,72 \text{ мг/м}^3$ (рис. 3.1). При проведенні експериментальних робіт в якості електрометричного підсилювача використовувався серійний електрометричний вольтметр ВК2-16, що має діапазон, вимірюваних постійних струмів обох полюсів від 2×10^{-16} до 3×10^{-7} А. Основна похибка при вимірюванні струму $\pm 10\%$ дрейф нуля 240 мкВ за 24 години. Для реєстрації показань використовувався самописний потенціометр КСП-4.

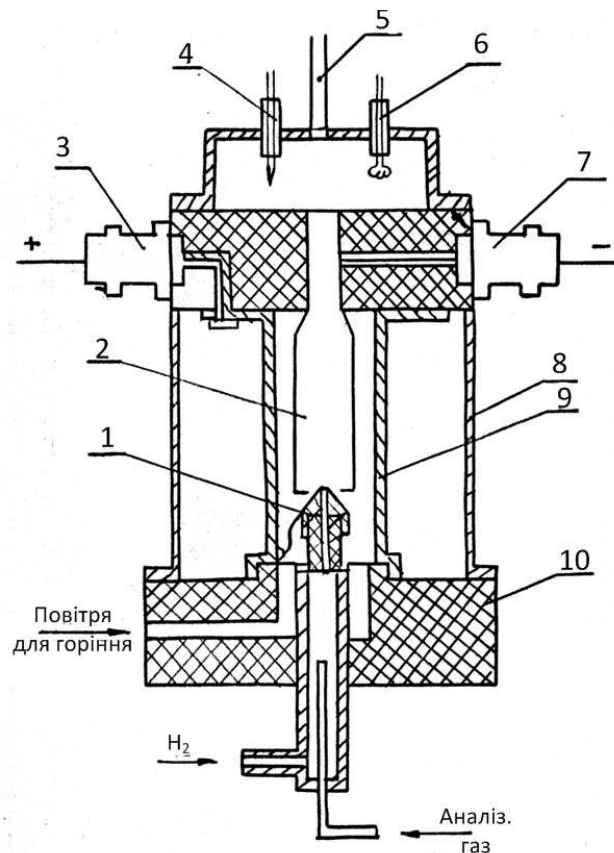


Рис. 3.1 Полум'яно-іонізаційний детектор

1 – пальник, 2 – колектор, 3,7 - вихід, 4 – термопара, 5 – вихлоп, 6 – підпалювач, 8 – корпус, 9 – циліндр, 10 – основа.

З метою вибору оптимального режиму роботи газоаналізатора були досліджені залежності величини струму сигналу від витрати водню, повітря для горіння і аналізованого повітря. Експериментальні дослідження проводилися також з метою перевірки компенсаційних характеристик диференціальної схеми аналізатора.

На рис. 3.2 показана залежність величини фоновому струму від витрати водню для обох детекторів (ПД 1 і ПД 2). На графіку видно, що зі збільшенням витрати водню фоновий струм збільшується, причому різке збільшення струму спостерігається при витраті водню понад 50 мл/хв. У цій області спостерігається також збільшення розкомпенсація фонових струмів для обох детекторів.

Оптимальна витрата водню - 40 мл/хв. При цьому абсолютною величиною фоновому струму $1 \cdot 10^{-11}$ А відповідає струм різниці - $1 \cdot 10^{-12}$ А.

Рекомендована відношення водню і повітря на горіння для вітчизняних серійних конструкцій ПД становить 1:10.

Відносно велика витрата повітря викликає нестабільність полум'я, що сприяє збільшенню шумів. Дослідження залежності фоновому струму від витрати повітря для типової конструкції ПД (рисунок 3.1) показало, що оптимальне співвідношення витрат водню і повітря становить 1:5. Подальше збільшення витрати повітря незначно впливає на величину фоновому струму і чутливості, але збільшується шум детектора.

Оптимальна витрата повітря на горіння при витраті водню 40 мл/хв становить 200 мл/хв.

На рис. 3.3 наведено залежності величини струму сигналу від витрати аналізованого повітря при постійній витраті водню (для різних його значень). Аналізований газ - атмосферне повітря, що задається в балон компресором безпосередньо з атмосфери. Вміст вуглеводнів в пробі $3,46 \text{ мг/м}^3$. За даними газохроматографічного аналізу концентрація метану в пробі становить 90% від загальної суми вуглеводнів. З графіків видно, що максимальна чутливість отримана при співвідношенні водню і аналізованого газу 1:1,5. При такому співвідношенні можна виділити ділянку в області максимуму, де спостерігається мінімальна залежність струму сигналу при зміні витрати проби в межах 5% від

оптимального значення. При цьому маються на увазі допустимі зміни витрати в часі, а не його короткочасні коливання, які викликають нестабільність полум'я і збільшення флуктуаційних шумів. Для витрати водню 40 мл/хв оптимальна витрата аналізованого повітря становить 60 мл/хв.

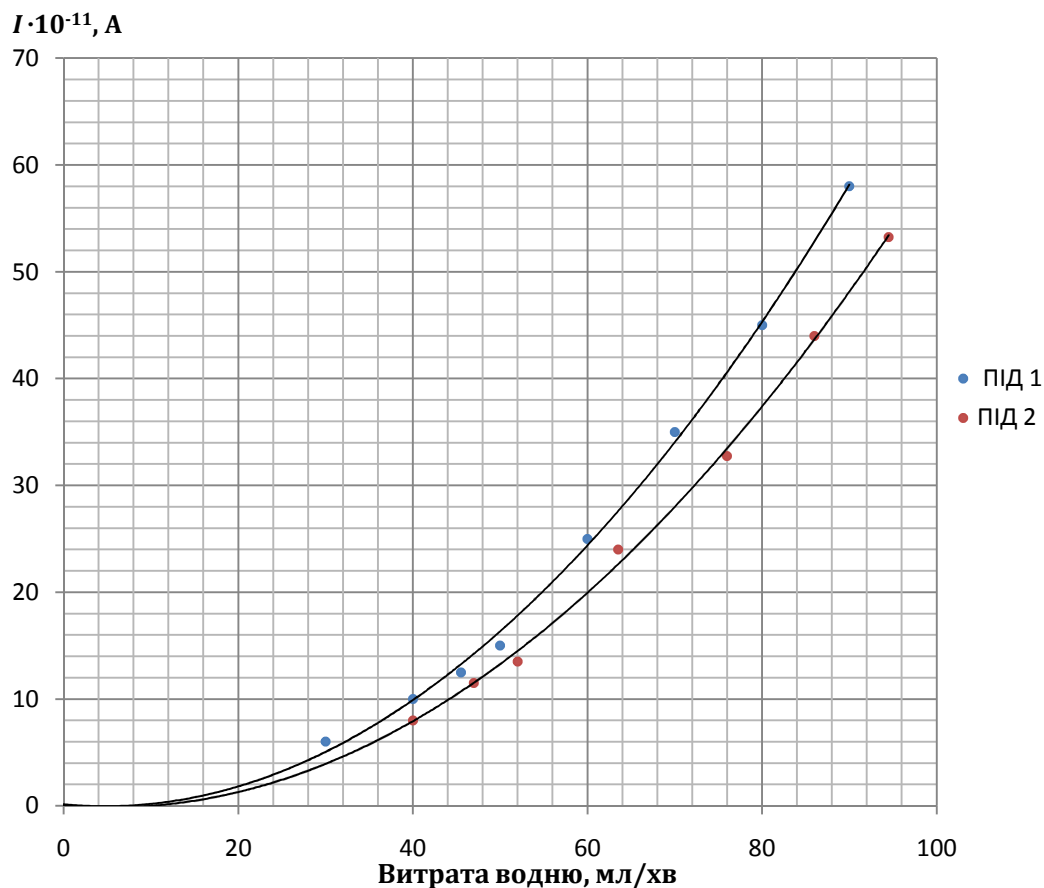


Рис. 3.2 Залежність фонового струму від витрати водню (витрата повітря на горіння 200 мл/хв).

На рис. 3.4 приведений графік залежності струму сигналу від витрати водню при постійній витраті аналізованого повітря (для різних його значень). Зміна витрати водню на 1 мл/хв. Викликає зміну струму сигналу на 3%.

Досліджені залежності дозволяють вибрати оптимальний режим роботи газоаналізатора, а також визначити рівень динамічних похибок, що виникають за рахунок нестабільності витрат газів і розрахувати допустимі межі їх коливань.

Рівність чутливості обох детекторів в значній степені визначається рівністю газових потоків на обидві комірки. Допустимі коливання витрат водню повинні бути не більше $\pm 1\%$, аналізованого повітря і повітря на горіння не більше $\pm 2\%$. Розкомпенсація по чутливості обох детекторів при цьому не більше 1%.

На основі вивчення залежності був обраний оптимальний газовий режим полум'яно-іонізаційного детектора:

- витрати водню – 40 мл/хв.
- витрата повітря для горіння – 200 мл/хв.
- витрата аналізуючого повітря – 60 мл/хв.

Температура термостату детектора підтримувалась постійною і складала $70^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

На рис. 3.5, 3.6 проведені градувальні характеристики макету газоаналітичної системи (по метану) для діапазону вимірювання: 0-7,2 і 0-32 мг/м^3 .

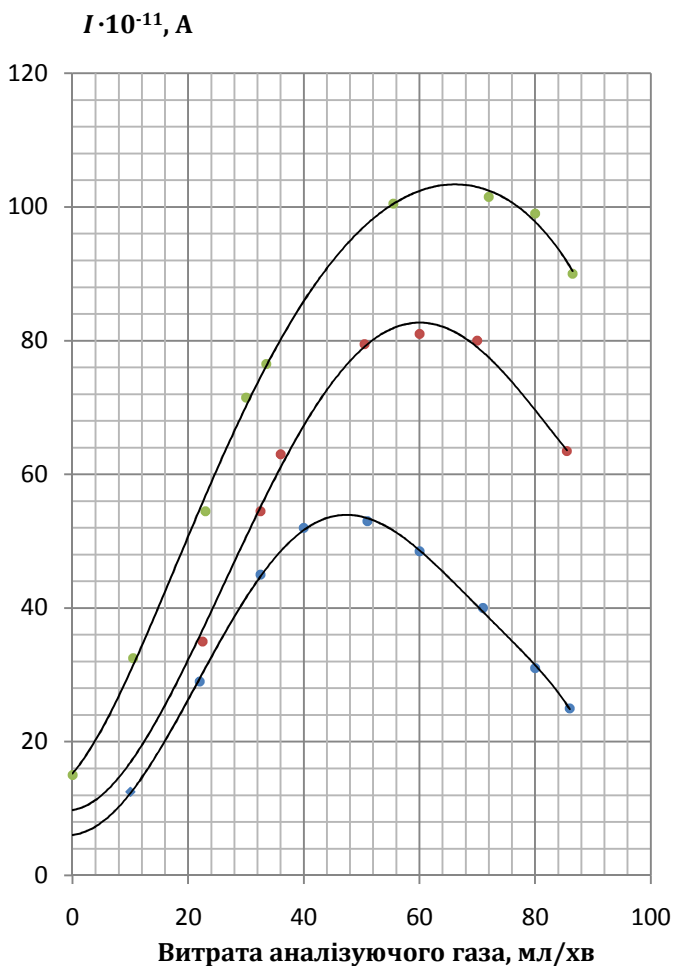


Рис. 3.3 Залежність сигналу від витрати аналізуючого газу

- витрата водню 50 мл/хв.
- витрата водню 40 мл/хв.
- витрата водню 30 мл/хв.

Концентрація метана $C_0 = 2,88 \text{ мг/м}^3$

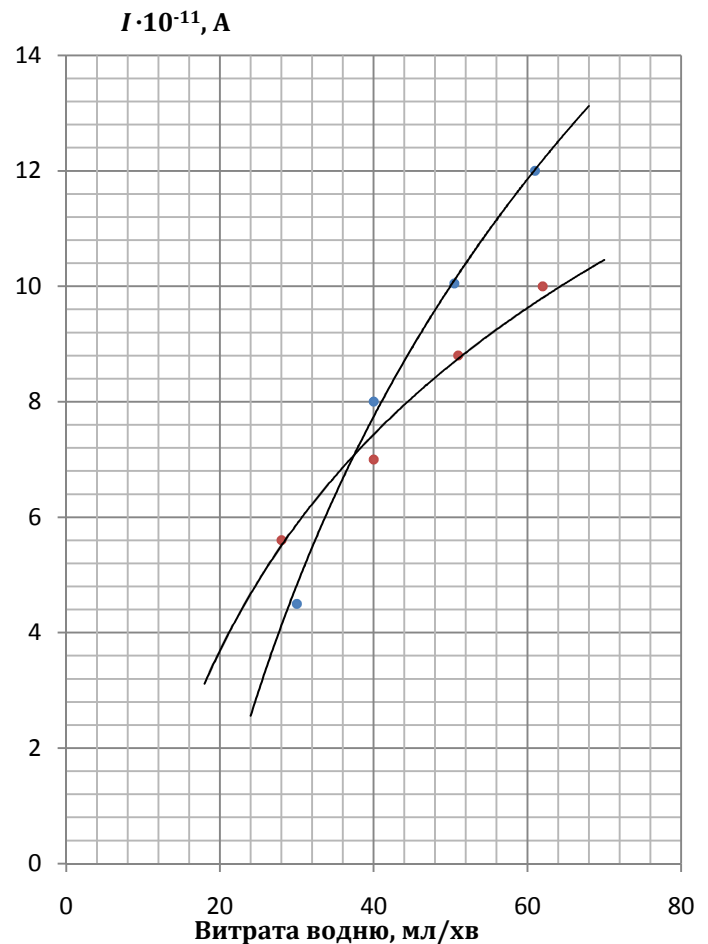


Рис. 3.4 Залежність сигналу від витрати водню

- витрата аналізуючого газу 40 мл/хв.
- витрата аналізуючого газу 60 мл/хв.

Концентрація метана $C_0 = 2,88 \text{ мг/м}^3$

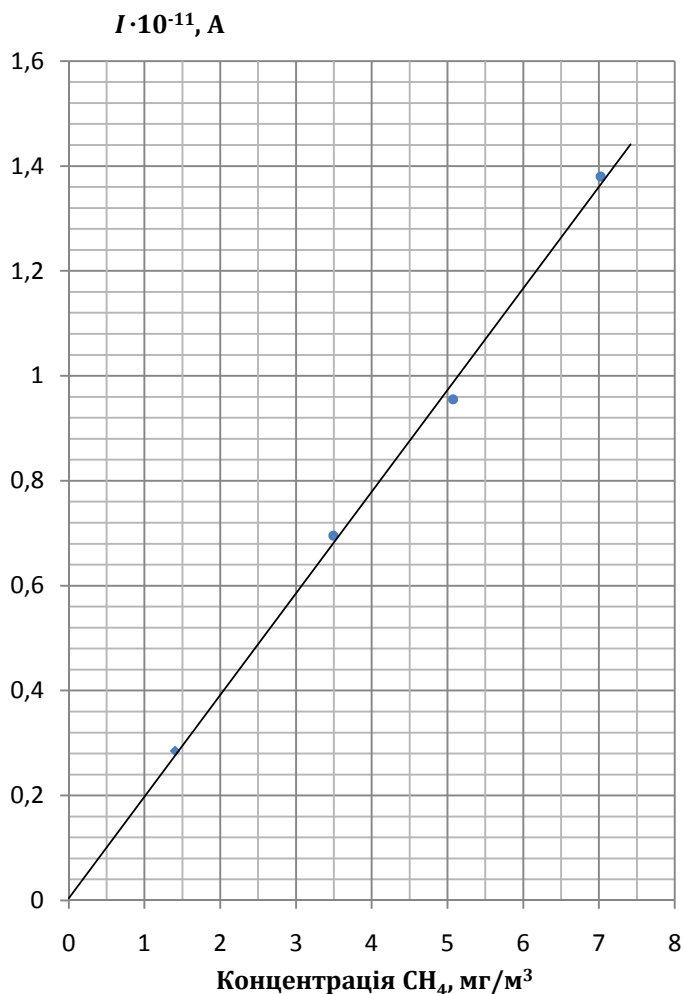


Рис. 3.5 Градууюча характеристика диференційного полум'яно-іонізаційного газоаналізатора вуглеводнів (діапазон 0-7,2 мг/м³ по CH_4)

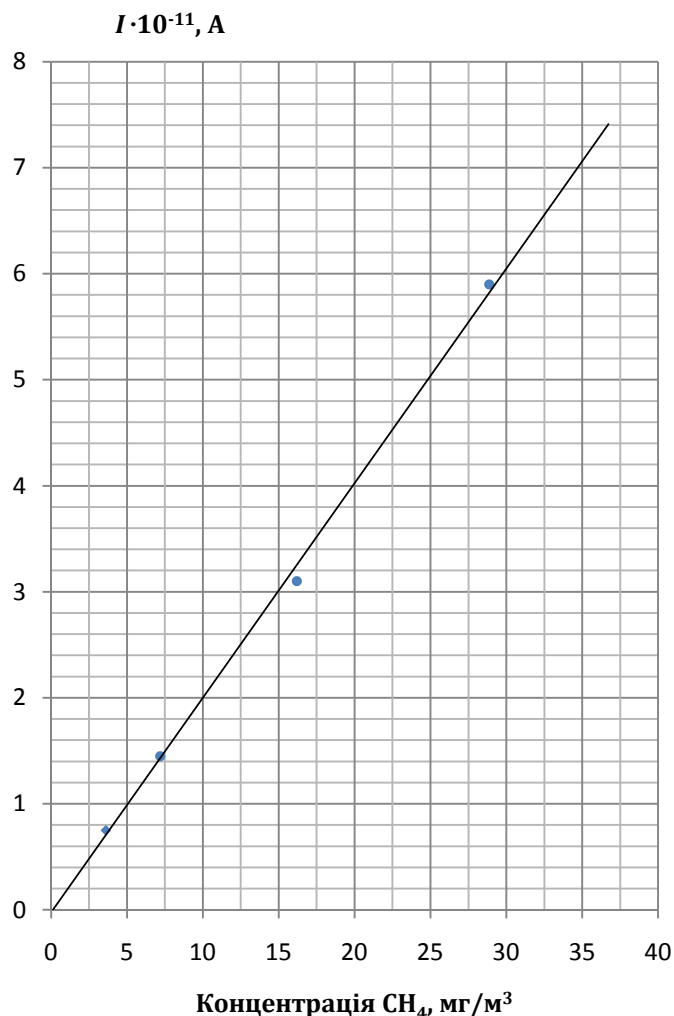


Рис. 3.6 Градууюча характеристика диференційного полум'яно-іонізаційного газоаналізатора вуглеводнів (діапазон 1-32 мг/м³ по CH_4)

При побудові градуювальник характеристик газові суміші в діапазоні 0-7,2 і 0-32 мг/м³ готувалися в звичайних балонах по стандартній методиці. Похибка атестації газових сумішей складає $\pm 3\%$.

Для діапазону 0-0,72 мг/м³ градуювальна характеристика не була побудована. На стадії досліджень не вдалося отримати чистий по органічним домішкам повітря - розчинник, необхідний для приготування газових сумішей в діапазоні 0,72 мг/м³ по стандартній атестованій методиці.

За результатами експериментальних досліджень були визначені технічні характеристики макету газоаналізатора вуглеводню в атмосферному повітрі АЗС, що дозволило сформулювати технічні вимоги до основних характеристик газоаналізатора, що розробляється.

Технічні характеристики макету диференціального полум'яно-іонізаційного газоаналізатора:

- чутливість – $2 \cdot 10^{-5}$ А/мг/с;
- границя чутливості (по метану) – $5 \cdot 10^{-9}$ мг/с;
- початковий фоновий струм – $1 \cdot 10^{-12}$ А;
- рівень флуктуаційних шумів – $5 \cdot 10^{-14}$ А.

3.6 Дослідження роботи полум'яно-іонізаційного детектора з коаксіальною подачею газів

Основним недоліком полум'яно-іонізаційного детектора із загальною подачею аналізованого і горючих газів (див. рис. 3.1) є залежність вихідного сигналу від зміни об'ємної витрати аналізованого повітря.

З метою усунення подібного явища був сконструйований і випробуваний ПД з коаксіально розташованими каналами подачі газів (рис. 3.7).

Результати експериментів з дослідження впливу зміни витрат газів, які подаються, на сигнал датчика наведені на рис. 3.8. Залежність сигналу детектора від витрати аналізованого повітря має ділянку насичення, що дозволяє вибрати робоче значення витрати, коливання якої в межах похибки пневматичних елементів викликає незначні зміни вихідного струму. Вплив витрати водню на сигнал ПД графічно виражається залежністю на рис. 3.9. Робоче значення витрати водню вибирається з умови отримання високої чутливості і низького рівня шуму.

Залежність сигналу від витрати повітря для горіння має такий же характер, як і в детекторі із загальним каналом водню і проби. Рівень флуктуаційних перешкод детектора коаксіальної конструкції не перевищує $5 \cdot 10^{-14}$ А, чутливість зберігається на рівні $1,25 \cdot 10^{-5}$ А/мг/с, по метану. Розрахунковий поріг чутливості при цьому становить $4 \cdot 10^{-9}$ мг/с.

Особливістю роботи детектора цієї конструкції є те, що максимальному значенню сигналу при аналізі мікрослідів вуглеводнів в атмосфері відповідає визначення співвідношень лінійних швидкостей газової проби і водню, постійне для кожного значення діаметра водневого пальника. Подібна закономірність

зберігається і у відсутності аналізованого повітря, коли проводиться вимірювання початкового фоновому струму і потік водню взаємодіє з повітрям для горіння. По суті, вимірювання аналізованого газу, якщо таким є повітря, і вимір початкового фоновому струму відрізняється в детекторі з коаксіальною подачею газів умовами подачі проби в водневе полум'я. Очевидно, при аналізі навколишнього повітря можна обійтися без повітря для горіння. Експериментально встановлено, що припинення подачі повітря для горіння в зону полум'я майже не впливає на величину корисного сигналу.

Отже, існує можливість створення двогазового полум'яно-іонізаційного детектора для вимірювання мікрослідів вуглеводнево-містких сполук у навколишньому повітрі. Як вже було зазначено, при аналізі подібних сумішей поліпшуються умови іонізації сторонніх домішок, які присутні у газах, що подаються і початковий фоновий струм при цьому зростає.

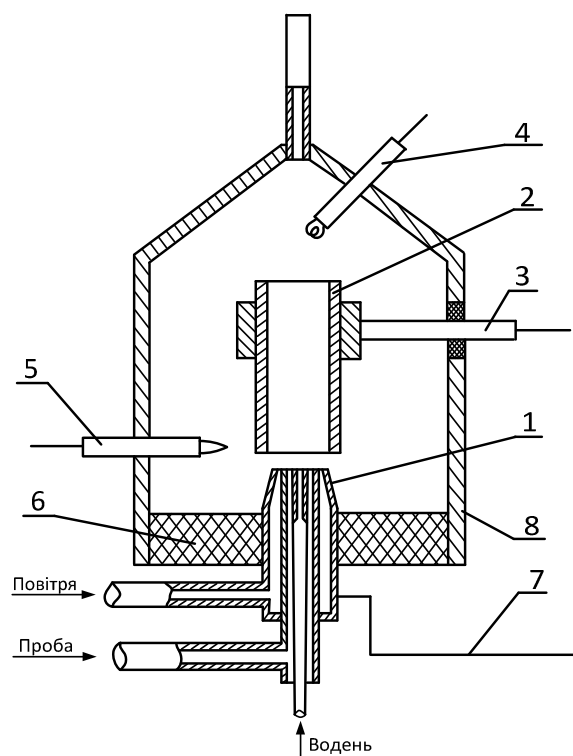
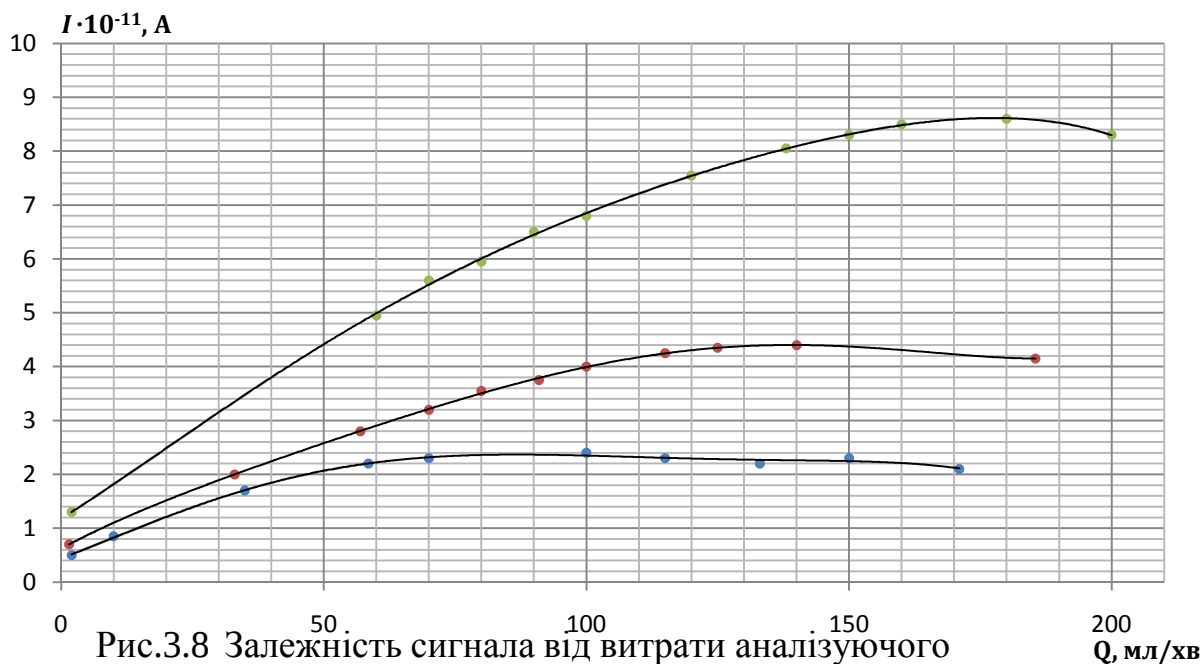
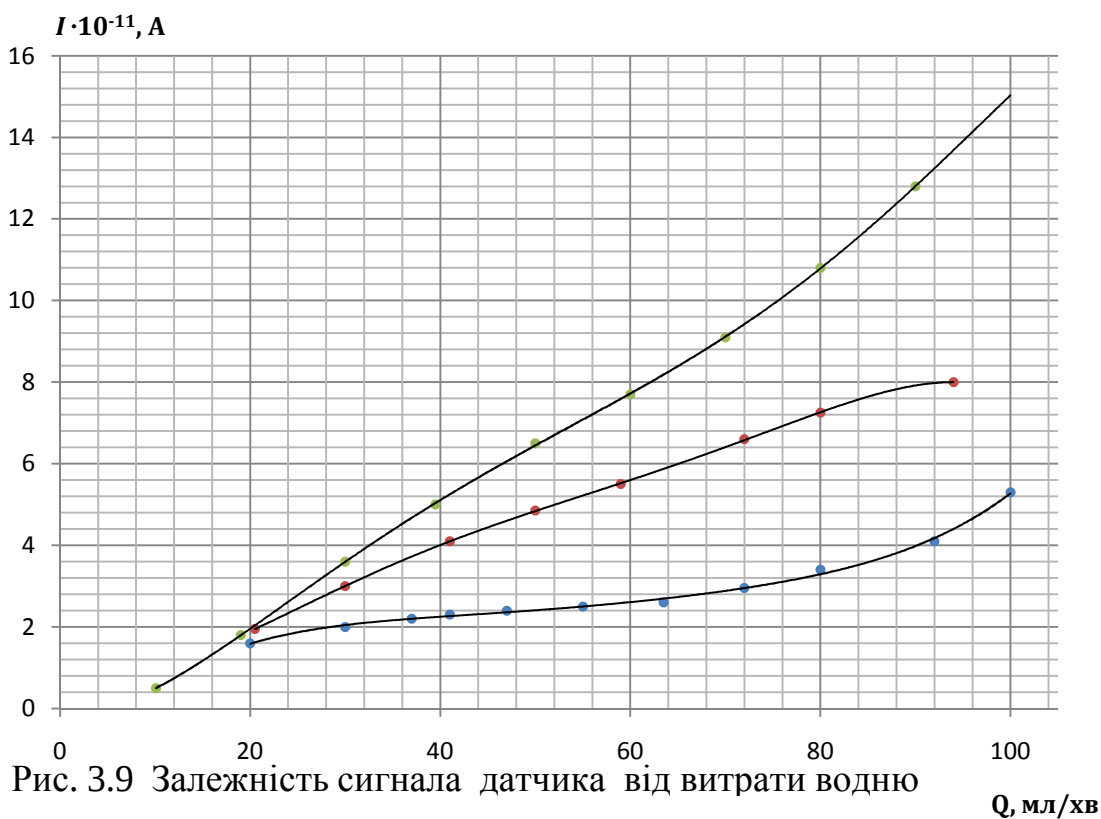


Рис. 3.7 Полум'яно- іонізаційний детектор з коаксіальною подачею газів

1 - вузол пальника; 2 - колектор; 3 - 7 - виводи; 4-пальник; 5 - термопара; 6 - основа; 8 - корпус.



• Q H₂= 20 мл/хв; • Q H₂= 30 мл/хв; • Q H₂= 50 мл/хв;



• Витрата аналізуючого повітря Q_v=34,5 мл/хв;
 • Витрата аналізуючого повітря Q_v=69 мл/хв;
 • Витрата аналізуючого повітря Q_v=80,5 мл/хв;

Величина струму для двогазового детектора вимірюється при подачі в канал пробу очищеного повітря і може перевищувати фоновий сигнал звичайного ППД приблизно в 2 -2,5 рази.

Проте рівень флуктуаційних шумів детектора при цьому не перевищує відповідного значення, одержуваного при аналізі навколишнього повітря за допомогою стандартних ПД.

Крім співвідношення лінійних швидкостей проби водню, чутливість детектора даної конструкції залежить від ступеня наближення аналізованого газу до полум'я. Як показали експерименти, максимальний сигнал детектора отриманий у випадку коли площа кільцевого перерізу каналу аналізованого повітря була найменшою, тобто коли забезпечувалось надійне і найбільш повне потрапляння молекул вуглеводню в зону полум'я. Вузол пальника датчика (рисунок 3.7) влаштований таким чином що водневе сопло омиває потоком аналізуючого газу, а далі по колу розташований канал подачі повітря для горіння. Канал подачі аналізованого газу повинен розташовуватися ближче до основи полум'я і мати такий прохідний переріз і конфігурацію, щоб розсіювання аналізуючої речовини було мінімальним.

Значний вплив на величину чутливості детектора мають розміри водневого полум'я. Встановлено, що зі збільшенням висоти полум'я і його стоншення тобто при збільшенні лінійної швидкості водню зростає корисний сигнал, проте при цьому зменшується горизонтальна ділянка залежності сигналу від витрати аналізуючого газу. При виборі робочого значення лінійної швидкості водню для кожного сопла є верхня межа, перевищення якої приводить до розширення зони низької температури, збільшення турбулентності і зриву полум'я. Низький поріг чутливості, якій дозволяє проводити вимірювання мікроконцентрації вуглеводню, може бути отриманий при використанні водневих пальників з внутрішнім діаметром $0,3 \div 0,5$ мм, верхня межа лінійності детектування при цьому обмежується величиною $1 \cdot 10^{-2}$ %. Очевидне зменшення лінійного динамічного діапазону може пояснюватись тим, що мікрополум'я має малий об'єм рекреаційної зони і зони термічної дисоціації. Енергії, отриманої від згорання водню, може виявитись недостатньою для нормального протікання піролізу великого числа вуглеводомістких молекул.

Враховуючи, що середнє значення вуглеводневих домішок в атмосфері зазвичай не перевищує $(1-5) \cdot 10^{-3}\%$ можна вважати, що отримана верхня границя ЛДД цілком задовільний.

Конструкція розробленого детектора дозволяє регулювати величину початкового фонового сигналу і підбирати рівень необхідної чутливості. До недоліків конструкції відносять важке забезпечення строгої концентричності газових каналів при виготовленні детектора, що впливає на величину інструментальної похибки.

3.7 Підвищення чутливості ПД за рахунок очищення каналу повітря від органічних речовин

Для очищення повітря від органічних речовин включаючи метан, був використаний метод аналітичного окислення, при підвищеній температурі. В якості каталізатора була використана мідь. Оптимальні умови очищення були обрані в результаті спеціальних досліджень, які полягають у вивченні впливу попередньої підготовки каталізатора, температури окислення і маси каталізатора при заданій витраті, повітря, що очищається рівному $120 \text{ см}^3/\text{хв}$.

Дослідження проводили на установці, основною складовою частиною якої був реактор з нагрівальною піччю що дозволяє проводити нагрівання до температури $+ 700 \text{ }^\circ\text{C}$.

Очищене повітря при постійній витраті пропускали через реактор, заповнений міддю; після реактора газ надходив на хроматограф для аналізу.

У результаті проведеної роботи, було встановлено, що мідь без попередньої підготовки не виявляє достатньої активності при окисленні органічних речовин. Активувати мідь можна послідовно окислюючи і відновлюючи її при температурі $400-420^\circ\text{C}$. Ефективне очищення повітря на активованій міді досягається при температурі $580 \text{ }^\circ\text{C}$. Така ж ступінь очищення з окисленої поверхнею досягається при температурі $630 \text{ }^\circ\text{C}$.

Нижче наведено опис установки, використаної для очищення повітря та методика очищення повітря на міді і на міді з окисленої поверхнею.

3.7.1 Опис установки

Очищення повітря проводять на установці, схема якої наведена на рисунку 3.10, каталітичний реактор (5) (рис. 3.11) являє собою кварцову трубку (2) довжиною 540 діаметром, 24 мм. Загрузку каталізатора здійснюється через пришліфований роз'єм (3). Термопару поміщають в отвір (1).

Перед завантаженням каталізатора вихідний отвір закривають скловолокном для запобігання висипання каталізатора.

Нагрівальна піч (6) (рис. 3.12) являє собою кварцовий циліндр (1) завдовжки 500, діаметром 35 мм на який намотаний нагрівальний елемент (2) з ніхрому $\varnothing 0,4$ мм, з опором 60 Ом. Як утеплювач (3) використаний листової азбест. Контакти нагрівального елементу (4) виведені назовні для підключення живлення.

Необхідну температуру печі встановлюють за допомогою ЛАТРа (8), сила струму якого контролюється амперметром (7). Вимірюють температуру термопарою, підключеної до потенціометра (10).

Повітря з балона (1) через редуктор (2) і вентиль тонкого регулювання (3) надходить в каталітичний реактор (5). Після реактора очищене повітря через реометр (9) надходить на хроматограф для визначення в ньому залишкового вмісту домішки органічних речовин. З лінії скидання при необхідності відбирають газ для визначення вмісту кисню.

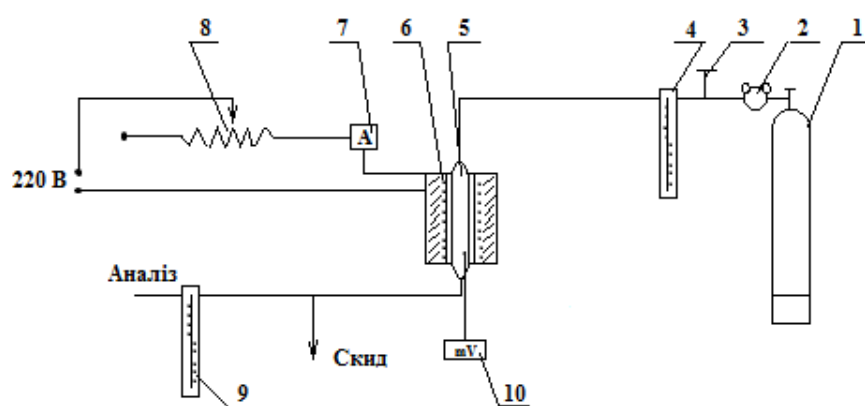


Рис. 3.10 Схема установки каталітичного окислення вуглеводнів в повітрі
1 -балон з повітря; 2- редуктор; 3- вентиль; 4- ротаметр; 5-реактор; 6- піч; 7- амперметр; 8-латр ; 9 - реометр; 10 - потенціометр.

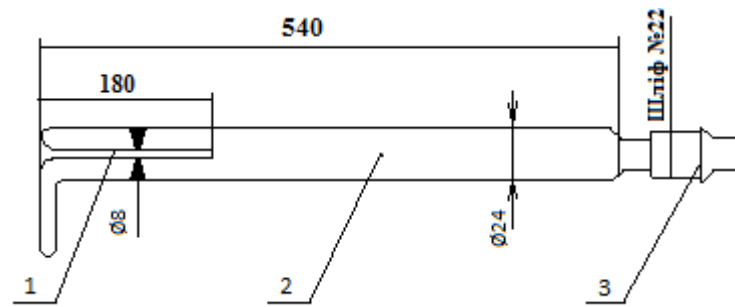


Рис.3.11 Реактор кварцевий

1-отвір для термопари; 2-корпус; 3-роз'єм

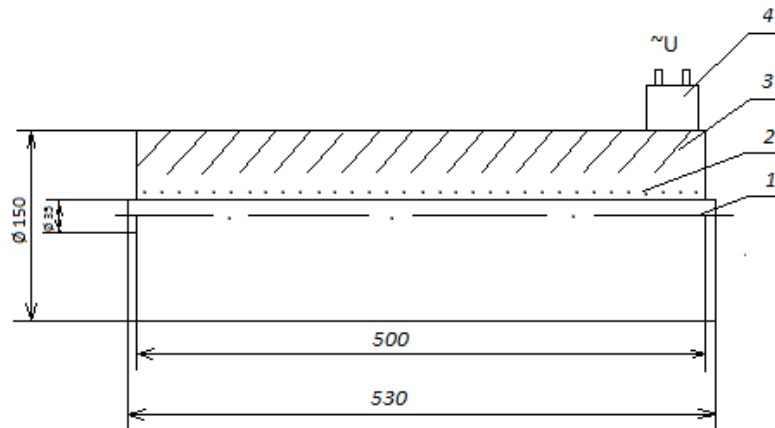


Рис.3.12 Нагрівальна піч

1 - труба кварцева; 2 - елемент нагрівання; 3 - теплоізолятор; 4 - клеми нагрівального елемента.

3.7.2 Підготовка каталізатора до роботи

Мідну стружку з середніми розмірами $1 \times 0,3 \times 8$ мм об'ємом 150 см^3 завантажують в каталітичний реактор. Реактор поміщають в нагрівальну піч і встановлюють температуру $400\text{-}420^\circ\text{C}$. При цій температурі виробляють окислювання міді потоком повітря до повного почорніння всій її поверхні. Потім відновлюють воднем при цій же температурі до міді. Цикл окислення і відновлення повторюють. Після шести - восьми циклів поверхню каталізатора підготовлена до роботи.

Якщо очищення повітря виробляють на окису міді, цикл активації каталізатора закінчують окисленням його поверхні. Багаторазове повторення циклу окислення - відновлення необхідно при використанні свіжого каталізатора. Регенерація каталізатора в процесі роботи полягає у відновленні його воднем при $400\text{-}420^\circ\text{C}$, якщо очищення повітря проводять на міді; відновлення воднем і

окислення повітрям при такій же температурі, якщо для очищення застосовують мідь з окисленої поверхнею.

3.7.3 Очищення повітря на міді

Після підготовки мідної поверхні, температуру в печі піднімають до 580°C, пропускаючи повітря. Після досягнення зазначеної температури через піч пропускають повітря для очистки. Коли вся поверхня міді отримає чорне забарвлення, очистку припиняють, мідь регенерують. тривалість ефективного очищення становить дві години, регенерація 10 хвилин. Залишкова кількість вуглеводнів в повітрі що очищується становить 0,72 мг/м³. Кисень при такій очистці поглинається практично повністю. Після очищення залишається 0,4% об. кисню.

3.7.4 Очищення повітря на міді з окисленої поверхню

Після підготовки міді до використання її для очищення повітря, по не відключаючи повітря, зі швидкістю 5 град/хв підвищують температуру печі до 630°C. З моменту досягнення зазначеної температури ефективно очищення повітря триває три години, після чого каталізатор регенерують.

Залишкова кількість вуглеводнів при такій очищення становить 0,72 мг/м³. Вміст кисню дорівнює 4% об. Вміст органічних речовин у повітрі після очищення не вдалося оцінити газохроматографічним методом, так як концентрація, вуглеводнів в газі-носії перевищувала концентрацію цих речовин в очищеному повітрі і пік на хроматограмі відсутній. Наближену оцінку вмісту метану провели на підставі вимірів іонізаційного струму, викликаного домішками в повітрі і метаном, концентрація якого відома, і екстраполяції отриманих результатів на нульову концентрацію. Таким же чином була визначена концентрація вуглеводнів в газі-носії (азоті). Вона дорівнює – 2,16 мг/м³.

Основним недоліком запропонованого методу очищення є те, що ступінь очищення недостатньо глибока, крім того очищене повітря сильно збіднюється киснем. Позитивним у запропонованому методі є доступність каталізатора порівняно невисока температура очищення і простота регенерації каталізатора.

3.8 Методологія очищення каналу повітря від органічних сполук за винятком метану

Для очищення використовували азот і повітря, що містять домішки речовин (мг/м^3): метану – 2,09; етану – 40,2; пропану – 4,7; бутану – 5,18. Повітря, крім перерахованих домішок, містить ацетон.

Для відділення вуглеводнів від метану був використаний метод адсорбційного розділення на активованому вугіллі марки СКТ при кімнатній температурі 20°C .

3.8.1 Підготовка активованого вугілля

Підготовку вугілля виробляють на установці, схема якої приведена на рис. 3.13.

Ампула (2), являє собою скляний циліндр $\varnothing 22$ мм з висотою 200 мм; обсяг ампули 60см^3 . Активоване вугілля фракції 1-3 мм через пришліфований роз'єм завантажують в ампулу. Роз'єм закривають муфтою. Кран (6) підключають до форвакуумного насосу.

При постійному вакуумуванні ампули температуру в печі підвищують до $+200^\circ\text{C}$. Після 1 години вакуумування ампулу витягують з печі і дають охолонути до кімнатної температури.

3.8.2 Очищення повітря від органічних речовин

Підготовлене вугілля, об'ємом 60 см^3 завантажують в скляний патрон (рис. 3.14) через прошліфований роз'єм. Вхідний і вихідний отвір патрона закривають скловолокном.

Очищений газ пропускають при кімнатній температурі через шар вугілля з витратою $100\text{ см}^3/\text{хв}$. У перші 10 хв відбувається повне поглинання всіх вуглеводнів, включаючи метан, потім в газі після сорбенту починає з'являтися метан (і ацетон у разі повітря).

Через 30 хв після початку очищення і протягом 6 годин вміст метану в газі дорівнює вмісту його до очищення. Решта домішки, крім ацетону в повітрі, не було виявлено.

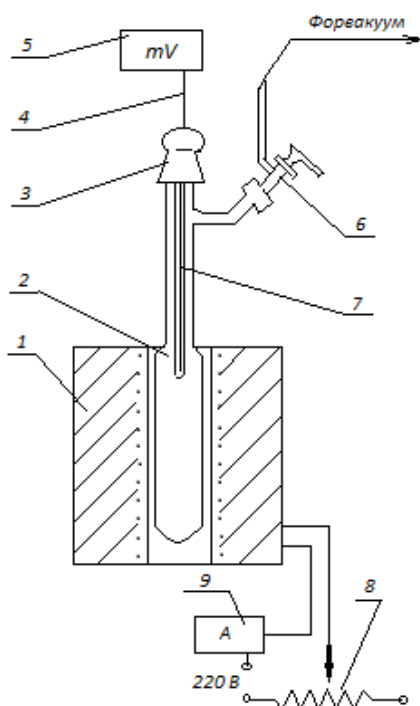


Рис. 3.13 Схема установки для підготовки активованого вугілля

1- нагрівальна піч; 2-ампула; 3- роз'єм ; 4-термопара ;5- мілівольтметр ; 6- вакуумний кран ; 7-кишень для термопар; 8-ЛАТР ; 9-амперметр .

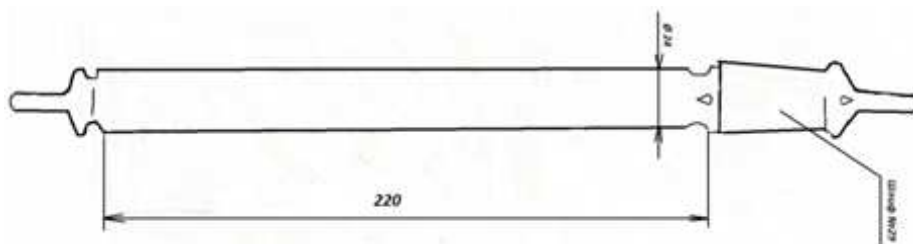


Рис.3.14 Патрон скляний

На рис. 3.15 і 3.16 приведені хроматограми, що характеризують ефективність очищення азоту і повітря відповідно.

Ємність вугілля в перерахунку на чистий етан, розрахована на підставі отриманих даних за формулою:

$$E = V \cdot \tau \cdot C$$

де V – об'єм витрати газу, $\text{см}^3/\text{хв}$;

τ – час ефективного очищення, хв. ;

C – концентрація органічних речовин в перерахунку на C_2H_6 в очищеному газі , частка обсягу дорівнює $E = 100 \cdot 360 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ мл}$.

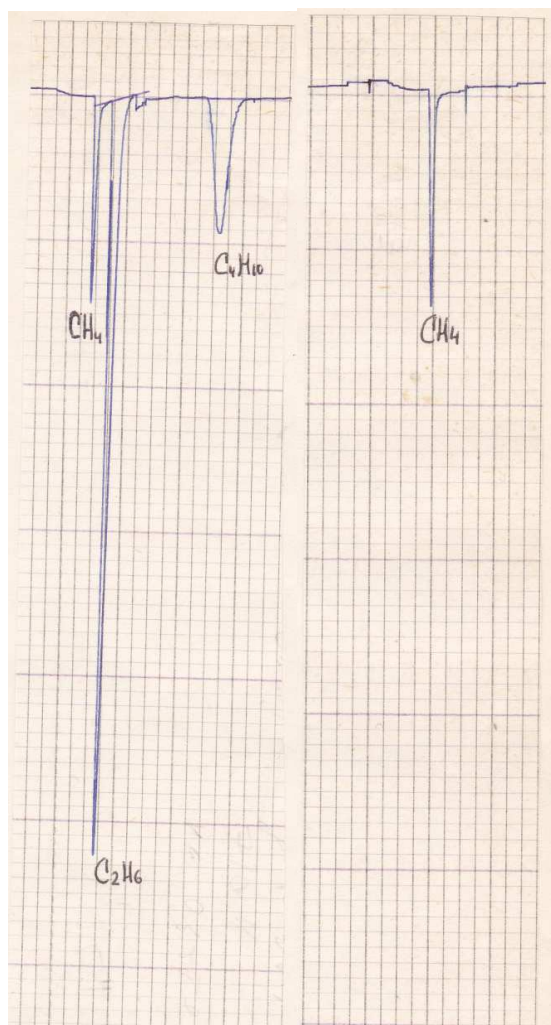


Рис. 3.15 Хроматограма повітря, містить домішки вуглеводнів до і після очищення на вугіллі СКТ

Після регенерації вугілля його знову можна використовувати для очищення.

Недоліком описаного методу є те, що регенерацію вугілля слід проводити при вакуумуванні. Крім того, вугілля після регенерації протягом 30 хв поглинає всі вуглеводні включаючи метан.

Очищення повітря на міді при температурі 580 °С або на міді з окисленої поверхнею при температурі 630 °С дозволяє отримати газ з вмістом суми вуглеводнів 0,72 мг/м³. Вміст кисню в повітрі при цьому значно зменшується. Таке повітря не задовольняє вимоги, пред'явлені до нульового газу.

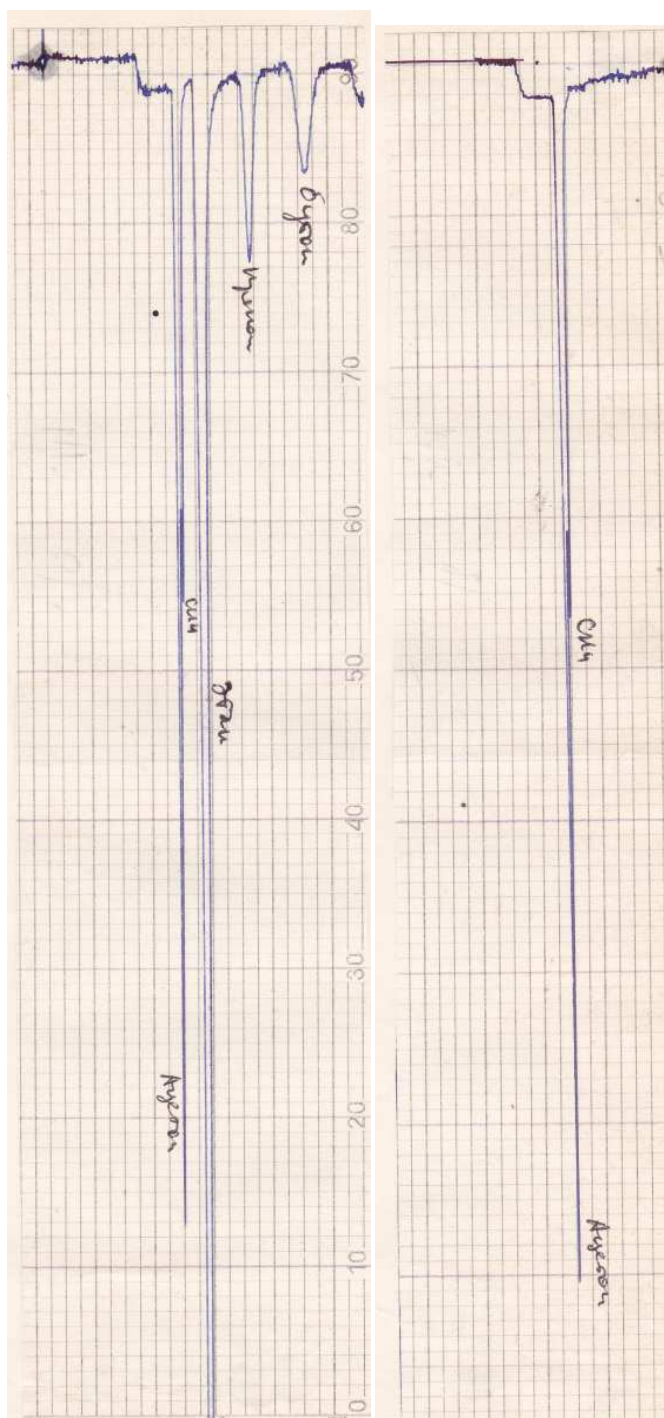


Рис. 3.16 Хроматограма повітря до і після очищення на активування вугілля

Очищення повітря від вуглеводнів за винятком метану в лабораторних умовах можна за допомогою активованого вугілля при кімнатній температурі. Однак, застосування методу в умовах експлуатації газоаналізатора вимагає додаткових витрат і є по суті лабораторним дослідницьким методом, який не можливо застосовувати в умовах робочої експлуатації АЗС.

Висновки до Розділу 3

1. Експериментально визначені технічні характеристики полум'яно-іонізаційного газоаналізатора вуглеводнів в атмосферному повітрі АЗС. Отримані наступні дані:

Чутливість	$-2 \cdot 10^{-5}$ А/мг/с;
Поріг чутливості(по метану)	$-5 \cdot 10^{-9}$ мг/с;
Початковий фоновий струм	$-1 \cdot 10^{-12}$ А;
Рівень флуктуаційних шумів	$-5 \cdot 10^{-14}$ А;

2. Встановлено, що найбільш суттєвий дестабілізуючий вплив на вихідний сигнал ПД справляє залежність вихідного сигналу до 3% від зміни об'ємної витрати аналізованої проби повітря АЗС, зміни витрат повітря для горіння приводять до зміни вихідного сигналу ПД до 1%. Рівень змін витрат при цьому не повинен перевищувати 1 -2 мл/хв.

3. Розроблена та апробована нова конструкція полум'яно-іонізаційного детектора з коаксіальною подачею газових потоків для визначення мікроконцентрацій вуглеводнів в атмосферному повітрі, що дозволяє регулювати величину початкового фонового сигналу і підбирати рівень необхідної чутливості.

4. Очищення повітря на міді при температурі 580 °С або на міді з окисленої поверхнею при температурі 630 °С дозволяє отримати газ з вмістом суми вуглеводнів 0,72мг/м³. Вміст кисню в повітрі при цьому значно зменшується. Таке повітря не задовольняє вимоги, пред'явлені до нульового газу.

3.Очистити повітря від вуглеводнів за винятком метану в лабораторних умовах можна за допомогою активованого вугілля при кімнатній температурі. Однак, застосування методу в умовах експлуатації газоаналізатора вимагає додаткових витрат.

6. Таким чином можна вважати, що питання про методи атестації повірочних газових сумішей і методах отримання нульового газу в рамках подальших досліджень.

РОЗДІЛ 4

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГО- ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВИПАРОВУВАНЬ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ

4.1 Дослідження методів підвищення точності

В попередніх розділах були представлені дослідження, спрямовані на вирішення важливих питань контролю забруднення атмосферного повітря викидами АЗС. Особлива увага приділяється технічним характеристикам газоаналізаторів, які повинні відповідати вище розглянутим нормам. Задача вдосконалення методів і засобів вимірювання концентрації шкідливих речовин у викидах АЗС є надзвичайно актуальною в науковому аспекті. І що особливо важливо вдосконалення їх технічних характеристик, з урахуванням головної специфіки роботи АЗС: постійного знаходження в атмосфері випаровувань палива.

При проведенні любых вимірювань, особливо аналітичних, підвищення точності вимірювань є актуальною задачею. В ході експлуатації приладів контролю викидів АЗС виникає питання встановлення нульових показів приладів. При використанні атмосферного повітря для калібрування нульових показів газоаналізатора, за наявності в атмосфері випаровувань вуглеводнів неможливо встановити нульові покази [84]. Для того щоб провести таке калібрування необхідно повністю припинити роботу АЗС, через певний час повітря очиститься і є можливість встановлення нуля шкали приладу. Але така процедура вимагає значного часу, припинення роботи АЗС.

Для очистки повітря від парів вуглеводнів пропонується спосіб каталітичного окиснення на ніхромовій або вольфрамовій спіралі, на якій відбувається повне спалювання парів вуглеводнів.

Очищене повітря використовується в якості «нульового» повітряного газу для періодичного встановлення нуля шкали газоаналізатора, зменшення адитивної похибки вимірювання, підвищення точності.

4.2 Термокаталітичний газоаналізатор випаровувань АЗС

Термокаталітичний газоаналізатор випаровувань АЗС [85] (захищено патентом № U 97688 UA) може бути використаний при вимірювання концентрації випаровувань горючих газів: пари бензину, дизпалива, скрапленого газу інших горючих газів.

При роботі термокаталітичних газоаналізаторів в ході її експлуатації виникає потреба установки нульових показів для цього прилад продувають атмосферним повітрям, встановлюють «нуль» шкали і в подальшому переключають на вимір концентрації горючого газу. На АЗС в атмосферному повітрі є випаровування палива і фактично неможливо встановити нульові покази відомим газоаналізатором рис. 4.1.

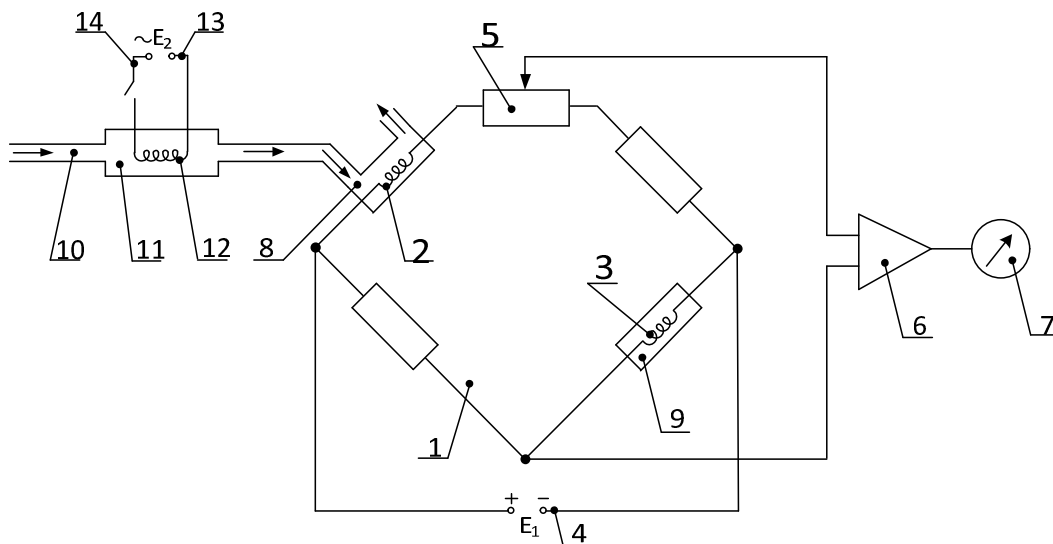


Рис.4.1 Функціональна схема газоаналізатору

Мостова вимірювальна схема 1, з вимірювальним 2 і компенсаційним 3 термоелементом живиться від джерела живлення постійної напруги E_1 4. Вихідна діагональ вимірювальної мостової схеми 1 через змінний резистор 5, приєднана до підсилювача 6 і далі з регістратором 7. Вимірювальний термоелемент 2 розміщений в проточній вимірювальній камері 8. Компенсаційний термоелемент 3 розміщений в герметичній вимірювальній камері 9. Вхідний газопровід 10 приєднаний до входу термокамери 11. Всередині термокамери 11 розміщений спіральний електронагрівач 12, виходи якого приєднані до змінного джерела електроживлення E_2 13 через перемикач 14.

Газоаналізатор працює наступним чином. В штатному, робочому режимі вимірювання, перемикач 14 розімкнутий і на електронагрівач 12 не надходить напруга від джерела живлення E_2 13. Атмосферне повітря з парами палива через газопровід 10, термокамеру 11 надходить у проточну камеру 8, де встановлений вимірювальний термоелемент 2, який є плечем вимірювального моста 1. При згоранні парів палива на термоелементі 2 міняється його опір.

Матеріал чутливого термоелементі 2 повинен мати великий температурний коефіцієнт опору і бути хімічно стійким (антикорозійним). Таким вимогам найкраще задовольняє платина, тантал, вольфрам, ковар, нікель та ін.

Кількість тепла Q , що передається стінкам камери де розташований термоелемент 2 діаметром D від провідника діаметром d і довжиною l , який розташований в центрі камери, дорівнює

$$Q = \frac{2\pi l_n \lambda}{\ln \frac{D}{d_n}} (t_n - t_c) \quad (4.1)$$

де t_n – температура термоелемента;

t_c – температура стінки камери;

λ – теплопровідність газу при $t = \frac{t_n + t_c}{2}$.

Цю ж кількість тепла Q можна виразити як:

$$Q = qI^2 R \quad (4.2)$$

де q – тепловий еквівалент електричної енергії (3,22 Вт·с/кал)

I – сила струму в провіднику;

R – електричний опір провідника. Із виразів (4.1) і (4.2) отримаємо:

$$t_n - t_c = \frac{q \ln \frac{D}{d_n}}{2\pi l_n} \cdot \frac{I^2 R}{\lambda} \quad (4.3)$$

Зміна опору провідника, що нагрітий струмом, залежить від зміни складу (теплопровідності) оточуючого його газового середовища і при зміні теплопровідності від λ до $\lambda + \Delta\lambda$. При згоранні парів палива на термоелементі 2 міняється його опір ΔR .

$$\Delta R = \frac{q \ln \frac{D}{d_n}}{2\pi l_n} \cdot I^2 R_0 \alpha \frac{\Delta \lambda}{\lambda(\lambda + \Delta \lambda)} \quad (4.4)$$

Де R_0 – опір провідника при $t=0^\circ\text{C}$,

α – температурний коефіцієнт опору матеріалу провідника.

і відповідно у вихідній діагоналі виникає напруга ΔU :

$$\Delta U = \frac{1}{2} I \Delta R = \frac{q \ln \frac{D}{d_n}}{2\pi l_n} \cdot I^3 R_0^2 \alpha \frac{\Delta \lambda}{\lambda(\lambda + \Delta \lambda)} \quad (4.5)$$

В режимі періодичної перевірки нуля шкали приладу перемикач 14 замикається і на електронагрівач 12 (ніхромова або вольфрамова спіраль) подається змінна напруга від джерела живлення 13. Електронагрівач 12 нагрівається до температури $250 - 300^\circ\text{C}$ на спіралі відбувається повне спалювання парів вуглеводнів і на виході термокамери 11 атмосферне повітря буде повністю очищене від парів вуглеводнів і інших домішок, тобто на виході термокамери 11 утворюється очищений потік атмосферного повітря, який використовується в якості «нульового» повірочного газу для періодичного встановлення нуля шкали газоаналізатора, зменшення адитивної похибки вимірювання, підвищення точності. Після проведення калібрування нуля шкали перемикач 14 розмикається і прилад працює в штатному режимі.

При метрологічній повірці розробленої схеми термокаталітичний газоаналізатор випаровувань за допомогою повірочних газових сумішей по методиці рекомендованій ГОСТ 13320-81 п.6.7.1 [86] встановлено що основна приведена похибка газоаналізатора знижена з 8-10 % і складає 3,5- 4,0 %. Також запропонована схема підвищує поріг чутливості ПД, в газоаналізаторі в газопроводі повітря вплив парів палива на результат мінімізований. Проведені експериментальні дослідження підтвердили поріг чутливості на рівні $0,15 \text{ мг/м}^3$ при градуванні по метану [84].

4.3 Полум'яно-іонізаційний газоаналізатор з компенсацією з адитивної похибки

Недоліком відомого ПД є додаткова похибка вимірювання, яка виникає при застосуванні детектору в атмосфері насиченій парами вуглеводнів. Для полум'яно-іонізаційної реакції потрібно використання повітря, повітря яке насичене парами вуглеводнів, при проведенні полум'яно-іонізаційної реакції є неінформативним, змішується з парами вуглеводнів в каналі проби – відповідно концентрація зростає, внаслідок чого виникає похибка вимірювання, знижується чутливість детектора. Для видалення вуглеводнів в газопроводі повітря пропонується встановлювати камеру спалювання (рис. 4.2) [87, 89] (захищено патентом № А 108727 UA).

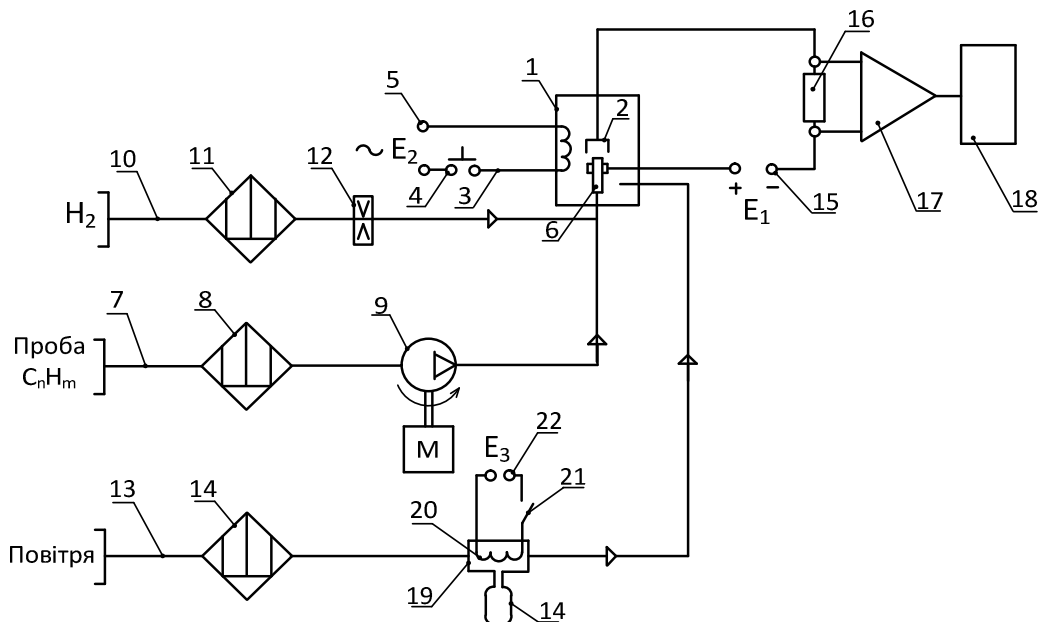


Рис. 4.2 Полум'яно-іонізаційний газоаналізатор з адитивною компенсацією

1 - реакційна камера, 2 - колекторний електрод, 3 - спіраль підпалу, 4 - кнопка перемикач, 5 - E_2 джерело живлення підпалу, 6 - керамічний пальник, 7- газопровід проби. 8-фільтр пиловий проби, 9 - збудник витрат, 10 - газопровід водню, 11 - фільтр пиловий водневий, 12-дросель, 13 - газопровід повітря, 14 - фільтр пиловий повітря, 15 - джерело живлення поляризації, 16 - резистор навантаження, 17 - схема обробки інформації, 18 - вихідний прилад реєстрації, 19 - камера спалювання, 20- спіраль випалу, 21 - вимикач, 22 - джерело живлення, 23 - збирач конденсату.

Полум'яно – іонізаційного газоаналізатор випаровувань палива працює наступним чином. Проба, що досліджується по газопроводу проби 7 попередньо очищена фільтром пиловим проби 8, від механічних домішок відбирається з об'єкту випаровувань з допомогою збудника витрат 9 і надходить до керамічного пальника 6 встановленого в реакційній камері 1. Також до газопроводу проби 7 надходить чистий водень по газопроводу водню 10, очищений фільтром пиловим водневим 11 і відрегульований по витратах дроселем 12. Суміш водню і проби надходить на керамічний пальник 6, встановлений в реакційній камері 1. В реакційну камеру 1 також надходить повітря по газопроводу «Повітря» 13 очищене фільтром пиловим повітря 14. За допомогою спіралі підпалу 3, при натисканні кнопки перемикача 4, спіраль розігрівається до 300°C під дією напруги E_2 від джерела живлення підпалу 5, при цьому суміш проби, повітря, водню підпалюється на виході керамічного пальника 6. Під дією постійної напруги E_1 , від джерела живлення поляризації 15, прикладеної одним полюсом до керамічного-пальника 6 (на кінці керамічного пальника 6 напресовано металеве кільце електрод), а другим полюсом, через резистор навантаження 16, до колекторного електроду 2, розташованого над керамічним пальником 6, виникає струм іонізації між керамічним пальником 6 і колекторним електродом 2. Струм іонізації пропорційний концентрації парів палива через резистор навантаження 16, обробляється (підсилюється, масштабується, переводиться в цифровий код) передається на вихідний прилад 18.

У зв'язку з наявністю у повітрі об'єкту досліджень (наприклад АЗС, нафтопереробний завод) парів палива - горючих вуглеводнів, вони надходять газопроводом повітря 13 до керамічного пальника 6 і приводять до збільшення струму іонізації тобто додаткової похибки вимірювань. Для видалення парів горючих вуглеводнів в газопроводі повітря 13 після фільтру 14, встановлена камера спалювання 19. При замиканні перемикача 21 на спіраль випалу 20 подається напруга від джерела живлення 22. Під дією напруги E_3 спіраль випалу 20 розігрівається до $300-350^{\circ}\text{C}$ і на цій розігрітій спіралі випалу 20 відбувається випалювання парів палива з газопроводу повітря 13 і на виході камери спалювання 19 утворюється очищене повітря без парів палива, яке надходить до

пальника 6. Продукти згоряння палива в камері 19 у вигляді конденсату надходять до збирача конденсату 23 (скляна, керамічна посудина). Струм іонізації буде однозначно пов'язаний з концентрацією парів палива на об'єкті дослідження: атмосфера АЗС, нафтопереробного заводу, і т.д. і яка транспортується газопроводом «Проба» 7, до реакційної камери. В газопроводі «Повітря» 13, яким доставляється повітря до реакційної камери, пари палива повністю відсутні, адитивна похибка вимірювань ліквідована, чутливість газоаналізатора збільшилась.

При метрологічній повірці розробленої схеми полум'яно-іонізаційного газоаналізатора випаровувань за допомогою повірочних газових сумішей по методиці рекомендованій ГОСТ 13320-81 п.6.7.1 [86] встановлено що основна приведена похибка газоаналізатора знижена з 15-10 % і складає 5 %.

4.4 Математична розрахункова модель визначення похибки полум'яно-іонізаційного газоаналізатора

Полум'яно-іонізаційний газоаналізатор по Рисунку 4.2 складається з значної кількості різноманітних функціональних елементів і вузлів: газовідбірник, газопровід, генератор водню, відокремлював вологи, фільтр пиловий, регулятор тиску, регулятор витрат, ротаметр, реакційна камера, камера спалювання, пальник, поляризуючий електрод, складна електронна схема і т.д і всі ці елементи впливають на функцію перетворення і точності характеристики приладу.

Вимірювальний тракт розроблюваного ПІД містить елементи, властивості яких недостатньо вивчені. Теоретична оцінка точності характеристик полум'яно-іонізаційних детекторів, пристроїв, відділення метану, являє собою складну науково-технічну задачу, аналітичне рішення якої в повному обсязі не представляється можливим.

Вихідні параметри зазначених елементів в значній мірі залежать від зміни вхідних неінформативних величин і схильна впливу температури, витрати підводяться газів, атмосферного тиску, вмісту вологи газового зразка, концентрації кисню в пробі та ін. Крім того, відсутність повірочних сумішей в

момент в діапазоні мікроконцентрацій ускладнює експериментальну оцінку похибок ланцюга вимірювання газоаналізатор.

Оцінка точності газоаналізатора системи буде остаточно встановлена на основі експериментальних досліджень із застосуванням зразкових газових сумішей підвищеної точності.

Нижче наводиться аналіз похибок вимірювальних трактів газоаналізатора, що дозволяє визначити основні джерела похибки і орієнтовно оцінити їх величину. При оцінці похибок окремих елементів ланцюга вимірювання були використані експериментальні дані, отримані в процесі випробування макета газоаналізатора, а також дані, наявні в опублікованих матеріалах.

Згідно ГОСТ 13320- 81 сумарна похибка приладу складається з основної похибки, обумовленої похибками ланок структурної схеми і сумарною додатковою похибки внаслідок впливу неінформативних параметрів перетворення.

Проведемо теоретичний розрахунок сумарної похибки вимірювальних ланцюгів газоаналізаторів вуглеводнів за вирахуванням метану, що мають різні принципові схеми вимірювання.

Для цього, визначивши статичні характеристики окремих елементів схеми, знаходимо функцію перетворення всього ланцюга. Далі визначаємо відносну ймовірну похибку результату вимірювання скористуємось результатами [89] де приведена формула:

$$\frac{P_R^2}{R^2} = \left(\frac{\partial R}{\partial X}\right)^2 \cdot \frac{P_X^2}{R^2} + \left(\frac{\partial R}{\partial Y}\right)^2 \cdot \frac{P_Y^2}{R^2} ; \quad (4.6)$$

де R – функція перетворення всіх ланцюгів;

X і Y – аргументи функції перетворення ;

P_R – ймовірна помилка результату вимірювання ;

P_X і P_Y – похибка аргументів X і Y .

4.5 Розрахунок основної похибки диференційного вимірювального ланцюга газоаналізатора з одним підсилювачем

Розраховуємо основну похибку газоаналізатора, структурна схема якого зображена на рис.4.3. Розглянемо статичні характеристики визначених вузлів.

4.5.1 Пристрій відділення метану

Грунтуючись на експериментальних даних, приймемо в розрахунках похибку відділення рівню 5% неметанових вуглеводнів. За даними досліджень фірми США «Meloу Labs, Inc.» наводяться дані що 98% не метанових вуглеводнів визначається з допомогою пристрою каталітичної очистки [90].

Для розрахунку вагового змісту вуглеводневих газів можна вважати, що, в навколишньому повітрі міститься $0,72 \text{ мг/м}^3$ пропану і $2,16 \text{ мг/м}^3$ метану. Витрата аналізованого газу для розробленого ПД дорівнює 100 мл/хв .

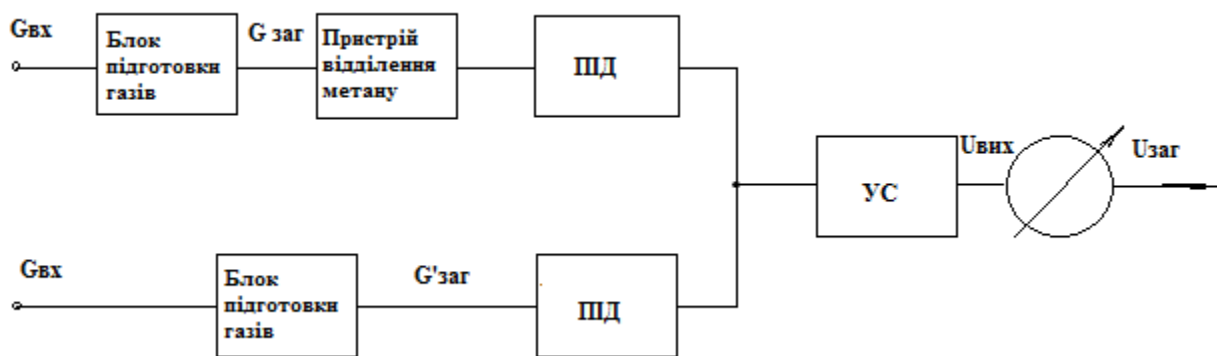


Рис. 4.3 Блок-схема диференційного вимірюваного ланцюга газоаналізатора

Тоді вагова витрата проби :

$$C_1 = c_1 Q \cdot \rho_{CH_4} = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 0,7168 = 0,358 \cdot 10^{-8} \text{ г/с} \quad (4.7)$$

$$C_2 = c_2 Q \cdot \rho_{C_3H_8} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 2,0096 = 0,334 \cdot 10^{-8} \text{ г/с} \quad (4.8)$$

де C_1 – концентрація метану в навколишньому повітрі ;

C_2 – концентрація пропану в навколишньому повітрі;

Q – об'ємна витрата проби;

ρ_{CH_4} і $\rho_{C_3H_8}$ – густина метану і пропану.

Загальна вагова витрата вуглеводню в повітрі:

$$G_{\text{заг}} = (0,358 + 0,334) \cdot 10^{-8} = 0,692 \cdot 10^{-8} \text{ г/с} \quad (4.9)$$

В пристрої відділення метану спалюється 95 % не метанових вуглеводнів:

$$G_3 = G_2 \cdot 5\% = 1,67 \cdot 10^{-10} \text{ г/с} \quad (4.10)$$

Вагова витрата проби після відділення:

$$G'_{\text{заг}} = G_1 + G_2 = (35,8 + 1,67) \cdot 10^{-10} = 0,375 \cdot 10^{-8} \text{ г/с} \quad (4.11)$$

Визначаємо похибку коефіцієнта визначення метну:

$$K_{\text{ном}} = \frac{0,358 \cdot 10^{-8}}{0,692 \cdot 10^{-8}} = 0,518 \quad (4.12)$$

Реальний коефіцієнт відділення:

$$K_1 = \frac{0,375 \cdot 10^{-8}}{0,692 \cdot 10^{-8}} = 0,543 \quad (4.13)$$

Абсолютна похибка коефіцієнта відділення:

$$\Delta = K_1 - K_{\text{ном}} = 0,025 \quad (4.14)$$

Відносна похибка:

$$\delta_{K1} = \frac{\Delta \cdot 100\%}{K_1} = 4,82\% \quad (4.15)$$

В першому наближенні, вважаючи, що умови каталізу незмінні, статичну характеристику пристрою визначення метену можна визначити:

$$G'_{\text{заг}} = K_1 \cdot G_{\text{заг}} \quad (4.16)$$

4.5.2 Блок підготовки газу

Статична характеристика пому'мяно-іонізаційного газоаналізатора розраховується відповідно формули (3.3).

Похибка від нерівності величин іонізаційної ефективності в двох датчиках визначали експериментально.

Вихідний сигнал ПД I $I_1 = 8,3 \cdot 10^{-11}$ А.

Вихідний сигнал ПД II $I_2 = 8,4 \cdot 10^{-11}$ А.

Вагова витрата проби $G = 0,97 \cdot 10^{-8}$ г/с метена, М=16г.

Іонізаційна ефективність одного ПД:

$$E_I = \frac{I \cdot M}{e \cdot A \cdot G} = \frac{8,3 \cdot 10^{-11} \cdot 16}{1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,97 \cdot 10^{-8}} = 1,43 \cdot 10^{-6} \quad (4.17)$$

Іонізаційна ефективність іншого ПД:

$$E_2 = \frac{8,4 \cdot 10^{-11} \cdot 16}{1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,97 \cdot 10^{-8}} = 1,45 \cdot 10^{-6} \quad (4.18)$$

Відносна похибка величини E:

$$\delta_E = \frac{E_2 - E_1}{E_2} \cdot 100 = \frac{(1,45 - 1,43) \cdot 10^{-6}}{1,45 \cdot 10^{-6}} \cdot 100 = 1,38 \% \quad (4.19)$$

4.5.3 Електрометричний підсилювач

При проведенні експериментальних досліджень в якості вторинного вимірювального перетворювача був використаний серійно випущений вольтметр електрометричний ВК2-16.

Статичну характеристику підсилювача можна виразити як:

$$U_{\text{вих}} = U_0 + K_2 \cdot I \cdot R_{\text{вим}}. \quad (4.20)$$

де K_2 – реальний коефіцієнт перетворення. Для приладу ВК2-16 $K_2 = 10^{-2}$.

Похибка вимірювання приладу ВК2-16 складає $\delta_{K_2} = 10\%$.

Дрейф нуля електрометричного підсилювача малий.

4.5.4 Автоматичний потенціометр

Статичну характеристику КСП виразимо в

$$\varphi = K_{\text{п}} \cdot U_{\text{вих}}. \quad (4.21)$$

де $U_{\text{вих}}$ – напруга після підсилювача;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт передачі КСП;

φ – відхилення стрілки потенціометра, мм.

Похибка вимірювання приладу КСП-4 складає $\delta_{\text{КСП}} = 0,5\%$.

4.5.5 Статична характеристика ланцюга диференційного вимірювання

Статична характеристика ланцюга диференційного вимірювання:

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{заг}} &= (U_{\text{вих1}} + U_{\text{вих2}}) \cdot K_{\text{п}}, \\ U_{\text{вих1}} &= K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot \frac{e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M}, \\ U_{\text{вих2}} &= K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot \frac{e \cdot E' \cdot A \cdot K_1 \cdot G'_{\text{заг}}}{M}, \\ \varphi_{\text{заг}} &= K_{\text{п}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot \frac{e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M} + K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot \frac{e \cdot E' \cdot A \cdot K_1 \cdot G'_{\text{заг}}}{M}. \end{aligned} \quad (4.22)$$

Відносну похибку вимірювання визначаємо за формулою (4.6):

Візьмемо часні похідні від кожного з змінних параметрів статистичної характеристики:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_2} \right) &= \frac{K_{\text{п}} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M} + \frac{K_{\text{п}} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E' \cdot A \cdot K_1 \cdot G'_{\text{заг}}}{M}, \\ \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial E} \right) &= \frac{K_{\text{п}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M}, \\ \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_1} \right) &= \frac{K_{\text{п}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot G_{\text{заг}}}{M}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial G_{\text{заг}}}\right) &= \frac{K_{\Pi} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1}{M} \\
\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_{\Pi}}\right) &= \frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M} + \frac{K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E' \cdot A \cdot G'_{\text{заг}}}{M}, \\
\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial G'_{\text{заг}}}\right) &= \frac{K_{\Pi} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E' \cdot A}{M}.
\end{aligned} \tag{4.23}$$

Абсолютна похибка вимірювань:

$$\begin{aligned}
P_{\varphi_{\text{заг}}}^2 &= \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_2}\right)^2 \cdot P_{K_2}^2 + \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial E}\right)^2 P_E^2 + \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_1}\right)^2 \cdot P_{K_1}^2 + \\
&\quad \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial G_{\text{заг}}}\right)^2 \cdot P_{G_{\text{заг}}}^2 + \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial G'_{\text{заг}}}\right)^2 \cdot P_{G'_{\text{заг}}}^2 + \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_{\Pi}}\right)^2 \cdot P_{K_{\Pi}}^2.
\end{aligned} \tag{4.24}$$

Для отримання відносної похибки розділимо обидві частини рівняння (4.24) на $\varphi_{\text{заг}}^2$:

$$\begin{aligned}
\frac{P_{\varphi_{\text{заг}}}^2}{\varphi_{\text{заг}}^2} &= \left(\frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E' \cdot A \cdot G'_{\text{заг}}}{M} \right)^2 P_{K_2}^2 : \\
&\quad K_2^2 \left(\frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E' \cdot A \cdot G'_{\text{заг}}}{M} \right)^2 \\
&\quad + \left(\frac{K_{\Pi} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M} \right)^2 P_E^2 : \\
&\quad \left(\frac{K_2 K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot (E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + E' \cdot A \cdot G'_{\text{заг}})}{M} \right)^2 + \dots + \left(\frac{K_{\Pi} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E' \cdot A}{M} \right)^2 P_{G'_{\text{заг}}}^2 : \\
&\quad : \left(\frac{K_{\Pi} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e (E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + E' \cdot A \cdot G'_{\text{заг}})}{M} \right)^2 \\
&+ \left[\frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot A \cdot e (E \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + E' \cdot G'_{\text{заг}})}{M} \right]^2 P_{K_{\Pi}}^2 : \left[\frac{K_{\Pi} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot A (E \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + E' \cdot G'_{\text{заг}})}{M} \right]^2.
\end{aligned} \tag{4.25}$$

Підставимо числові значення, отримаємо:

$$\begin{aligned}
\delta_{\text{оч}}^2 &= \frac{P_{K_2}^2}{K_2^2} + 0,121 \frac{P_E^2}{E^2} + 0,121 \frac{P_{K_1}^2}{K_1^2} + 0,121 \frac{P_{G_{\text{заг}}}^2}{G_{\text{заг}}^2} + 0,42 \frac{P_{G'_{\text{заг}}}^2}{G_{\text{заг}}'^2} + \frac{P_{K_{\Pi}}^2}{K_{\Pi}^2} = \\
&\quad \delta_{K_2}^2 + 0,121(\delta_E^2 + \delta_{K_1}^2 + \delta_{G_{\text{заг}}}^2) + 0,42(\delta_{G'_{\text{заг}}}^2) + \delta_{K_{\Pi}}^2 \\
&= 10^2 + 0,121(1,38^2 + 4,82^2 + 2^2) + 0,42 \cdot 2^2 + (0,5)^2 = 105,46. \\
\delta_{\text{оч}} &= \sqrt{105,46} = 10,28\%.
\end{aligned} \tag{4.26}$$

Таким чином основна приведена похибка ланцюга вимірювання

$$\delta_{\text{оч}} = 10,28 \%$$

Визначимо додаткову похибку для ланцюга вимірювання (див. рис. 4.3).

При диференційному включенні ПД в ланцюг вимірювання додаткова похибка в основному залежить від точності підтримки витрати водню. Похибка ПД від вимірювання атмосферного тиску, температури, вологості вмісту проби, відносної вологості і т.д. компенсуються на вході електрометричного підсилювача.

Похибка від вимірювання витрати водню на 2% від номінального значення 30 мл/хв приведена похибка корисного сигналу складає 1,5%.

$$\delta_{\text{дод}} = \delta_{H_2} = 1,5 \% \quad (4.26)$$

4.6 Похибка диференційного ланцюга вимірювання газоаналізатора з двома підсилювачами

Розглянемо похибку диференційного ланцюга вимірювання газоаналізатора, яка включає два електрометричних підсилювача. Блок-схема вимірюваного ланцюга приведена на рис. 4.4.

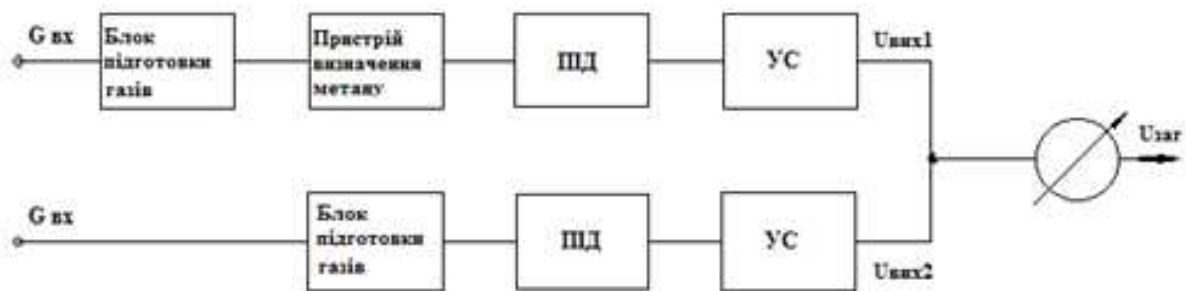


Рис. 4.4 Блок-схема диференційного вимірювального ланцюга газоаналізатора з двома електрометричними підсилювачами

Статична характеристика приведенного ланцюга вимірювання можна зобразити:

$$U_{\text{вих1}} = K_2 R_{\text{вим}} \cdot \frac{e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M}, \quad (4.27)$$

$$U_{\text{вих2}} = K'_2 R_{\text{вим}} \cdot \frac{e \cdot E' \cdot A \cdot K_1 \cdot G'_{\text{заг}}}{M}, \quad (4.28)$$

де K_1 і K_2 - коефіцієнти перетворення кожного із електрометричних підсилювачів

$$\varphi_{\text{заг}} = K_{\text{п}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot \frac{e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M} + K'_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \frac{e \cdot E' \cdot A \cdot G'_{\text{заг}}}{M},$$

Для похибки вимірювання скористаємось формулами (4.1).

Визначимо часні похідні:

$$\begin{aligned}\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_2}\right) &= \frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M}, \\ \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_{\Pi}}\right) &= \frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + K'_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E' \cdot A \cdot G'_{\text{заг}}}{M}, \\ \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_1}\right) &= \frac{K_{\Pi} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot G_{\text{заг}}}{M}, \\ \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial G_{\text{заг}}}\right) &= \frac{K_{\Pi} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1}{M}, \\ \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K'_2}\right) &= \frac{R_{\text{вим}} \cdot K_{\Pi} \cdot e \cdot E' \cdot A \cdot G'_{\text{заг}}}{M}, \\ \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial G'_{\text{заг}}}\right) &= \frac{K'_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{\Pi} \cdot e \cdot E' \cdot A}{M}.\end{aligned}$$

На відміну від випадку з одним підсилювачем вважаємо, що мультиплікативна похибка від нерівності іонізаційної ефективності ПД відсутня, так як є можливість компенсувати її регулюванням коефіцієнтів підсилення K_2 і K'_2 :

$$K'_2 = 10^{-2}; \quad K_2 = \frac{E' \cdot K'_2}{E} = 1,01 \cdot 10^{-2}. \quad (4.29)$$

Тоді абсолютна похибка вимірювання:

$$\begin{aligned}P_{\varphi_{\text{заг}}}^2 &= \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_2}\right)^2 \cdot P_{K_2}^2 + \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_{\Pi}}\right)^2 \cdot P_{K_{\Pi}}^2 + \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_1}\right)^2 \cdot P_{K_1}^2 + \\ &\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial G_{\text{заг}}}\right)^2 \cdot P_{G_{\text{заг}}}^2 + \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K'_2}\right)^2 \cdot P_{K'_2}^2 + \left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial G'_{\text{заг}}}\right)^2 \cdot P_{G'_{\text{заг}}}^2, \quad (4.29)\end{aligned}$$

Для отримання відносної похибки розділимо обидві частини рівняння на $\varphi_{\text{заг}}^2$:

$$\begin{aligned}\frac{P_{\varphi_{\text{заг}}}^2}{\varphi_{\text{заг}}^2} &= \left(\frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}}}{M}\right)^2 \cdot P_{K_2}^2 \\ &: \left(\frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A (K_2 \cdot E \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + K'_2 \cdot E \cdot G'_{\text{заг}})}{M}\right)^2 +\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left(\frac{K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + K'_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot E' \cdot A \cdot G'_{\text{заг}}}{M} \right)^2 \\
& \cdot P_{K_{\Pi}}^2 : \left(\frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot A (K_2 \cdot E \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + K'_2 \cdot E' \cdot G'_{\text{заг}})}{M} \right)^2 + \\
& \quad + \left(\frac{K'_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{\Pi} \cdot e \cdot E' \cdot A}{M} \right)^2 \\
& \cdot P_{\text{заг}}^2 : \left(\frac{K_{\Pi} \cdot R_{\text{вим}} \cdot e \cdot A (K_2 \cdot E \cdot K_1 \cdot G_{\text{заг}} + K'_2 \cdot E' \cdot G'_{\text{заг}})}{M} \right)^2 = \\
& = 0,121 \frac{P_{K_2}^2}{K_2^2} + \frac{P_{K_{\Pi}}^2}{K_{\Pi}^2} + 0,121 \frac{P_{K_1}^2}{K_1^2} + 0,121 \frac{P_{G_{\text{заг}}}^2}{G_{\text{заг}}^2} + 0,42 \frac{P_{K'_2}^2}{K'^2_2} + 0,42 \frac{P_{G'_{\text{заг}}}^2}{G'^2_{\text{заг}}} = \\
& = (0,5)^2 + 0,121(10^2 + 4,82^2 + 2^2) + 0,42(10^2 + 2^2) + 59,25, \quad (4.30) \\
& \delta_{\varphi_{\text{заг}}} = \sqrt{\frac{P_{\varphi_{\text{заг}}}^2}{\varphi_{\text{заг}}^2}} = \sqrt{59,25} = 7,7 \%
\end{aligned}$$

Відносна приведена похибка ланцюга вимірювання на схемі рис. 4.4.

Додаткова похибка ланцюга вимірювання, приведена на рис. 4.3 і 4.4, як і для схеми на рис. 4.3 основному залежить від точності витрати водню $\delta_{\text{дод}} = 1,5\%$.

4.7 Визначення похибки вимірювального ланцюга газоаналізатора, що включає адсорбуючий пристрій

Визначення похибки системи вимірювання, що включає адсорбуючий пристрій, перемикання газових потоків і схему запам'ятовування результату вимірювання. Блок-схема ланцюга вимірювання наведена на рисунку 4.5.

Застосування з колонки з адсорбентом знижує похибку відділення метану від інших вуглеводнів.

З урахуванням домішок, присутніх на сорбенті після продувки, цю похибку на підставі експериментальних даних приймемо рівної 1%, т.е. $\delta_{\text{КНОМ}} = 1\%$.



Рис. 4.5 Блок-схема вимірюваного ланцюга газоаналізатора з адсорбуючим пристроєм

При обчисленні похибки запам'ятовуючого пристрою обмежимося розглядом умовної комірки пам'яті, що включає в себе RC-ланцюг. Вважаємо, що додаткові пристрої, що забезпечують зберігання, віддачу і порівняння сигналів електрометричного підсилювача мають у порівнянні з вказаною коміркою малі похибки.

Схема комірки пам'яті може бути представлена наступним чином рис.4.6.

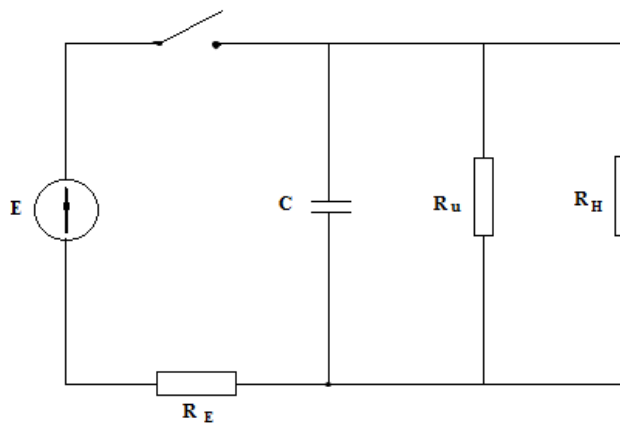


Рис. 4.6 Запам'ятовуючий пристрій

де C – запам'ятовуюча ємність, 1 мкФ ;

R_u – опір ізоляції ємності C , $R_u = 10^{10} \text{ Ом}$;

R_H – опір навантаження ;

R_E – внутрішній опір джерела е.д.с.

Прийmemo опір навантаження рівним 10^{10} Ом , тоді сумарний опір $R = \frac{R_u \cdot R_H}{R_u + R_H} = 5 \cdot 10^9$. Час t запам'ятовування сигналу електрометричного підсилювача складає 3 хвилини. Вихідна напруга електрометричного підсилювача 10 мВ , тобто для приведеної схеми $E=10 \text{ мВ}$.

Після заряду ємності C напруга на ній U_C вимірюється по експоненціальним заряду :

$$U_C = E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (4.31)$$

Підставимо в формулу (4.31) значення R, C, t і E , отримаємо

$$U_C = 10 \cdot e^{-\frac{180}{5 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}} = \frac{10}{e^{0,036}} = 9,66 \text{ (мВ)}$$

Отже, через інтервал часу t напруга на запам'ятовуючому конденсаторі зменшується до величини 9,66 мВ.

Відносна похибка запам'ятовування складає

$$\delta_{K3} = \frac{E - u_c}{E} \cdot 100\% = \frac{100 - 9,66}{10} \cdot 100\% = 3,4 \%$$

В газоаналізаторі, призначеному для вимірювання неметанових вуглеводнів відбувається запам'ятовування сигналу від метану, що міститься у зразку газу протягом 3 хв, а сигнал загальної суми вуглеводнів зберігається протягом $t_1 = 1$ хв.

Похибка запам'ятовування при цьому:

$$E \cdot e^{-\frac{t_1}{RC}} = U_{C1} = 10 \cdot e^{-\frac{60}{5 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}} = e^{\frac{10}{0,012}} = 9,89 \text{ (мВ)}$$

$$\delta_{K31} = \frac{10 - 9,89}{10} \cdot 100 = 1,1\%$$

$$K_{31} = 1$$

Коефіцієнти передачі обох запам'ятовуючих пристроїв можна представити відповідно $K_3 = 1$ і $K_{31} = 1$.

Статична характеристика ланцюга вимірювання метану :

$$\varphi_1 = \frac{e \cdot E \cdot A \cdot K_{\Pi} \cdot G_{\text{заг}}}{M} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{31} \cdot K_{\Pi}. \quad (4.32)$$

Статична характеристика ланцюга вимірювання загальної суми вуглеводнів:

$$\varphi_2 = \frac{e \cdot E \cdot A \cdot G_{\text{заг}}}{M} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{31} \cdot K_{\Pi}. \quad (4.33)$$

Статична характеристика всього ланцюга вимірювання :

$$\varphi_{\text{заг}} = \varphi_1 + \varphi_2. \quad (4.34)$$

Для знаходження похибки вимірювання скористаємося формулою (4.1)

Визначимо часні похідні:

$$\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_2}\right) = \frac{e \cdot E \cdot A \cdot K_H \cdot G_{\text{заг}} \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} \cdot e \cdot E \cdot A \cdot K_H \cdot G_{\text{заг}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{31}}{M},$$

$$\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_3}\right) = \frac{e \cdot E \cdot A \cdot K_H \cdot G_{\text{заг}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{\Pi}}{M},$$

$$\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_H}\right) = \frac{e \cdot E \cdot A \cdot G_{\text{заг}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_3 \cdot K_{\Pi}}{M},$$

$$\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial G_{\text{заг}}}\right) = \frac{e \cdot E \cdot A \cdot K_H \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} + e \cdot E \cdot A \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{31} \cdot K_{\Pi}}{M},$$

$$\left(\frac{\partial \varphi_{\text{заг}}}{\partial K_{31}}\right) = \frac{e \cdot E \cdot A \cdot G_{\text{заг}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{\Pi}}{M}.$$

Відносна похибка вимірювання:

$$\begin{aligned} \frac{P_{\varphi_{\text{заг}}}^2}{\varphi_{\text{заг}}^2} &= \frac{P_{K_2}^2}{K_2^2} + \left(\frac{E \cdot e \cdot A \cdot K_H \cdot G_{\text{заг}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{\Pi}}{M}\right)^2 \cdot P_{K_3}^2 \cdot \varphi_{\text{заг}}^2 + \frac{P_{K_{\Pi}}^2}{K_{\Pi}^2} + \\ &+ \left(\frac{e \cdot E \cdot A \cdot G_{\text{заг}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_3 \cdot K_{\Pi}}{M}\right)^2 \cdot P_{K_H}^2 \cdot \varphi_{\text{заг}}^2 + \frac{P_{G_{\text{заг}}}^2}{G_{\text{заг}}^2} + \\ &+ \left(\frac{e \cdot E \cdot A \cdot G_{\text{заг}} \cdot K_2 \cdot R_{\text{вим}} \cdot K_{\Pi}}{M}\right)^2 \cdot P_{K_{31}}^2 \cdot \varphi_{\text{заг}}^2 = \\ : \varphi_{\text{заг}}^2 &= \partial_{K_2}^2 + \left(\frac{K_H}{K_H + 1}\right)^2 \cdot \delta_{K_3}^2 + \delta_{K_{\Pi}}^2 + \left(\frac{K_H}{K_H + 1}\right)^2 \cdot \delta_{K_H}^2 + \delta_{G_{\text{заг}}}^2 + \left(\frac{1}{K_H + 1}\right)^2 \cdot \delta_{K_{31}}^2 = \\ &= 10^2 + 0,11 \cdot (3,4)^2 + (0,5)^2 + 0,11 + 2^2 + 0,43(1,1)^2 = 106,14 \end{aligned}$$

Основна відносна похибка ланцюга вимірювання (див. рис.4.5) складає:

$$\delta_{\varphi_{\text{заг}}} = \sqrt{106,14} = 10,32 \%$$

Визначимо сумарну додаткову похибку ланцюга вимірювання, наведеною на рис. 4.5.

Похибкою вимірювання витрати повітря для горіння можна знехтувати, т. к. до складу аналізованого газу входить кисень, що підтримує горіння. Експериментально встановлено, що для ПД коаксіальної концентрації вплив витрати повітря для горіння на корисний сигнал дуже малий.

Як уже зазначалося, похибка вимірюваної величини від вимірювання витрати водню в межах допуску пневматичних пристроїв становить

$$\delta_{H_2} = 1,5 \%$$

Похибка підтримки витрати водню в пневматичних пристроях від зміни атмосферного тиску.

Ця похибка виражається у відносному зміні корисного сигналу при коливаннях тиску від 680 до 785 мм.рт. ст.

Витрати повітря для горючості і аналізованого газу можна вважати незмінними, так як атмосферний тиск змінюється на вході і на виході їх газових трактів.

Газовий канал подачі водню включає в себе мембранний редуктор тиску і прикутий дросель. Тиск на виході регулятора підтримується рівним 3 кг/см². Витрата Q водню складає 30 мл/хв. Пневматична опір R_{hH} виражаємо:

$$R_{hH} = \frac{3}{30} = 0,1 \text{ кг/см}^2 \cdot \text{мл/хв}$$

Визначаємо похибка від максимального вимірювання атмосферного тиску, так як від зниження тиску до 680 мм рт.ст.

$$\delta = \frac{760 - 680}{760} = 0,105$$

Посилення, яке виробляє атмосферний тиск на мембрану регулятора:

$$F_{at} = P_{at} \cdot S_{ef} = 1 \cdot 15,9 = 15,9 \text{ (кг)}$$

де S_{ef} - ефективна площа мембрани, $S_{ef} = 15,9 \text{ см}^2$.

визначимо зусилля, яке створює тиск в 80 мм рт. ст. на мембрану регулятора:

$$F = 0,105 \cdot 15,9 = 1,67 \text{ (кг)}$$

Для визначення приросту вихідного тиску необхідно знати жорсткість пружин регулятора, характеристику мембрани і дросельного елемента в підмембранній порожнині.

Експериментально встановлено, що $C_{пруж} = 5 \text{ кг/мм}$. Переміщення верхньої кромки пружини до установки вихідного тиску $P = 3 \text{ кг/см}^2$ складає 7,5 мм.

Підсилення $F_{пр}$, яке розвиває пружина

$$F_{пр} = C \cdot 7,5 = 37,5 \text{ (кг)}$$

Сумарна сила, що діє на мембрану:

$$F_{пр} + F_{at} = 37,5 + 15,9 = 53,4 \text{ (кг)}$$

Для установки величини вихідного тиску, рівного 3 кг/см² потрібне підсилення в 53,4 кг .

Визначимо зміну вихідного тиску від зменшення $P_{\text{атм}}$ на 80 мм.рт.ст.:

$$\Delta P_1 = \frac{3 \cdot 167}{53,4} = 0,094 \text{ кг/см}^2$$

Значення перепаду тиску ΔP на R_{hH} при зменшенні $P_{\text{атм}}$ на 80 мм.рт.ст.:

$$\Delta P = 3 + 0,105 = 3,11 \text{ кг/см}^2$$

Для даної схеми газового каналу водню, зниження $P_{\text{атм}}$ до 680 мм.рт.ст. викличе зміну об'ємної витрати водню, значення якого :

$$Q_2 = \frac{3,11 - 0,094}{0,1} = 30,11 \text{ мл/хв}$$

Відносна похибка підтримки витрати водню при зменшенні $P_{\text{атм}}$ до 680 мм рт. ст. буде дорівнювати :

$$\delta'_Q = \frac{Q_2 - Q_H}{Q_H} \cdot 100 \% = 0,37 \%$$

При цьому вважаємо, що пружні елементи регулятора тиску мають ідеальні характеристики.

Визначити приведену похибку корисного сигналу при зміні об'ємної витрати водню на 0,37 % з експериментальних даних. $\delta_{\text{тиск}} = 0,28 \%$.

Похибка від зміни навколишньої температури визначимо експериментально, враховуючи, що точність підтримки температури в термостаті детекторів в діапазоні від +10°C до +35°C зберігається на рівні $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

При зміні температури термостата з 60°C до 60,5°C сигнал детектора збільшується на

$$\Delta I = 0,005 \cdot 10^{-11} \text{ А.}$$

Відносна похибка від зміни температури складає

$$\delta_t = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100 = \frac{0,005 \cdot 10^{-11} \cdot 100}{0,8 \cdot 10^{-11}} = 0,62 \%$$

де I – струм детектора , (А)

Похибка від зміни відновної вологості від 10 до 50% зміни навколишнього повітря при $t=+40^\circ\text{C}$ складає 4,65 % [91].

$$\delta_{\text{вол}} = 4,65\%$$

Похибка вихідного сигналу від зміни іонізаційної ефективності ПІД при коливанні атмосферного тиску від 760 до 680 мм.рт.ст. складає 18 % [92].

$$\delta_{\text{тиск ПІД}} = 18 \%$$

Сумарна додаткова похибка вимірюваного ланцюга газоаналізатора, приведена на рисунку 4.5 складає:

$$\begin{aligned} \delta_{\text{дод}} &= \pm \sqrt{\delta_{\text{H}_2}^2 + \delta_{\text{тиск}}^2 + \delta_t^2 + \delta_{\text{вол}}^2 + \delta_{\text{тиску ПІД}}^2} \\ &= \pm \sqrt{1,5^2 + 0,28^2 + 0,62^2 + 4,65^2 + 18^2} = 18,63 \% \end{aligned}$$

Таким чином, із розглянутих структурних схем газоаналізаторів найменшу сумарну похибку має диференціальна схема вимірювання з двома електрометричними підсилювачами. Величини основних похибок диференціальної схеми вимірювання з одним підсилювачем і схеми з одним детектором і адсорбуючим пристроєм близькі між собою. Для останньої схеми вимірювання, однак, характерна наявність великої додаткової похибки, обумовленої впливом неінформативних параметрів вимірювання на корисний сигнал полум'яно - іонізаційного детектора. Ця схема дозволяє проводити тільки дискретне вимір вуглеводнів в атмосфері на відміну від диференціальних схем з каталітичним методом відділення метану. Інтервал між вимірами в схемах з одним датчиком складає в різних газоаналізаторах від 3 до 10 хв.

Для розроблюваного макету газоаналізатора була обрана схема диференціального включення датчиків полум'яної-іонізації з двома електрометричним підсилювачем такою, що найбільш відповідає вимогам точності вимірювання.

Наведений наближений аналіз похибок пророблений для схем газоаналізаторів, що складаються з розроблених і наявних серійних вузлів, похибки яких можуть відрізнятися від похибок аналогічних елементів, застосовуваних в зарубіжних приладах. Внаслідок цього, висновки, що стосуються вибору оптимальної схеми газоаналізатора вуглеводнів, можуть бути справедливими насамперед на даному рівні розробки. У процесі подальших досліджень і вдосконалення розроблених вузлів макета є можливість коригування

обраної структурної схеми газоаналізатора з метою досягнення найменшої похибки вимірювання.

4.8 Двоконтурна інваріантна система вимірювання випаровувань палива

На рис. 4.7 представлена двоконтурна інваріантна система вимірювання випаровувань палива підвищеної надійності.

Система складається з комбінації двох газоаналізаторів, які реалізують різні методи газового аналізу: термокаталітичний і полум'яно-іонізаційний. Термокаталітичний реалізований на мостовій схемі працює аналогічно схемі рис. 4.1. Полум'яно-іонізаційний газоаналізатор реалізований на диференційній схемі включення полум'яно-іонізаційних датчиків з двома електрометричним підсилювачем.

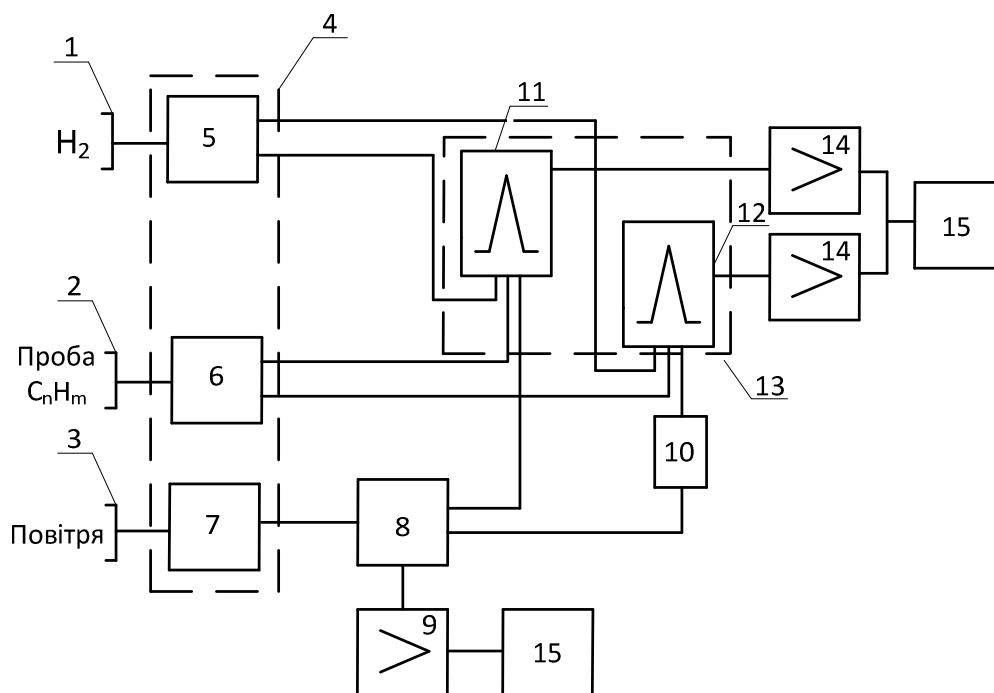


Рис. 4.7 Блок схема двоконтурна інваріантна системи вимірювання випаровувань палива

1 – вхід водню, 2 – вхід проби, 3 – вхід повітря, 4 – блок підготовки газів; 5,6,7 – пристрій очистки і стабілізації газових потоків, 8 – термокаталітичний детектор, 9 – підсилювач, 10 – колонка відділення метану, 11,12 – полум'яно-іонізаційний детектор №1, №2, 13 – блок полум'яно-іонізаційний аналізатора, 14 – електрометричний підсилювач, 15 – індикаторний пристрій.

Двоконтурна інваріантна схема вимірювання випаровувань палива працює наступним чином. Атмосферне повітря АЗС з парами палива по газопроводу «Повітря» 3, проходить пристрій очистки і стабілізації газових потоків 7, і надходить до терморкаталітичного детектору 8. Вихідний сигнал з терморкаталітичного детектору 8 підсилюється підсилювачем 9 і виводиться на регістратор 15.

Таким чином вимірюється фактична концентрація парів палива у атмосфері АЗС. Але при цьому за рахунок спалювання фонових концентрацій вуглеводнів на терморкаталітичному детекторі 9, потік атмосферного повітря очищається від вуглеводнів і далі цей очищений повітряний потік розділяється на дві рівні частини і подається до полум'яно-іонізаційних детекторів 11, 12. До яких також в рівних частинах по газопроводу «Водень» 1 після пристрою очистки і стабілізації газових потоків 5 подається чистий водень.

Проба, що досліджується подається по газопроводу «Проби» 2 проходить пристрій очистки і стабілізації газових потоків 6 і розділяється на дві рівні частини. На полум'яно-іонізаційних детекторів 11 потік подається без змін. Друга частина потоку проходить через колонку 10, де поглинаються всі вуглеводні крім метану і потік подається на полум'яно-іонізаційних детекторів 12. Вихідні сигнали подаються на підсилювач 14. Індикаторний прилад 15 реєструє різницю між двома вхідними сигналами, що являється величиною вмісту вуглеводнів за вирахуванням метану.

Таким чином запропонована система дозволила термоккаталітичним методом провести вимірювання фонових концентрацій вуглеводнів у повітрі АЗС і одночасно при цьому очистити повітря для його подальшого використання в ПД.

Запропонована система (рис. 4.7) дозволила ліквідувати адитивну похибку вимірювання ПД і знизити основну приведену похибку до 5%. Однією з головних переваг запропонованої схеми є зменшення частоти відмов ПД за рахунок видалення фактичного використання двох каналів вимірювання, відмова одного з каналів не приводить до втрати вимірювальної інформації, інформація надходить і другого вимірювального каналу.

Табл. 4.1 Порівняння показників надійності комплексів ТК-1

Вид методу	Напрацювання на першу відмову, год		Середній час відновлення, год
Термокatalітичний газоаналізатору	2012р – 2015р	11600	2
Полум'яно-іонізаційний газоаналізатору	2012р – 2015р	9780	4
Двоконтурна інваріантна газоаналітична система	2012р – 2015р	14840	1

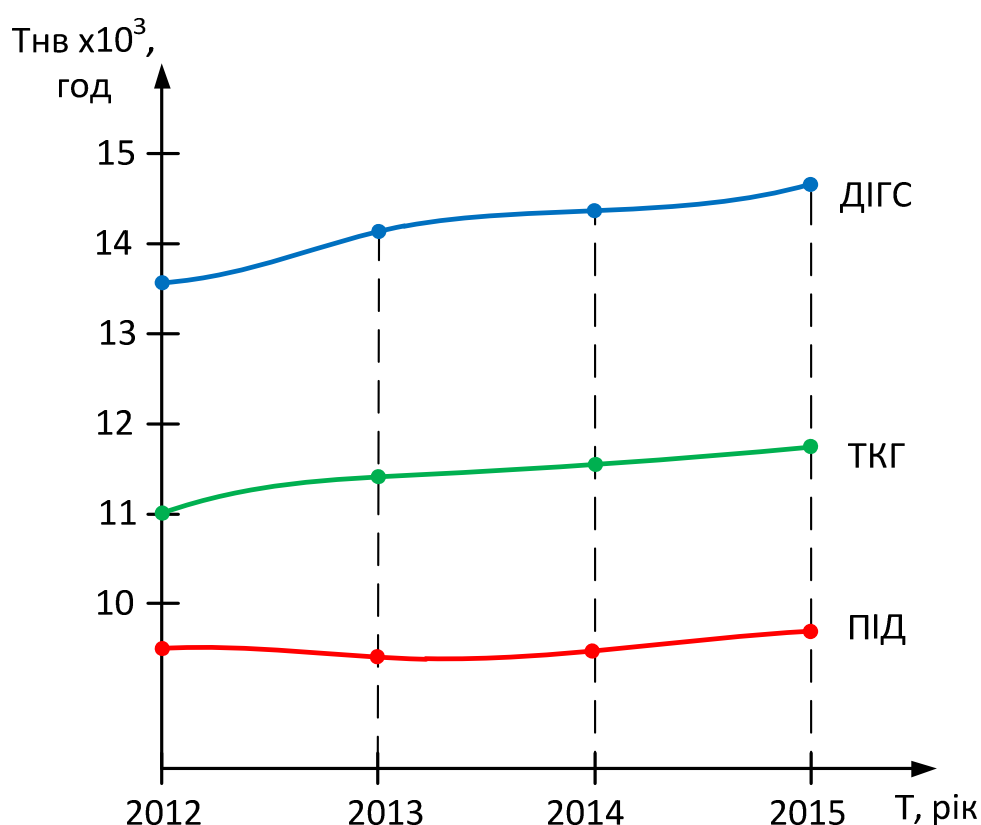


Рис. 4.8 Часові графіки напрацювання на відмову

- термокatalітичного газоаналізатору (ТКГ);
- полум'яно-іонізаційного газоаналізатору (ПІД);
- двоконтурної інваріантної газової системи (ДІГС).

При роздільному окремому застосуванні термокatalітичного і полум'яно-іонізаційного методу застосуванні напрацювання на відмову при традиційному підході до контролю викидів становило від 9780 год. до 11600 год., що менше 15000 год, передбачених ГОСТ13320-81 для стаціонарних газоаналізаторів у викидах промислових підприємств. Напрацювання на відмову з використанням двоконтурної інваріантної газоаналітичної системи становило від 13570 год до

14840 год. Наведені дані підтверджені відповідним Актом (Додаток В), наданим ТОВ «Автоекоприлад» і ТОВ «Прем'єр-Ліга». На рис. 4.8 наведено часові графіки напрацювання на відмову відповідно термokatалітичного газоаналізатору (ТКГ), полум'яно-іонізаційного газоаналізатору (ПД) і двоконтурної інваріантної газової системи (ДІГС).

Висновок до Розділу 4

1. Вперше запропоновано нові схемні рішення автоматичних газоаналізаторів, які реалізують термokatалітичний, полум'яно-іонізаційний методи газового аналізу за рахунок введення термokatалітичної камери обробки атмосферного повітря, і використання його в якості нульового калібрувального газу, що дозволило знизити основну приведену похибку у термokatалітичного газоаналізатора з 8% до 4%, а в полум'яно-іонізаційного з 10% до 5%.

2. Аналіз похибок вимірювальних каналів газоаналізатора, дозволив визначити основні джерела похибки і орієнтовно оцінити їх величину. При оцінці похибок окремих елементів ланцюга вимірювання були використані експериментальні дані, отримані в процесі випробування макета газоаналізатора, а також дані, наявні в опублікованих матеріалах.

3. Запропонована схема нова двоконтурна інваріантна схема газоаналізатора вимірювання випаровувань дозволила ліквідувати адитивну похибку вимірювання ПД і знизити основну приведену похибку до 5%. Однією з головних переваг запропонованої схеми є зменшення частоти відмов ПД за рахунок видалення фактичного використання двох каналів вимірювання, відмова одного з каналів не приводить до втрати вимірювальної інформації, інформація надходить і другого вимірювального каналу.

4. Розроблена нова двоконтурна інваріантна схема газоаналізатора вимірювання випаровувань, на базі комбінації полум'яно-іонізаційного і термokatалітичного методів газового аналізу з підвищеним напрацюванням часу на відмову до 14840 годин.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-практичної задачі підвищення надійності газоаналітичних систем автозаправних станцій і точності вимірювання концентрацій шкідливих речовин при випаровувань палива в атмосферне повітря за рахунок використання термokatалітичної камери обробки атмосферного повітря, і використання його в якості нульового калібрувального газу, та підвищення чутливості полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів вуглеводнів за рахунок використання диференційної схеми детектору з коаксіальною подачею газів.

Основні результати роботи полягають у наступному.

1. Проведено аналіз сучасного стану інструментально-методичної і нормативної бази, визначені наступні основні методи газового аналізу для контролю випаровувань палива на АЗС: термokatалітичний, полум'яно-іонізаційний. Найбільш придатними для умов цілодобової експлуатації визначено термokatалітичний метод, для застосування екологічного контролю викидів АЗС пересувними мобільними комплексами вибрано полум'яно – іонізаційний.

2. Встановлено фактори, що впливають на точність вимірювання і чутливість засобів вимірювання, це наявність випаровувань палива у атмосферному повітрі при їх калібруванні. Розроблені нові схемні рішення автоматичних газоаналізаторів, які реалізують термokatалітичний, полум'яно-іонізаційний і методи газового аналізу за рахунок введення термokatалітичної камери обробки атмосферного повітря, і використання його в якості нульового калібрувального газу, що дозволило знизити основну приведену похибку у термokatалітичного газоаналізатора з 8% до 4%, а в полум'яно-іонізаційного з 10% до 5%.

3. Вдосконалено методологію визначення концентрацій забруднюючих речовин на території АЗС, в санітарно-захисній і житловій зоні. Вперше запропоновано метод вимірювання концентрацій забруднюючих речовин, який на відміну від існуючих враховує повторюваності напрямків вітру, що забезпечило зменшення похибки вимірювань до ± 10 %. Одержано великий набір статистичних

даних про характер формування об'ємно – просторового випаровування парів палива АЗС в умовах міської забудови про розповсюдження випаровувань АЗС в атмосфері: до 300 м по горизонталі і до 24 метрів у висоту. Отримані дані можуть бути основою для вдосконалення технологічних режимів роботи АЗС, а також архітектурно-планувального обґрунтування розміщення АЗС у міській забудові.

4. Отримано, за рахунок аналізу експериментальних даних, підтверджених вдосконаленими розрахунковими методиками, усереднене значення валових викидів парів палива на тону реалізації: на тону бензину – 2 кг, на тону дизпалива – 0,003 кг, на тону скрапленого газу – 0,976 кг. Середньостатистична АЗС на вісім – десять постів заправки викидає в атмосферу 2- 6 тонн палива на рік за рахунок процесів випаровування.

5. Вперше створено метод компенсації адитивної похибки полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів за рахунок використання в якості нульового газу каталітично обробленого атмосферного повітря, який на відміну від існуючих газоаналізаторів дозволяє забезпечити точність методу газового аналізу до 0,072 мг/м³.

6. Розроблена та апробована нова конструкція полум'яно-іонізаційного детектора з коаксіальною подачею газових потоків для визначення мікроконцентрацій вуглеводнів в атмосферному повітрі з основною приведеною похибкою 5%. Вдосконалено полум'яно-іонізаційний метод за рахунок коаксіальної подачі газових потоків: проби, повітря, водню, що дозволяє регулювати величину початкового фонових сигналу і підбирати рівень необхідної чутливості.

7. Вперше запропоновано нова двоконтурна інваріантна система вимірювання випаровувань, на базі комбінації полум'яно-іонізаційного і термокаталітичного методів газового аналізу з підвищеним напрацюванням часу на відмову до 14840 годин.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Франчук Г. М. Оцінювання забруднення ґрунтів нафтопродуктами внаслідок діяльності автозаправних станцій / Г. М. Франчук, М. М. Радомська // Вісник НАУ. – 2009. – №1(38). – С. 46–49.
2. Франчук Г. М. Аналіз даних про токсичність паливно-мастильних матеріалів для людини / Г. М. Франчук, М. М. Николяк // Вісник НАУ. – 2007. – №3–4(33). – С. 54–58.
3. Соколова Е. В. Оценка факторов воздействия выбросов АЗС на воздушную среду их рабочей зоны и прилегающей территории / Е. В. Соколова [и др.] ; Волгогр. гос. арх.-строит. ун-т // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. : Строительство и архитектура. - 2011. - Вып. 25 (44). - С. 392-397.
4. Соколова Е. В. К оценке экологической опасности выбросов автозаправочных станций (АЗС) для воздушного бассейна городских комплексов / Е. В. Соколова ; Сев.-Кавказ. гос. тех. ун-т // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. - 2012. – N 1 (30). - С. 64-68.
5. Шубов Л.Я. Проблема загрязнения окружающей среды от деятельности АЗС / Л.Я. Шубов // Экология и промышленность России. - 2005. - № 12. - С. 34-39.
6. Безбородов Ю.Н., Горбунова Л.Н., Баранов В.А., Подвезенный В.Н. Промышленная безопасность объектов нефтепродуктообеспечения.
7. Беляев А.Ю. Оценка влияния автозаправочных станций (АЗС) на геологическую среду: моногр. – М.: МГСУ, 2005. – 67 с.
8. Яковлев В.С. Хранение нефтепродуктов. Проблема защиты окружающей среды. – М: Химия, 1987.– С. 150.
9. Terrés, I. M. Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings [Text] / I. M. Terrés, M. D. Miñarro, E. G. Ferradas, A. B. Caracena, J. B. Rico // Journal of Environmental Management. – 2010. – № 91. – P. 2754–2762.
10. Periago, J.F. Evolution of occupational exposure to environmental levels of aromatic hydrocarbons in service stations[Text] / J.F. Periago, C. Prado// Annals of Occupational Hygiene. – 2015. - №49. – P. 233-240.

11. Periago, J.F. Evaluation of environmental levels of aromatic hydrocarbons in gasoline service stations by gas chromatography [Text] / J.F. Periago, C. Prado, A. Zambudio // *Journal of Chromatography A*. – 1997. - №778(1-2) . – P. 263–271.
12. Overton E. B. Trends and advances in portable analytical instrumentation [Text] / E. B. Overton, U. Ehrmann, K. R. Carney // *Field Analytical Chemistry and Technology*. – 1996. – № 1(2). – P. 87-92.
13. Torvela H. J. *Measurement of Atmospheric Emissions*–London: Springer - Verlag, 1994. – P. 200.
14. Makas A. L. Field chromatography-mass-spectrometry for fast analysis / A. L. Makas, M. L. Troshkov // *Journal of Chromatography*. – 2004. – В. 800. – P. 55–61.
15. Грузнов В.М. Экспрессный анализ рассеянных углеводородных газов / В. М. Грузнов, М. Н. Балдии, В. А. Каишрцев, А. К. Головки, В. Н. Сидельщиков // *ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ*. –2008. - т.5.- С. 54-60
16. Грузнов В.М. Портативные экспрессные газоаналитические приборы для определения следовых количеств веществ / В. М. Грузнов, В. Г.Филоненко, М. Н. Балдин, А. Т. Шишмарев // *Российский химический журнал* – 2002. – Т.46. – № 4. – С.100-108
17. Вартанов А. З. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг [Текст] / А. З. Вартанов, А. Д. Рубан, В. Л. Шкуратник. – М. : Горная книга, 2009. – 640 с.
18. Исаев Л. К. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды [Текст]: учеб.пособие / Л. К. Исаев. – СПб.: Крисмас, 1998. – 896 с.
19. Екоінформаційні, багато параметрові газоаналітичні прилади і системи екологічного моніторингу довкілля [Текст] / О.А. Дашковський, І.Л. Міхеєва, В.П. Приміський // *Вісті Академії інженерних наук України*. – 2003. – №2. – С.6-14.
20. Максименко Ю. Н. Влияние изменения температуры излучателя на характеристики инфракрасного газоанализатора [Текст]/Ю. Н. Максименко// *Вісник НТУУ “КПІ”, серія «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»*.– 2004 – № 28. – С. 85-91.
21. Орлов М. О. Первинні перетворювачі концентрації токсичних газів у повітрі вздовж автомагістралей населених пунктів [Текст] / М. О. Орлов, В. Я.

Подольский, Л. В. Леміш. // Вісник НТУУ “КПІ”, серія «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ». – 2004. – № 28, – С. 29–33.

22. Орлов М. О. Система моніторингу довкілля [Текст] / М. О. Орлов, І. Л. Міхеева, В. А. Трокоз. // Вісник НТУУ “КПІ”, серія «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ». – 2004. – № 28. – С. 33–37

23. Михеева И. Л. Автоматические газоанализаторы загрязнения атмосферного воздуха [Текст] / И.Л. Михеева, В. К. Куринный, В. Ю. Таякин, Л. Д. Мазыра // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2003. – № 1. – С.28–31.

24. Франко Р.Т. Газоаналитические приборы и системы [Текст] / [Р. Т. Франко, Б. Г. Кадук та ін.]; под ред. А. А. Кравченко – М.: Машиностроение, 1983. – 128 с.

25. Конопелько Л.А., Рожнова М.С. , Левбраг Е.С. и др. Метрология физико-химических измерений. Гармонизация нормативной базы газоаналитических измерений в Украине с международными стандартами. – СПб, 2011. – 580 с.

26. Рожнов М. С. Способ установления качества измерений в газовом анализе - национальный и международный аспекты [Текст] / М. С. Рожнов. // Химия и материаловедение. – 2007. – №8. – С. 415-417

27. А. С. 1354059 СССР, МКИ4 G 01 N 1/22. Устройство для поверки газоанализаторов [Текст] / А. Я. Ровенский, В. Г. Михальчевский, В. Ф. Примиский, Л. А. Цуканова (СССР). – № 3962473/24-26; заявл. 09.10.85; опубл. 23.11.87, Бюл. № 43.

28. Порев В. А. Вимірювальний газо-аналітичний комплекс паливно-мастильних матеріалів [Текст] / В. А. Порев, З. Д. Безрук, В. П. Приміський. // Вісник НТУУ “КПІ”, серія «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ». – 2006.– № 31.– С. 63–69.

29. Мовчан Н.Н. Выбросы в атмосферу - все под контролем [Текст] / Н.Н.Мовчан, З.Д.Безрук, А.А. Дашковский, В. Ф. Примиский // Твердые бытовые отходы. – 2007. – №1. – С.53-56.

30. Wikipedia [Електронний ресурс]: Список країн за кількістю автомобілів на 1000 осіб / Режим доступу:<https://uk.wikipedia.org/>

31. Swinomatka.wordpress [Електронний ресурс]: ринок України: гравці, сфери впливу / Режим доступу: <http://swinomatka.wordpress.com/>

32. Містобудування. Планування і забудова міських та сільських поселень: ДБН 360-92**. – [Чинний від 2002-04-19]. – К. : Держбуд України, 2002. – 120 с. – (Державні будівельні норми України).

33. Nefterynok [Електронний ресурс] : В июне Украина импортировала рекордные объемы сжиженного газа / Режим доступа : http://www.nefterynok.info/news.phtml?news_id=15736

34. Nefterynok [Електронний ресурс] : Прокачки подкачали / Режим доступа : http://www.nefterynok.info/analytics.phtml?art_id=308

35. Волгушев Ю. В. Станции: Оборудование. Эксплуатация [Текст] / Ю. В. Волгушев, А. Н. Сафонов, А. С. Ушаков. – СПб.:ДНК, 2001. – 176 с.

36. Соколова Е. В. Обоснование мероприятий по снижению уровня воздействия АЗС на атмосферу городских комплексов / Е. В. Соколова, С. А. Кошкарёв // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2013. – № 3 (36). – С.102 – 107.

37. Красногорская, Н. Н. Оценка экологической опасности «больших дыханий» резервуаров автозаправочных станций крупного города [Текст] / Н. Н. Красногорская и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 6. – С. 34–38.

38. Івасенко В.М. Вплив промисловості на стан атмосферного повітря в місті Києві [Текст] / В.М. Івасенко // Погляд у майбутнє приладобудування: IV наук.-техн. конф., 12 квітня 2011р. : тези доп. – Київ, 2011. – С.208.

39. Постанова Держпостачу СРСР «Об утверждении норм естественной убыли нефтепродуктов при приеме, хранении, отпуске и транспортировании» («Про затвердження норм природного убутку нафтопродуктів при прийманні, відпускання та транспортуванні») від 26.03.1986 року № 40 (зі змінами від 11.08.2011 року)

40. Радомська М.М. Підвищення екологічної безпеки паливозаправних об'єктів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец.21.06.01 «Екологічна безпека»/ М.М. Радомська. – Київ, 2011. – 23 с.

41. Наказ МОЗ України №173 від 19.06.96 Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів [Із змінами,

внесеними згідно з Наказами Міністерства охорони здоров'я №362 (z0908-07) від 02.07.2007, №653 (z0885-09) від 31.08.2009].

42. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами). Офіційне видання. ДСП – 201-97, МОЗ України.- К., 1997.

43. ГОСТ 17.2.1.04-77. Охрана природы. Атмосфера. Методологические аспекты загрязнения и промышленные выбросы. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 14 с.

44. ДСТУ 17.2.4.02-81 Охорона природи. Атмосфера. Загальні вимоги до методів визначення забруднюючих речовин// Міністерство аграрної політики України, 13 травня 2008 року, №294. – 26 с.

45. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Взамен ГОСТ 12.1.005 – 76; Введен с 01.01.89. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 65 с.

46. ГОСТ 12.1.044-84 (СТСЭВ 4831 -84) Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 01.01.88 – М.: Госстандарт, 1987. – 135 с.

47. ДСТУ EN 45544-1:2009. Повітря робочої зони. Сигналізатори та аналізатори токсичних газів і парів електричні. Частина 1. Загальні вимоги та методи випробування [Текст] / Чинний від 2011-07-01. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — VII, 76 с.

48. ДСТУ EN 14604:2009. Системи пожежної сигналізації. Сигналізатори диму пожежні [Текст] / Чинний від 2011-07-01. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — VII, 50 с.

49. Івасенко, В. М. Розрахункова модель випаровуваньавтозаправних станцій [Текст] / Івасенко,В. М. // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – № 40 (1083). – С.51–59.

50. Епанчинцева О. М. Методы измерений и приборы: учебное пособие / О. М. Епанчинцева – Кемерово: КЕМПК, 2009. – 304 с.

51. Draeger [Електронний ресурс]: Газоизмерительные приборы / Режим доступу: <http://www.draeger.com/>

52. Приміський, В. П. Патент України № 69503 G01 N 21/01. Інфрачервоний газоаналізатор / В. П. Приміський // Бюл. винаходів – 2004. - № 9.

53. Варламов А. З., Рубан А. Д., Шкуратник В. Л. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологического контроля окружающей среды и экологический мониторинг/ Учебник для вузов – М.: Издательство «Горная книга», 2009.- 640с.

54. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від № 248 від 08.04.2014 [Електронний ресурс] – Режим доступу :<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>

55. Приміський, В. П. Стан та перспективи розвитку полум'яно-іонізаційного методу для вимірювання концентрації вуглеводнів [Текст] / В. П. Приміський, А. В. Жужа // Метрологія та прилади. - 2013. - №2. - С. 45-52

56. Івасенко, В. М. Вираження концентрацій забруднюючих речовин [Текст] / В. М. Івасенко, Д. Г. Корнієнко // Приладобудування: стан і перспективи: XIII міжн. наук.-техн. конф., 23-24 квітня 2014.: тези доп. – Київ, 2014. – С.132-133.

57. Жужа А. В. Моніторинг довкілля [Текст] / А. В. Жужа // Сучасні проблеми екології та геотехнологій: X Всеукр. наук. конф.: тези доп. – Житомир, 2013. – С.141.

58. Жужа А. В. Структурные схемы построения пламенно-ионизационных газоанализаторов [Текст] / А. В. Жужа // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія : Технічний прогрес та ефективність виробництва. - 2014. - № 40. - С. 114-119

59. Івасенко В. М. Моніторинг викидів автозаправних станцій [Текст] / В.М. Івасенко // Приладобудування: стан і перспективи.: XIV міжн. наук.-тех. конф. 22-23 квітня 2015.: тези доп. – Київ, 2015. – С. 132–133.

60. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л., 1975. – 440 с.

61. ОНД—86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. — Л.: Гидрометеиздат, 1987.

62. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. - 272 с.

63. Бызова Н.Л. Методические пособия по расчету рассеяния примеси в пограничном слое атмосферы по метеорологическим данным. — М.: Гидрометеиздат, 1973.

64. Замай С.С., Якубайлик О.Э. Модели оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами в информационно-аналитической системе природоохранных служб крупного города: Учеб.пособие / Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 1998. – 109 с.

65. Учет дисперсионных параметров атмосферы при выборе площадок для атомных электростанций. Руководство по безопасности АЭС. — Вена: МАГАТЭ, 1980.

66. Techniques and decision making in the assessment of off-site consequences of an accident in a nuclear facility. Safetyseries № 86. — Vienne: IAEA, 1987.

67. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от различных производств [Текст] / Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 196 с.

68. ГСТУ 320.00149943.016-2000. Гази вуглеводневіскраплені. Методика розрахункувтрат [Текст] / Назамінурозділу 8 ГСТУ 320.24370569.009-98; введ. 2000-12-01. – К.: Держнафтогазпром, 2000. – 9 с.

69. Івасенко В. М. Автозаправні станції: дослідження обсягів викидів, вплив на довкілля [Текст] / В. М. Івасенко // Технологический аудит и резервыпроизводства. – 2015. - №1/2 (21). – С.8-12.

70. Pulika, I. E. Automatic control system for an automotive compressed gas filling station [Text] / I. E. Pulika, O. N. Kononenko, S. D. Al'tshul' // Chemical and Petroleum Engineering. —1997. — Vol. 33, № 5. — P. 518–521. doi:10.1007/bf02416612

71. Івасенко, В. М. Особливості інвентаризації і виміру викидів АЗС [Текст] : XI Міжн. наук.-тех. конф. / В. М. Івасенко, В. П. Приміський // Приладобудування: стан і перспективи. – Київ, 2012. – С. 142–143.

72. Пат. на корисну модель № 93833 України, МПК G01W 1/00. Спосіб контролю забруднення атмосфери викидами автозаправних станцій / В.М. Івасенко – № 201408911; заявл. 07.08.2014, опубл. 10.10.2014, Бюл. №19. – 4с.

73. Збірник "Гранично допустимі концентрації /ГДК/ та орієнтовні безпечні рівні діяння /ОБРД/ забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць" [Текст] / Донецьк: Український науковий центр технічної екології ОАО "УкрНТЕК", 2006. – 133 с.

74. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях РД 52-04-52-85 [Текст] / М.: Гидрометеиздат, 1987. – 52 с.

75. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89 [Текст] / М.: Госкомгидромет, 1991. – 693с.

76. Рыжков В. Ф. Портативный пламенно-ионизационный газоанализатор / В. Ф. Рыжков // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2004. – № 1.– С. 27 – 29.

77. Івасенко В. М. Полум'яно-іонізаційний детектор з коаксіальним подаванням газів. Експериментальні дослідження / В.П. Приміський, В. М. Івасенко // Метрологія та прилади. - 2015. -№ 2. - С. 29-32

78. Івасенко В. М. Дослідження основних метрологічних характеристик полум'яно-іонізаційного детектора [Текст] / В. М. Івасенко // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Приладобудування. - 2015. - Вип. 49. - С. 75-81.

79. Приміський В. П. Стан та перспективи розвитку полум'яно-іонізаційного розвитку для вимірювання концентрації вуглеводнів / В. П. Приміський, А. В. Жужа // Метрологія та прилади. – 2013. – № 2. – С. 45 – 52.

80. Івасенко В. М. Сучасні засоби інструментального контролю (газоаналізатори і газоаналітичні системи) відпрацьованих газів автомобілів / В. М. Івасенко, В. П. Приміський, Д. Г. Корнієнко, А. В. Ватаву, А. В. Жужа //Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. Нові рішення в сучасних технологіях. – 2012. – № 68. – С. 135 – 141.

81. Приміський В.П. Станції контролю атмосфери: стан та перспективи розвитку [Текст] / В. П. Приміський, В. М. Івасенко // Метрологія та прилади. – 2012. – № 1. – С.43-49.

82. Івасенко В. М. Залежність чутливості полум'яно-іонізаційного детектора від витрат газів [Текст] / В.М. Івасенко, А.В. Жужа // Приладобудування: стан і перспективи: XII міжн. наук.-техн. конф., 23-24 квітня 2013.: тези доп. – Київ, 2013. – С.148-149.

83. Івасенко, В. М. Метрологічне забезпечення газоаналітичних вимірювань [Текст] / В.М. Івасенко, А.В. Жужа // Гиротехнології, навігація, керування рухом і конструювання аварійно-космічної техніки: IX міжн. наук.-тех. конф., 17-18 квітня 2013 р.: тези доп. – Київ, 2013. – С.425-428.

84. Івасенко В. М. Методи і прилади контролю викидів автозаправних станцій [Текст] / В. М. Івасенко, В. П. Приміський // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси. - 2014. - № 60 (1102). - С. 174-180.

85. Пат. на корисну модель № 97688 України, МПК G01N 25/22, G01N 27/62, Термокatalітичний газоаналізатор випаровувань автозаправних станцій / В.М. Івасенко – № 201412243; заявл. 13.11.2014, опубл. 25.03.2015, Бюл. №6. – 4с.

86. Газоанализаторы промышленные автоматические. Общие технические условия: ГОСТ 13320:81. – [действующий от 12.03.81]. – М. : Государственный комитета СССР по стандартам, 1981. – 33 с.

87. Пат. на винахід № 108727 України, МПК G01N 27/62, Полум'яно – іонізаційний газоаналізатор випаровувань палива / В.М. Івасенко, В.П. Приміський, А.В. Жужа ; № 201411022; заявл. 09.10.2014, опубл. 25.05.2015, Бюл. №10. – 4с. Автором особисто запропонований новий спосіб подачі газових потоків.

88. Пат. на корисну модель № 98736 України, МПК G01N 27/62, Полум'яно – іонізаційний газоаналізатор випаровувань палива / В.М. Івасенко, В.П. Приміський, А.В. Жужа ; № 201411027; заявл. 09.10.2014, опубл. 12.05.2015, Бюл. №9. – 4с

89. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента: [пер. с англ.] / Х. Шенк. – М.: Мир, 1972. – 381 с.
90. Sexton, F.W., McElroy, F.F., Michie Jr., R.M. and Thompson, V.L. A Comparative Evaluation of Seven Automated Ambient Non-Methane Organic Compound Analyzers, EPA-600/5482-046, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, August 1982
91. Lucero, D. P. Water vapor sensitivity response of hydrogen flame ionization detectors [Text] // Journal of Chromatographic Science. – 1972. – №10. – P. 463–467
92. Bocek, P., Novak, C., Janák J., Effect of pressure on performance of the flame ionization detector[Text] / P. Bocek, C. Novak, J. Janák // Journal of Chromatographic Science. – 1969. – №43. – P. 431–436

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та їх параметри АЗС за адресою вул. Привокзальна,1-А

Виробництво, процес, установка, устаткування	Номер джерела викиду	Наймену-вання джерела викиду	Параметри джерел викиду		Координати джерела на карти-схемі				Параметри газопилового потоку у місці вимірювання			Код забруднюючої речовини	Найменування забруднюючої речовини	Потужність викиду		
					Точкового або початок лінійного; центра симетрії площинного		Другого кінця лінійного; ширина і довжина площинного		витрата, м³/с	швид-кість, м/с	темпе-ратуру, °С					
			висота, м	діаметр вихідного отвору, м	X ₁ , м	Y ₁ , м	X ₂ , м	Y ₂ , м						г/сек	кг/год	т/рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	17	18	19
Автозаправний комплекс, зберігання та зливання бензину в резервуар	1	Дихальний клапан підземного резервуару (25м³ з бензином»	2,5	0,05	1030	1048	–	–	0,004	2	25	11000/2704	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	0,012334	0,0444024	0,389098953
	2	Дихальний клапан підземного резервуару (25м³ з бензином»	2,5	0,05	1029	1050	–	–	0,004	2	25	11000/2704	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	0,0214994	0,07739784	0,678752232
	3	Дихальний клапан підземного резервуару (25м³ з бензином»	2,5	0,05	1029	1051	–	–	0,004	2	25	11000/2704	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	0,0222068	0,07994448	0,700826664
Автозаправний комплекс, зберігання та зливання ДП в резервуар»	4	Дихальний клапан підземного резервуару (25м³ з дизельним паливом	2,5	0,05	1029	1052	–	–	0,004	2	25	11000/2754	Вуглеводні насичені C12-C19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,000002345	0,000008442	0,0000739992
	5	Дихальний клапан підземного резервуару (25м³ з дизельним паливом	2,5	0,05	1028	1054	–	–	0,004	2	25	11000/2754	Вуглеводні насичені C12-C19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,000000788	0,000002837	0,0000248561
Автозаправний комплекс, заправка автомобілів бензином, дизпаливом	6	Гирло бензобаку	2	0,5	1041	1055	–	–	0,294	1,5	25	11000/2704	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	0,002719593	0,009790534	0,001223817
												11000/2754	Вуглеводні насичені C12-C19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,000000165	0,000000592	0,000000019
	7	Гирло бензобаку	2	0,5	1042	1052	–	–	0,294	1,5	25	11000/2704	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	0,002719593	0,009790534	0,001223817
												11000/2754	Вуглеводні насичені C12-C19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,000000165	0,000000592	0,000000019

Виробництво, процес, установка, устаткування	Номер джерела викиду	Наймену-вання джерела викиду	Параметри джерел викиду		Координати джерела на карті-схемі				Параметри газопилового потоку у місці вимірювання			Код забруд-нюючої речови-ни	Найменування забруднюючої речовини	Потужність викиду		
					Точкового або початок лінійного; центра симетрії площинного		Другого кінця лінійного; ширина і довжина площинного		витрата, м ³ /с	швид-кість, м/с	темпе-ратура, °С			г/сек	кг/год	т/рік
			висота, м	діаметр вихідного отвору, м	X ₁ ,м	Y ₁ ,м	X ₂ , м	Y ₂ , м								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	17	18	19
Автозаправний комплекс, заправка автомобілів бензином, дизпаливом	8	Гирло бензобаку	2	0,5	1050	1055	—	—	0,294	1,5	25	11000/2704	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	0,001813062	0,006527022	0,000543701
												11000/2754	Вуглеводні насичені C12-C19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,000000329	0,000001185	0,000000074
	9	Гирло бензобаку	2	0,5	1048	1058	—	—	0,294	1,5	25	11000/2704	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	0,001813062	0,006527022	0,000543701
												11000/2754	Вуглеводні насичені C12-C19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,000000329	0,000001185	0,000000074
	10	Гирло бензобаку	2	0,5	1036	1066	—	—	0,294	1,5	25	11000/2704	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	0,000906531	0,003263511	0,000135762
												11000/2754	Вуглеводні насичені C12-C19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,000000165	0,000000592	0,000000019
	11	Гирло бензобаку	2	0,5	1038	1062	—	—	0,294	1,5	25	11000/2704	Бензин (нафтовий малосірчистий, у перерахунку на вуглець)	0,000906531	0,003263511	0,000135762
												11000/2754	Вуглеводні насичені C12-C19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець	0,000000165	0,000000592	0,000000019
Автозаправний комплекс, Резервуар ЗВГ, зберігання газу	12	Дихальний клапан	2	0,03	1051	1081	—	—	0,002	3	25	12000/410	Метан	0,000011	0,00004	0,00035
												11000/10305	Етан	0,00028	0,001008	0,0087
												11000/10304	Пропан	0,003	0,0108	0,092
												11000/402	Бутан	0,00236	0,008496	0,07385

Виробництво, процес, установка, устаткування	Номер джерела викиду	Наймену-вання джерела викиду	Параметри джерел викиду		Координати джерела на карті-схемі				Параметри газопилового потоку у місці вимірювання			Код забруднюючої речовини	Найменування забруднюючої речовини	Потужність викиду		
					Точкового або початок лінійного; центра симетрії площинного		Другого кінця лінійного; ширина і довжина площинного		витрата, м³/с	швид-кість, м/с	темпе-ратуру, °С			г/сек	кг/год	т/рік
			висота, м	діаметр вихідного отвору, м	X₁,м	Y₁,м	X₂, м	Y₂, м								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	17	18	19
Автозаправний комплекс, Заправка автомобілів ЗВГ	13	Гирло балона автомобіля	2	0,5	1053	1079	–	–	0,294	1,5	25	12000/410	Метан	0,00005	0,00018	0,0004
												11000/10305	Етан	0,00122	0,004392	0,01
												11000/10304	Пропан	0,013	0,0468	0,1066
												11000/402	Бутан	0,0104	0,03744	0,0855
Автозаправний комплекс, Злив ЗВГ з автоцистерни	14	Колонка зливна	2	0,5	1055	1079	–	–	0,294	1,5	25	12000/410	Метан	0,00006	0,000216	0,0000212
												11000/10305	Етан	0,001485	0,005346	0,0005247
												11000/10304	Пропан	0,0158	0,05688	0,0056
												11000/402	Бутан	0,0127	0,04572	0,0045
Автозаправний комплекс, Резервуар ЗВГ, зберігання газу	15	Дихальний клапан	2	0,03	1056	1081	–	–	0,002	3	25	12000/410	Метан	0,000011	0,00004	0,00035
												11000/10305	Етан	0,00028	0,001008	0,0087
												11000/10304	Пропан	0,003	0,0108	0,092
												11000/402	Бутан	0,00236	0,008496	0,07385

ДОДАТОК Б. Дані про метеорологічні характеристики м.Київ



МІНІСТЕРСТВО НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ

ЦЕНТРАЛЬНА ГЕОФІЗИЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ
(ЦГО)

03680, МСП, м.Київ-680, проспект Науки, 39, корпус 2

тел/факс: (044) 525-94-58, 525-69-69

електронна пошта dirsgo@meteo.gov.uaWEB-адреса <http://www.cgo.kiev.ua>

Код ЄДРПОУ 22864480

22.03.2012 № 15-13/-532/05-90

На № _____ від _____

Директору ТОВ «Авіаком»
А.МоскаленкуДані про метеорологічні характеристики
м.Київ, УкраїнаНа Ваше замовлення надаються кліматичні параметри (метеорологічні характеристики)
за даними метеостанції Київ, які осереднені в ЦГО за 30-річний період.

1. Середня максимальна температура повітря найбільш жаркого місяця (липня) становить 25,0 °С.
2. Середня місячна температура повітря найбільш холодного місяця (січня) становить мінус 4,7 °С.
3. Швидкість вітру, повторюваністю 5%, становить 7-8 м/с .
4. Середня за рік повторюваність напрямків вітру :

Напрямок вітру (%)							
Північний	Північно-східний	Східний	Південно-східний	Південний	Південно-західний	Західний	Північно-західний
13.6	9.1	8.8	12.8	13.0	11.5	17.7	13.5

Інформація надана для розрахунків обсягів викидів забруднювальних речовин в атмосферному повітрі стаціонарними джерелами підприємства ТОВ «Авіаком», що розташоване за адресою: Харківське шосе, 203, вул. Празька, 18в, вул. Привокзальна, 1а, м Київ.

Заступник директора

С. Гришко

ДОДАТОК В Акти впровадження

" ЗАТВЕРДЖУЮ "

Директор Всеукраїнського НДІ
аналітичного приладобудування
«Украналіт»К.Т.Н., С.Н.С. О.А. Дашковський
2015 р.

АКТ

впровадження матеріалів дисертаційної роботи Івасенко В.М. (аспірант,
кафедри НАЕПС ПФФ, НТУУ КПІ)**«Вдосконалення методів і засобів вимірювання концентрацій шкідливих речовин у викидах автозаправних станцій»**

Цим актом підтверджуємо впровадження у розробках «Украналіт» наступних матеріалів дисертаційної роботи Івасенко В.М.:

- вдосконалена схема полум'яно-іонізаційного газоаналізатора (**Патент України на винахід «Полум'яно-іонізаційний газоаналізатор випаровувань № 10727, 2015 р »**), з коаксіальною подачею газових потоків, забезпечила диференціальне, роздільне вимірювання концентрації суми вуглеводні і метану, дозволила мінімізувати адитивну похибку вимірювання, зменшити основну приведену похибку з 10% до 5-6%, впроваджена (в частині модернізованої схеми пробо підготовки) в приладах розробки «Украналіт» серії 623 ПІ, призначених для контролю атмосфери в великих містах, робочій зоні виробничих процесів, в тому числі на нафтопереробних заводах.

- схема модернізованого термokatалітичного газоаналізатора, за рахунок використання в якості нульового газу, каталітично обробленого атмосферного повітря, забезпечила основну приведену похибку методу газового аналізу на рівні 4-5%, реалізована в приладах призначених для інспекційного контролю випаровувань АЗС.

Впровадження матеріалів дисертаційних досліджень Івасенко В.М. дозволило вдосконалити основні метрологічні і технічні характеристики газоаналітичних приладів призначених для вимірювання концентрацій вуглеводневих сполук: метан, пропан, випаровування різних типів палива у виробничих процесах підприємств нафтохімії, АЗС, нафтобаз.

Заступник директора

С.І. Єременко

Головний конструктор

В.Г. Можаровський

Товариство з обмеженою відповідальністю

"ПРЕМ'ЕР-ЛІГА"

08162, Київська обл., Києво-Святошинський р-н, смт Чабани, вул.Кірова,162, код ЄДРПОУ
32214641, р/р 260013013336 в АТ «Банк "Національні інвестиції"», МФО 300498.

АКТ

впровадження матеріалів дисертаційної роботи Івасенко В.М.

(Національний технічний університет України «КПІ»)

«Вдосконалення методів і засобів вимірювання концентрацій шкідливих речовин у викидах автозаправних станцій»

Ми, нижчепідписані представники Товариство з обмеженою відповідальністю «Прем'єр – Ліга», склали цей акт в тому, що в виробничих процесах ТОВ «Прем'єр – Ліга» що обслуговує мережу автозаправних станцій (АЗС) були впроваджені наступні матеріали дисертаційної роботи Івасенко В.М.:

- вдосконалену методику розрахунку викидів забруднюючих речовин за рахунок випаровувань при зберіганні нафтопродуктів в підземних резервуарах на виробничих майданчиках ТОВ «Прем'єр – Ліга», дозволило визначити типи операцій і терміни зберігання при яких відбуваються найбільші втрати нафтопродуктів і вжити заходи по їх зменшенню.

- впровадити темокаталітичний метод з компенсацією адитивної похибки при вимірюванні концентрацій парів палива у повітрі на відповідність нормам пожежовибухонебезпечності, що дозволило підвищити безпеку експлуатації АЗС.

Впровадження матеріалів дисертаційних досліджень Івасенко В.М. дозволило забезпечити функціонування ТОВ «Прем'єр – Ліга» на умовах відповідності вітчизняним і європейським стандартам екологічної та пожежної безпеки, в частині технологічному контролю (випаровувань) викидів.

Директор
ТОВ «Прем'єр – Ліга»



Баранов В.С.