

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

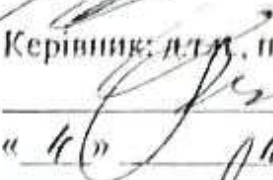
на тему:

Підвищення ефективності універсальних систем екологічної дії постійки
автомобілів на базі ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2А1-22М
спеціальності 274 – Автомобільний
транспорт


Гальчак Д.І.

Керівник: д.т.н., професор каф. АТМ


Полів'янук А.І.

« 4 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент Сухоруків С.І.


« 15 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ


к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 15 » грудня 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

«19» 09 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гальчак Денис Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності універсальних систем екологічної діагностики автомобілів на базі ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр»

керівник роботи Полив'ячук Андрій Павлович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги нормативних документів до методів, технічних засобів та процедур екологічного діагностування автомобілів (діячі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі екології транспорту, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі КраЗ-6322; предмет дослідження: універсальна система екологічної діагностики автомобілів та автомобільних двигунів на базі частковопотокового розріджувача відпрацьованих газів повітрям – мікротунеля.

4. Зміст текстової частини:

1 Аналіз та систематизація вимог міжнародних стандартів до обладнання, процедур випробувань і методик визначення екологічних показників автомобілів

2 Аналіз принципової схеми та алгоритму роботи універсальної системи екологічної діагностики автомобільних двигунів, обґрунтування вибору приладів і обладнання

3 Створення методики оцінювання ефективності систем екологічної діагностики автомобільних двигунів за критерієм точності вимірювань

4 Розробка рекомендацій щодо підвищення точності універсальної системи екологічної діагностики автомобілів

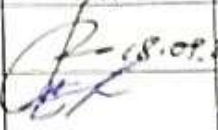

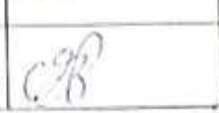
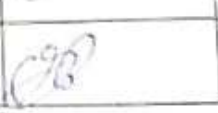


5 Експериментальне відпрацювання та дослідження ефективності універсальної системи екологічного діагностування автомобілів на натурних об'єктах

6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).

- 1 Проблематика, мета та завдання дослідження.
- 2 Аналіз базового підприємства – ТОВ «Івано́вський гранітний кар'єр».
- 3 Характеристика негативного впливу автомобільного транспорту на довкілля
- 4-6 Норми, методи, обладнання та процедури екологічної діагностики автомобілів
- 7 Універсальна система екологічної діагностики автомобілів
- 8-10 Результати вdraцювання універсальної системи екологічної діагностики на гальмівному стенді дизеля 4СН12/14
- 11-14 Розробка та дослідження інформаційних методів підвищення точності систем контролю нормованих показників токсичності автомобілів
- 15 Висновки магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Полів'яничук А.П., професор кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Огнєвий В.О., доцент кафедри АТМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДІБ		

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

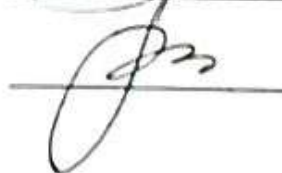
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2023	Ваноч
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2023	Ваноч
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2023	Ваноч
4	Розв'язання поставлених задач	03.10-20.11.2023	Ваноч
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	21.11-05.12.2023	Ваноч
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	05.11-05.12.2023	Ваноч
7	Нормоконтроль МКР	06.12-11.12.2023	Ваноч
8	Попередній захист МКР	12.12-14.12.2023	Ваноч
9	Рецензування МКР	15.12-18.12.2023	Ваноч
10	Захист МКР	12.12-22.12.2023	Ваноч

Студент



Керівник роботи



Гальчак Д.Л.
(підпис)

Полів'яничук А.П.
(підпис)

ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи
ст. гр. 2АТ-22м Гальчак Дениса Леонідовича
на тему: «Підвищення ефективності універсальних систем екологічної
діагностики автомобілів на базі ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр»

Магістерська кваліфікаційна робота Гальчак Д.Л. присвячена вдосконаленню систем екологічного діагностування автомобілів. Актуальність роботи обумовлена високою значимістю досліджуваної проблеми екологізації автомобільного транспорту. Робота складається зі вступу, 6-ти основних розділів, висновків і додатків, оформлена якісно, відповідає вимогам до магістерських кваліфікаційних робіт.

Зміст кваліфікаційної роботи повністю відповідає темі та завданню, це повною мірою відображено в графічному матеріалі та пояснювальній записці.

В процесі виконання кваліфікаційної роботи студент провів дослідження з удосконалення універсальної системи екологічної діагностики автомобільних двигунів за нормованими показниками токсичності відпрацьованих газів, шуму, вібрації та ін., запропонував інформаційні методи підвищення точності досліджуваної системи, які було відпрацьовано в ході випробувань транспортних дизелів 4ЧН12/14, Д65М і ДЕЛ-01 за нормованими циклами Правил ЄЕК ООН R-49, R-96, стандарту ISO-8178.

Зауваження до роботи: доцільно було б оцінити ефективність досліджуваної вимірювальної системи при проведенні екологічного діагностування сучасних автомобільних двигунів.

Незважаючи на зауваження, тема магістерської кваліфікаційної роботи повністю розкрита, робота є закінченою, має значну практичну цінність та актуальність, заслуговує на оцінку "С", а її автор Гальчак Д.Л. – має відповідний вимогам державних стандартів рівень підготовки та заслуговує присвоєння кваліфікації магістр за спеціальністю 274 - «Автомобільний транспорт».

Керівник МКР,
д. т. н., професор каф. АТМ



Андрій ПОЛИВ'ЯНЧУК

ВІДГУК ОПОНЕНТА

на магістерську кваліфікаційну роботу

студента групи 2АТ-22м Гальчак Дениса Леонідовича
на тему: «Підвищення ефективності універсальних систем екологічної
діагностики автомобілів на базі ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр»

Актуальність теми магістерської роботи. Проблема, дослідженню якої присвячено роботу, – підвищення ефективності засобів оцінювання негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище є актуальною.

Аналіз змісту роботи.

В 1-му розділі виконано аналіз та систематизацію вимог міжнародних стандартів щодо обладнання, процедур випробувань та методик визначення нормованих екологічних показників автомобілів. В 2-му представлено принципову схему та алгоритм роботи універсальної системи екологічного діагностування автомобільних двигунів, обґрунтовано вибір штатних приладів і обладнання. В 3-му розроблено методику оцінки ефективності систем екологічної діагностики автомобільних двигунів за критерієм точності вимірювань. В 4-му досліджено інформаційні методи підвищення точності систем екологічної діагностики автомобілів. В 5-му представлені інноваційні засоби контролю параметрів мінітунелів та випробувальних стендів. В 6-му Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

Зауваження: доцільно було б оцінити точність досліджуваної універсальної системи екологічної діагностики при виконанні транзйєнтних випробувальних циклів, наприклад, європейського нормованого циклу ЕТС.

Представлена МКР відповідає темі та завданню. За актуальністю, новизною та обсягом виконаних досліджень робота відповідає вимогам щодо виконання магістерських робіт, її автор Гальчак Д.Л. заслуговує на присвоєння кваліфікації магістра за спеціальністю 274 – Автомобільний транспорт з оцінкою «С».

Опонент к.т.н., доцент каф. ТАМ



Сухоруков С.І.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.43.068

Гальчак Д.Л. Підвищення ефективності універсальних систем екологічної діагностики автомобілів на базі ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2023. 107 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 32 назви; рис.: 40; табл. 15.

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено та удосконалено універсальну систему екологічного діагностування автомобільних двигунів за нормованими показниками, що характеризують хімічний та фізичний вплив автомобілів на довкілля: показників токсичності відпрацьованих газів, шуму, вібрацій, тощо. Проведено експериментальне відпрацювання досліджуваної системи діагностики на базі моторних стендів транспортних двигунів – автомобільного дизеля 4ЧН12/14 і бензинового двигуна легкового автомобіля. Запропоновано інформаційні методи підвищення точності створеної системи, які було відпрацьовано в ході випробувань дизелів 4ЧН12/14, Д65М і ДЕЛ-01 за циклами Правил ЄЕК ООН R-49, R-96, стандарту ISO-8178. Розроблено та експериментально відпрацьовано інформаційні методи підвищення точності вимірювань нормованих показників токсичності автомобілів.

Графічна частина складається з 15 слайдів.

Ключові слова: автомобільний двигун, екологічність, відпрацьовані гази, система діагностики, універсальність.

ABSTRACT

UDC 629.43.068

Galchak D.L. Increasing the efficiency of universal systems of environmental diagnostics of cars on the basis of Hnivansky granite quarry LLC. Master's qualification work on specialty 274 - Road transport, educational program - Road transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 107 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 32 titles; Fig.: 40; table 15.

In the master's qualification work, the universal system of environmental diagnostics of automobile engines was researched and improved according to standardized indicators characterizing the chemical and physical impact of cars on the environment: indicators of toxicity of exhaust gases, noise, vibrations, etc. An experimental development of the researched diagnostic system was carried out on the basis of motor stands of transport engines - automobile diesel engine 4ChN12/14 and gasoline engine of a passenger car. Informational methods for increasing the accuracy of the created system are proposed, which were developed during tests of diesel engines 4CHN12/14, D65M and DEL-01 according to the cycles of the UNECE Rules R-49, R-96, and the ISO-8178 standard. Information methods for increasing the accuracy of measurements of normalized car toxicity indicators have been developed and experimentally developed.

The graphic part consists of 15 slides.

Key words: automobile engine, environmental friendliness, exhaust gases, diagnostic system, universality.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ДО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕДУР ВИПРОБУВАНЬ І МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛІВ.....	11
1.1 Загальна характеристика виробничої діяльності базового підприємства – ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр»	11
1.2 Нормативні вимоги щодо систем розбавлення ВГ транспортних двигунів повітрям – тунелів.....	13
1.3 Нормативні вимоги щодо процедур екологічного діагностування транспортних двигунів різних типів	18
1.4 Нормативні вимоги щодо методів визначення екологічних показників ТД за результатами випробувань	22
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМУ РОБОТИ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНІ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ, ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИЛАДІВ І ОБЛАДНАННЯ.....	26
2.1 Принципова схема та алгоритм роботи універсальної системи екологічного діагностування автомобілів з мікротунелем	26
2.2 Принцип дії та основні елементи динамічного вимірювача ТЧ з оптико-електронним чутливим елементом.....	33
2.3 Прилади та обладнання для контролю фізичних і хімічних забруднень навколишнього середовища автомобільними двигунами	40
РОЗДІЛ 3 СИСТЕМАТИЗАЦІЯ МЕТОДІВ ПРОБОВІДБОРУ, ОБЧИСЛЕННЯ ТА ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛІЗУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТД.....	46
3.1 Методи відбору, транспортування та підготовки до аналізу газових проб	46

3.2 Методика визначення масових викидів забруднюючих речовин, що містяться у ВГ транспортних ДВЗ 48

3.3 Методика проведення лабораторного аналізу газових проб з використанням спектрофотометру ULAB 102 50

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ НОРМОВАНИХ ПОКАЗНИКІВ ТОКСИЧНОСТІ АВТОМОБІЛІВ І ТД..... 56

4.1 Інформаційні методи підвищення точності контролю нормованих викидів ЗР від автомобілів..... 56

4.2 Результати експериментальних досліджень інформаційних методів підвищення точності системи екологічної діагностики ТД..... 58

4.3 Оцінка економічної ефективності способу прискореного виміру викидів ТЧ з ВГ автомобільних дизелів 61

РОЗДІЛ 5 ІННОВАЦІЙНІ ЗАСОБИ ТА СПОСОБИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОТУНЕЛІВ І ВИПРОБУВАЛЬНИХ СТЕНДІВ..... 67

5.1 Нові елементи арматури в пневматичних та гідравлічних системах розподілу та регулювання подачою робочого середовища 67

5.2 Нові елементи арматури в пневматичних та гідравлічних системах розподілу та регулювання подачою робочого середовища 71

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... 75

ВИСНОВКИ 84

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 85

ДОДАТОК А..... 89

ДОДАТОК Б..... 106

ВСТУП

Актуальність теми. Екологічність є одним з найбільш важливих показників якості сучасних томобілів, автомобільних та транспортних двигунів (ТД), що обумовлено значним негативним впливом хімічного та фізичного характеру цих об'єктів на навколишнє середовище (НС). Систематичні викиди забруднюючих речовин (ЗР) з відпрацьованими газами (ВГ) автомобілів призводять до погіршення показників якості довкілля, підвищення канцерогенної небезпеки та виникнення регіональних і глобальних екологічних проблем. У зв'язку з цим актуальним напрямком прикладних наукових досліджень є створення систем екологічного діагностування ТД, які дозволяють ефективно оцінювати вплив цих об'єктів на НС.

Найбільш чутливим і точним обладнанням для визначення концентрацій та викидів ЗР, що утворюються при згорянні вуглеводних палив, є розбавляючі тунелі, які використовуються при проведенні екологічної сертифікації автомобільних та інших транспортних ДВЗ [1-4]. Це обумовлено тим, що серед різних типів ТД автомобільні двигуни характеризуються найнижчими допустимими рівнями концентрацій ЗР у ВГ, які за останні 15 років – при переході від норм EURO-3 до EURO-6 зменшились у 2,5...10 разів [5]. Також тунелі характеризуються високою швидкодією та здатні вимірювати миттєві значення концентрацій ЗР у ВГ при випробуваннях ДВЗ за їздовими та транзйєнтними циклами [6]: New European Driving Cycle (NEDC), European Transient Cycle (ETC), Worldwide Transient Vehicle Cycle (WTVС) [7-9,10] та ін.

В магістерській роботі застосовано комплексний підхід щодо створення вимірювальної системи з широкою галуззю застосування та забезпечення її високої ефективності – точності та економічності використання. Новизна такого підходу полягає у багатоцільовій спрямованості наукових досліджень з підвищення універсальності, компактності, мобільності і ефективності системи, що розробляється. Основою для проведення цих досліджень є: нормативні документи в галузі екологічної

стандартизації та сертифікації ТД; світовий та вітчизняний досвід у створенні та експлуатації систем екологічного діагностування цих об'єктів; методи оцінювання та підвищення ефективності даних систем.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету.

Мета і завдання дослідження. *Мета роботи:* поглиблений аналіз науково-технічної інформації щодо розробки, експериментального відпрацювання та дослідження ефективності універсальної автоматизованої системи екологічного діагностування автомобілів за нормованими показниками токсичності відпрацьованих газів. *Завдання роботи:*

1) аналіз та систематизація вимог міжнародних стандартів щодо обладнання, процедур випробувань та методик визначення нормованих екологічних показників автомобілів, що характеризують хімічний та фізичний вплив автомобілів на довкілля;

2) аналіз принципової схеми та алгоритму роботи універсальної системи екологічного діагностування автомобільних двигунів, обґрунтування вибору штатних приладів і обладнання;

3) створення методики оцінювання ефективності систем екологічної діагностики автомобільних двигунів за критерієм точності вимірювань;

4) розробка рекомендацій щодо підвищення точності універсальної системи екологічної діагностики автомобілів;

5) експериментальне відпрацювання та дослідження ефективності універсальної системи екологічного діагностування автомобілів на натурних об'єктах.

Проблема, що розглядається: зменшення негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище.

Об'єкт дослідження: автортранспортні засоби, як найпотужніші джерела забруднення атмосфери міст.

Предмет дослідження: універсальна система екологічного діагностування автомобілів на базі частковопотокового розріджувача ВГ повітрям – мікротунеля.

Новизна одержаних результатів.

Вперше розроблено і реалізовано концепцію створення універсальної, багатофункціональної, мобільної, високоінформативної, забезпеченою можливістю автономної роботи без використання електричних мереж, здатної до удосконалення системи екологічного діагностування автомобілів та автомобільних двигунів за показниками, що характеризують хімічні та фізичні забруднення навколишнього середовища.

При створенні вимірювальної системи реалізовано інноваційні технічні та технологічні рішення, до яких відносяться: використання 3-х модульної структури з вимірювальним, тестувально-демонстраційним та лабораторним модулями, що забезпечує можливість використання системи як засобу діагностики, навчального стенду і лабораторії; використання інформаційної SMART-панелі для візуалізації роботи приладів, програм, обладнання, результатів досліджень розширює її можливості як демонстраційного засобу.

Практичне значення одержаних результатів.

Експериментальний зразок досліджуваної вимірювальної системи дозволяє визначати екологічні показники автомобілів. Установка для досліджень аеродинамічних процесів в газоходах дозволяє відпрацьовувати технології вимірювання швидкості і витрати газових потоків, процесів відбору проб та ін.

Достовірність теоретичних положень даної роботи підтверджується доведенням адекватності розроблених інформаційних методів підвищення точності вимірювань нормованих екологічних показників транспортних двигунів шляхом використання відомих статистичних методів обробки інформації.

Апробація результатів роботи на наукових конференціях. Основні положення магістерської роботи доповідалися і обговорювалися на Міжнародні науково-практичні інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (м. Вінниця, 2023 р.) [32]

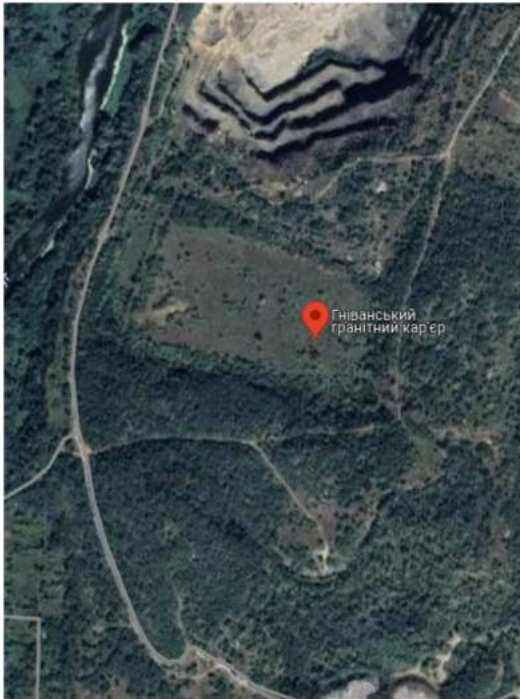
Публікації. Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці апробаційного характеру.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВИМОГ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ДО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕДУР ВИПРОБУВАНЬ І МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Загальна характеристика виробничої діяльності базового підприємства – ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр»

Товариство з обмеженою відповідальністю (надалі ТОВ) «Гніванський гранітний кар'єр» розташоване в місті Гнівань по вул. Леніна, 85 (рис. 1.1).



ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр»

Вид економічної діяльності підприємства – видобування і переробка каменю. ТОВ має в своєму складі такі основні виробничі структурні підрозділи:

- гірничий цех (займається видобутком граніту);
- дільниця буровибухових робіт (проводить буріння свердловин,

здійснення вибухів, розбирання негабаритних кам'яних брил);

- дробильно-сортувальний завод (переробляє гірничу масу на продукцію різних фракцій);

- транспортний цех (здійснює навантаження готової продукції на різні види транспорту);

- центральна робоча майстерня (ремонтую агрегати і вузли, виготовляє деталі для забезпечення технологічного виробничого процесу);

- ремонтно-будівельний цех (виконує роботи, пов'язані з благоустроєм території підприємства і будівництвом);

- електроцех (здійснює безперебійне постачання електроенергії для роботи підприємства і ремонт силового електрообладнання).

Є на підприємстві і допоміжне виробництво:

- цех по виготовленню виробів з граніту;

- цех по виготовленню електродів;

- цех по виготовленню тротуарної плитки;

- цех по виготовленню метало пластикових вікон.

До виробничої структури ТОВ входить і транспортний підрозділ. Поділ транспорту, створений для перенесення горної маси, забезпечення матеріалів і резервних частин, компонентів різних видів, а також забезпечення послуг для реалізації виробленого виробництва. Технічна база ТОВ «Гніванський гранітний кар'єр» є матеріальною основою для забезпечення життєвості транспортних засобів, одним з найважливіших елементів комерційної структури компанії, головними компонентами виробничої інфраструктури. Організація перевозу товарів автомобілем бізнес виконується відповідно до вимог законодавства.

Особливу увагу на базовому підприємстві приділяють екологічній безпеці транспортних засобів, що знаходяться у експлуатації, оскільки вони здійснюють значний хімічний і фізичний вплив на довкілля і працюючий персонал

1.2 Нормативні вимоги щодо систем розбавлення ВГ транспортних двигунів повітрям – тунелів

В еталонних повнопотокових системах розбавлення ВГ (рис. 1.2) реалізована концепція CVS або відбору проб при постійному об'ємі. При цьому масова витрата розбавлених ВГ в тунелі створюється компресором об'ємного типу PDP або трубою Вентурі з критичною витратою CFVта підтримується постійною. В цих системах відсутня необхідність розраховувати коефіцієнт розбавлення ВГ, що є суттєвою перевагою повнопотокових тунелів перед частковопотоковими системами.

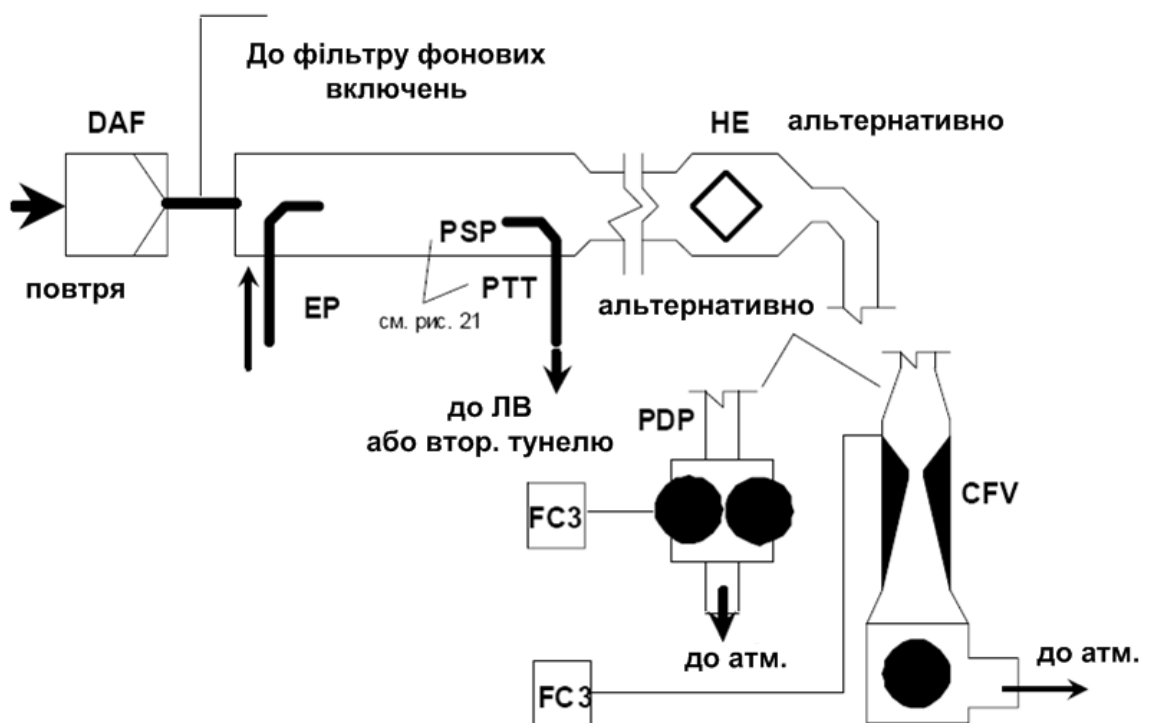


Рисунок 1.2 – Принципова схема повнопотокового (еталонного) тунелю

Зі змішувального каналу ДТ проба розбавлених ВГ то трубопроводу РТТ подається в лінію відбору проб ТЧ (рис. 1.2), де вона пропускається через робочий фільтр або вторинний розбавляючий тунель (рис. 1.3).

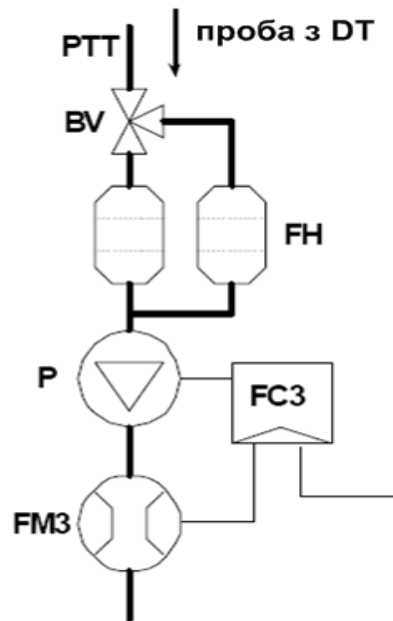


Рисунок 1.2 – Принципова схема лінії відбору проб ТЧ

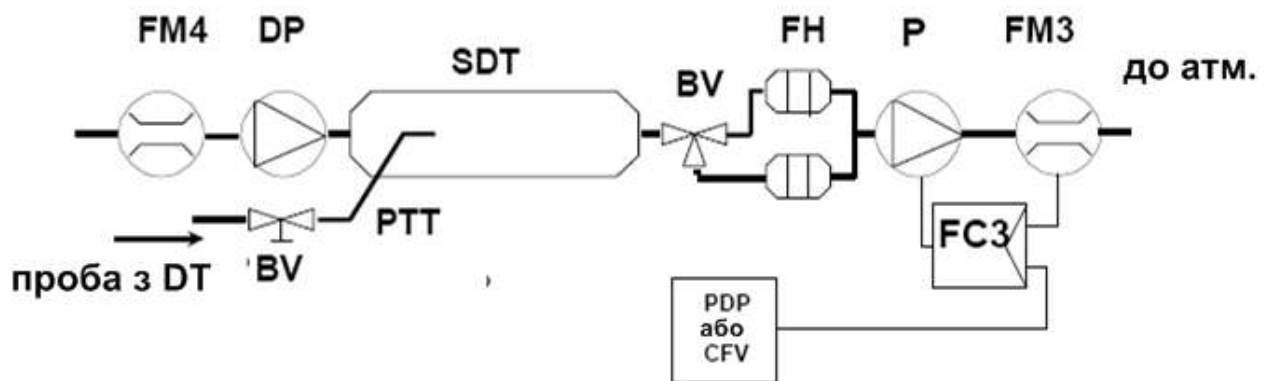


Рисунок 1.3 – Принципова схема вторинного розбавляючого тунелю

У порівнянні з еталонними системами **частковопотокові тунелі** є більш складними вимірювальними системами, оскільки в них необхідно регулювати та вимірювати коефіцієнт розбавлення ВГ повітрям – q . В залежності від способу визначення даної величини частковопотокові системи розбавлення ВГ поділяються на три типи:

– мінітунелі з ізокінетичним пробовідбірником; в цих системах коефіцієнт q визначається за відомими значеннями масової витрати розбавляючого повітря – G_{dil} та коефіцієнту відбору ВГ - r_{exh} :

$$q = \frac{G_{dil} + (r_{exh} \cdot G_{exh})}{r_{exh} \cdot G_{exh}}$$

– міні- та мікротунелі з вимірюванням концентрацій індикаторних газів (CO_2 або NO_x); в цих системах величина q визначається за концентраціями CO_2 або NO_x , які вимірюються у повітрі, розбавлених та первинних ВГ (можливо визначення концентрацій CO_2 у первинних ВГ за допомогою методу вуглецевого балансу):

$$q = \frac{c_{wE} - c_{wA}}{c_{wD} - c_{wA}},$$

де c_{wE} – концентрація індикаторного газу у первинних ВГ (на вологій основі);
 c_{wD} - концентрація індикаторного газу в розбавлених ВГ (на вологій основі);
 c_{wA} - концентрація індикаторного газу в повітрі (на вологій основі);
 якщо використовується методу вуглецевого балансу:

$$q = \frac{206 \cdot G_{fuel}}{G_{exh} \cdot (c_{(CO_2)D} - c_{(CO_2)A})},$$

де G_{fuel} – масова витрата палива;
 $c_{(CO_2)D}$ - концентрація CO_2 в розбавлених ВГ (на вологій основі);
 $c_{(CO_2)A}$ - концентрація CO_2 в повітрі (на вологій основі);

– міні- та мікротунелі з керуванням потоками розбавлених ВГ- G_t та повітря G_{dil} ; в цих системах величина q визначається диференціальним методом за різницею масових витрат вказаних потоків:

$$q = \frac{G_t}{G_t - G_{dil}}.$$

Нижче наведені принципові схеми найбільш відомих частковопотокових систем розбавлення ВГ.

Мінітунель з ізокінетичним пробовідбірником (керований витяжним насосом SB) (рис. 1.4).

Первинні ВГ направляються з вихлопної труби ЕР в змішувальний канал ДТ по відвідному патрубку ТТ через ізокінетичний пробовідбірник ІСП. Різниця тисків ВГ у вихлопній трубі і на вході в пробовідбірник вимірюється за допомогою датчика тиску DPT.

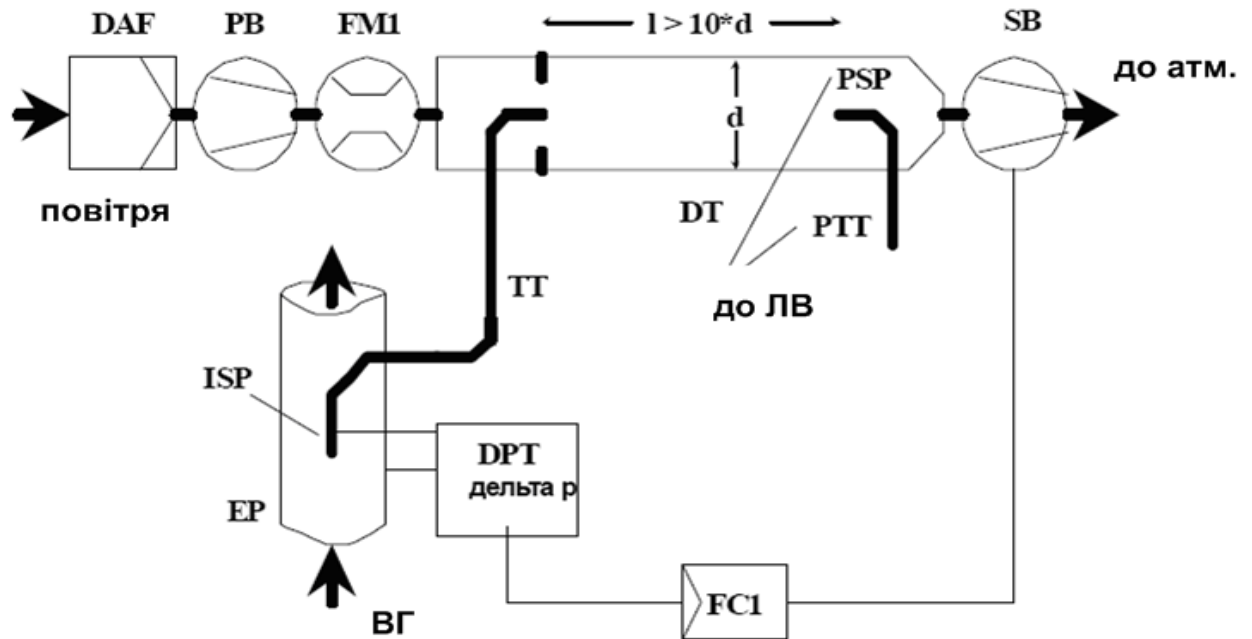


Рисунок 1.4 – Принципова схема мінітунелю з ізокінетичним пробовідбірником (керованого витяжним насосом SB)

Сигнал від датчика передається на регулятор витрати FC1, який управляє роботою витяжного насоса SB, який забезпечує потрібний перепад тиску на наконечнику пробовідбірника. При дотриманні цих умов швидкості потоків ВГ у ЕР і ІСП однакові, а потік, що проходить через ІСП і ТТ, являє собою постійну частину від повного потоку ВГ. Коефіцієнт відбору ВГ визначають по відношенню поперечних перерізів ЕР і ІСП. Масову витрату повітря вимірюють за допомогою витратоміра FM1. Коефіцієнт розбавлення розраховують на основі масової витрати повітря та коефіцієнту відбору ВГ.

Мінітунель з вимірюванням концентрацій CO₂ або NO_x (рис. 1.5).
Первинні ВГ направляються з вихлопної труби EP в змішувальний канал DT через пробовідбірник SP і відповідний патрубок TT.

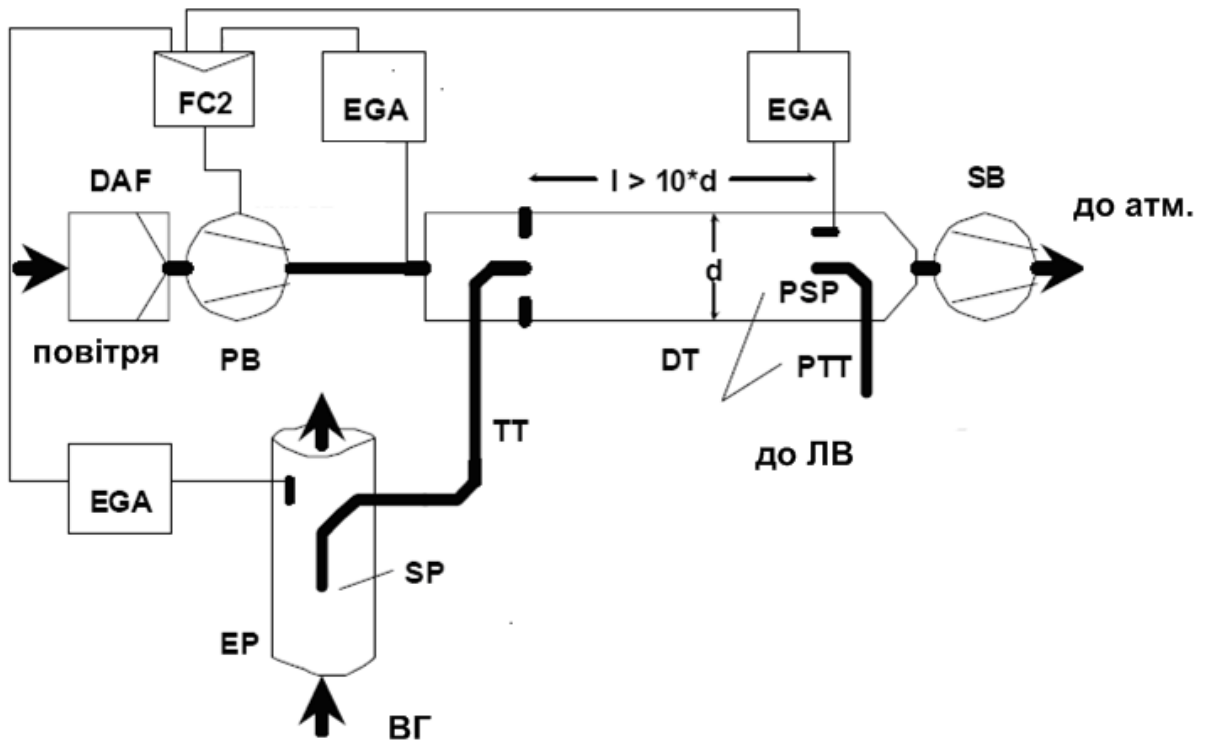


Рисунок 1.5 – Принципова схема мінітунелю з вимірюванням концентрацій CO₂ або NO_x

Концентрації індикаторного газу (CO₂ або NO_x) вимірюють у первинних і розведених ВГ, а також у повітрі за допомогою аналізатора (аналізаторів) ВГ EGA. Ці сигнали передаються на регулятор витрати FC2, який регулює роботу нагнітаючого насоса PB або витяжного насоса SB з метою забезпечення належного змішування потоку ВГ з повітрям і відповідний коефіцієнт розбавлення у DT. Коефіцієнт розбавлення розраховується за концентраціями індикаторних газів у первинних відпрацьованих газах, розбавлених відпрацьованих газах і повітрі.

Мікротунель з керуванням потоками розбавлених ВГ та повітря (рис. 1.6).

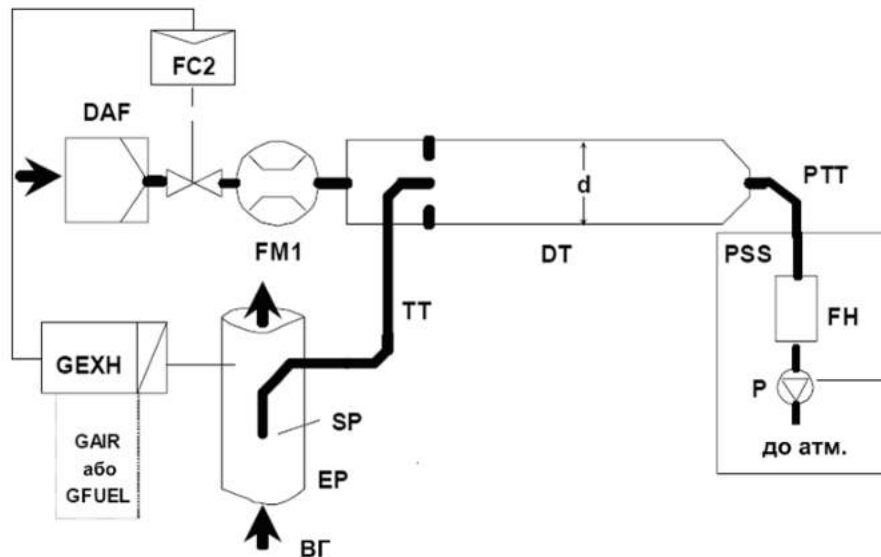


Рисунок 2.6 – Принципова схема мікротунелю з керуванням потоками розбавлених ВГ та повітря

Первинні ВГ направляються з вихлопної труби EP в змішувальний канал DT через пробовідбірник SP і відвідний патрубок TT. Повний потік через канал контролюється за допомогою регулятора витрати FC3 і насоса P для подачі проб системи відбору проб ТЧ (див. рис. 1.2).

Потік повітря контролюється регулятором витрати FC2, який може використовувати GEXHW, GAIRW або GFUEL в якості сигналів подачі команд для відбору необхідної кількості ВГ. Витрата проби в DT являє собою різницю витрати сумарного потоку і витрати повітря. Витрата повітря вимірюється за допомогою витратоміра FM1, а витрата сумарного потоку - за допомогою витратоміра FM3 системи відбору проб ТЧ. Коефіцієнт розбавлення розраховується за цими двома показниками масових витрат.

1.3 Нормативні вимоги щодо процедур екологічного діагностування транспортних двигунів різних типів

При визначенні викидів ЗР з ВГ транспортних двигунів застосовуються два методичних підходи:

а) випробування двигунів у складі автомобіля на бігових барабанах – застосовуються для легкових автомобілів, легкових вантажівок з повною масою до 3,5 т та мікроавтобусів (рис. 1.7);

б) випробування ДВЗ на моторному стенді - застосовуються для двигунів вантажних автомобілів з повною масою більшою, ніж 3,5 т, тепловозних, тракторних, судових та ін. дизелів (рис. 1.8).

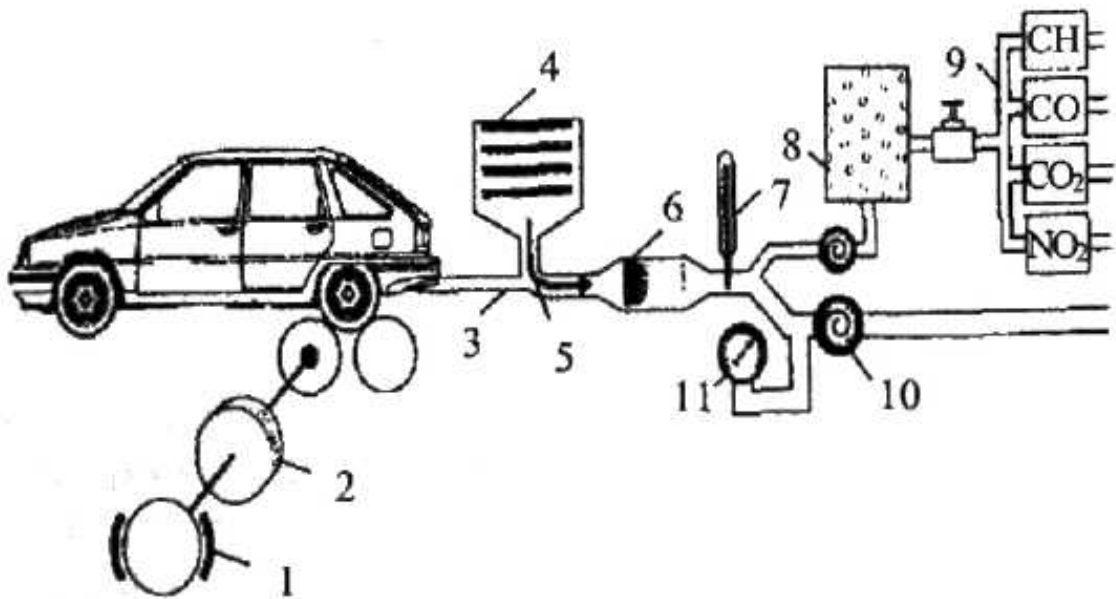


Рисунок 2.7 – Бігові барабани для випробувань транспортного заходу з ДВЗ

При цьому існують два принципово різних метода випробувань:

1) випробування на сталих режимах – вимірювання проводяться в умовах постійності швидкісного та навантажувального режимів (кількість таких режимів різниться у різних стандартах);

2) випробування на несталих режимах (при перехідних процесах), коли випробування проводять під час зміни навантаження та/або швидкісного режиму; один з таких режимів, коли змінюють частоту обертання колінчастого вала ДВЗ від мінімальних до максимальних обертів холостого ходу, називається режимом вільного прискорення.

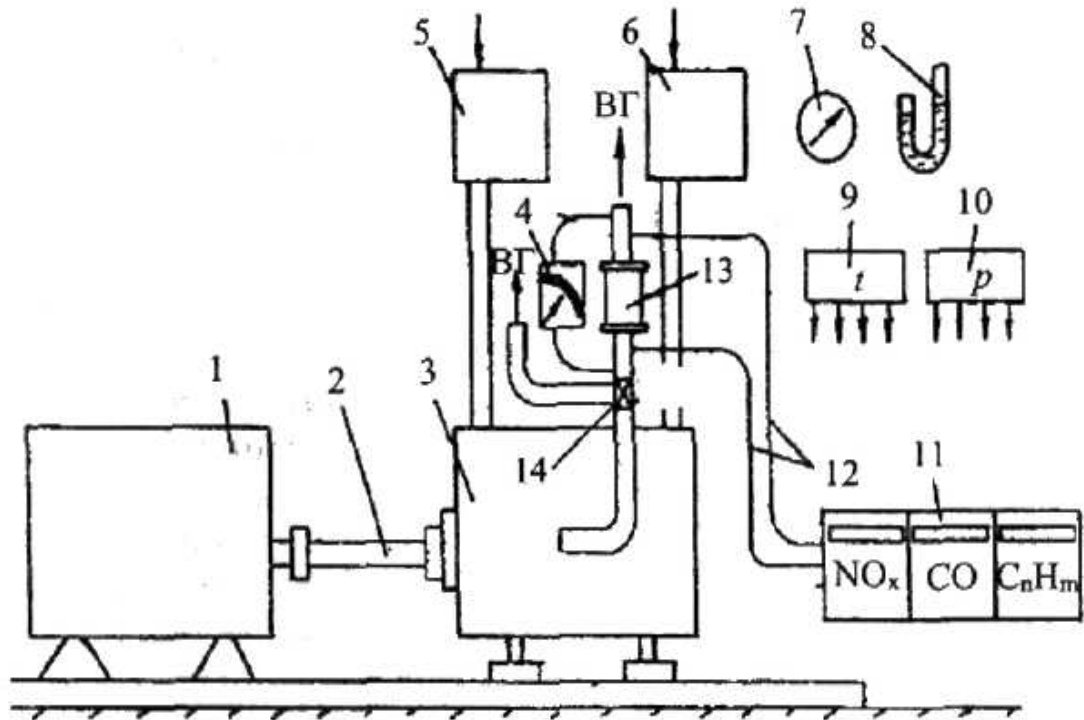


Рисунок 2.8 – Моторний стенд для екологічних випробувань ДВЗ:

1 - гальмуючий пристрій; 2 - карданний вал; 3 - двигун; 4 - димомір; 5 - витратомір палива; 6 - витратомір повітря; 7 - барометр; 8 - психрометр; 9 - датчики вимірювання температур; 10 - датчики вимірювання тисків; 11 - газоаналізатор; 12 - газопатрубки; 13 — нейтралізатор ВГ; 14 - електромагнітний клапан.

Нормовані показники середньоексплуатаційних викидів газоподібних ЗР – GAS_x і твердих частинок – РМ з ВГ транспортних двигунів різних типів визначається в ході виконання випробувальних циклів, які складаються з певної кількості режимів випробувань, для кожного з яких встановлені значення числа обертів – n , навантаження – L , вагового фактору – WF (враховує відносний час роботи дизеля на режимі в процесі експлуатації) та тривалості випробувань – τ .

Процедура випробувань двигунів вантажних автомобілів та автобусів і являє собою 13-ступінчастий Європейський стаціонарний цикл ESC –

European Stationary Cycle, встановлений Правилами ЄЕК ООН R-49 [11] (табл. 1.1, рис. 1.9).

Таблиця 1.1 - Режими випробувального циклу ESC (R-49)

№ _{реж}	n	L, %	WF	τ, хв
1	хол. хід	-	0,15	4
2	A	100	0,08	2
3	B	50	0,10	2
4	B	75	0,10	2
5	A	50	0,05	2
6	A	75	0,05	2
7	A	25	0,05	2
8	B	100	0,09	2
9	B	25	0,10	2
10	C	100	0,08	2
11	C	25	0,05	2
12	C	75	0,05	2
13	C	50	0,05	2

Значення чисел обертів A, B та C, які є визначальними для циклу ESC, встановлюються за допомогою виражень:

$$A = n_{lo} + 0,25 \cdot (n_{hi} - n_{lo});$$

$$B = n_{lo} + 0,50 \cdot (n_{hi} - n_{lo});$$

$$C = n_{lo} + 0,75 \cdot (n_{hi} - n_{lo});$$

де n_{lo} - найменша частота обертів, при якій досягається 50% заявленої корисної потужності двигуна - P;

n_{hi} - найбільша частота обертів, при якій досягається 75% від P.

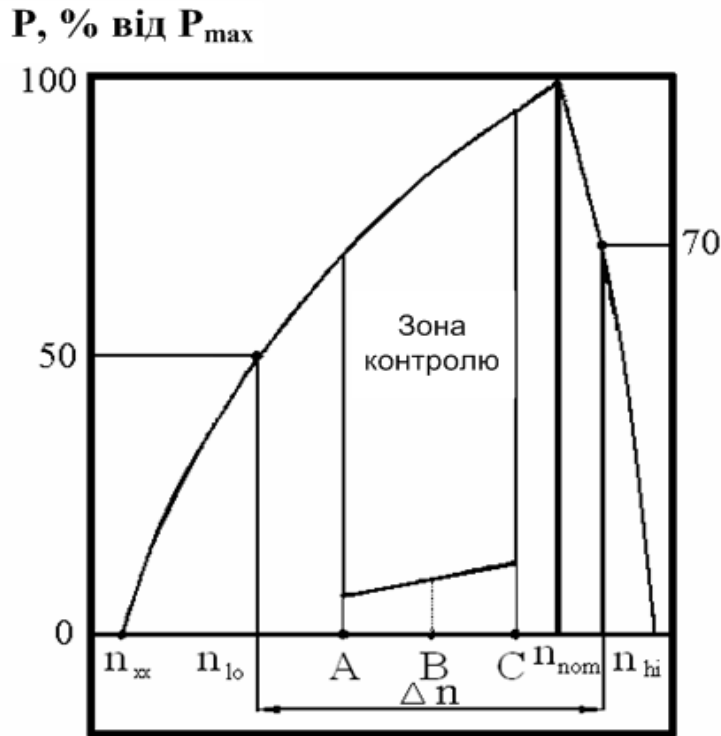


Рисунок 1.9 – Визначальні значення числа обертів для циклу ESC

При випробуваннях тепловозних дизелів використовують цикли: міжнародний, встановлений стандартом 8178 [14], що складається з 3-х режимів, та його вітчизняний аналог – 5- ступінчастий цикл ДСТУ 32.001-94 (табл. 1.2). Випробування дизелів сільськогосподарського призначення проводяться у відповідності до Правил ЄЕК ООН R-96 [13] за циклом, який складається з 8-ми режимів (табл. 1.3).

1.4 Нормативні вимоги щодо методів визначення екологічних показників ТД за результатами випробувань

Для виміру середнеексплуатаційних викидів газоподібних забруднюючих речовин з ВГ дизеля - GAS_x можуть використовуватися два способи: аналіз «сирих» (не розбавлених) ВГ і аналіз ВГ, розбавлених чистим повітрям.

Таблиця 1.2 – Випробувальні цикли тепловозних дизелів

Цикл		ISO 8178-F			ДСТУ 32.001-94				
№ режиму		1	2	3	1	2	3	4	5
% від $P_{(ном)}$		100	35	хол.хід д	100	75	50	25	хол.хід
WF	Магіст.	0,25	0,15	0,60	0,06	0,13	0,11	0,10	0,60
	Вивізн.				0,25	0,03	0,03	0,02	0,67
	Маневр.				0,005	0,015	0,12	0,40	0,46

Примітка. Скорочення означають: Магіст., Вивізн., Маневр. – робота тепловозу: магістральна, вивізна та маневрова, відповідно.

Таблиця 1.3 – Випробувальний цикл дизелів сільськогосподарського призначення (R-96)

№реж	n	L, %	WF
1	НОМ.	100	0,15
2		75	0,15
3		50	0,15
4		10	0,1
5	пром.	100	0,1
6		75	0,1
7		50	0,1
8	хол. хід	-	0,15

Перший спосіб передбачає вимір на кожному режимі випробувань концентрацій забруднюючих речовин в ОГ – $conc_i$ (ppm) і обчислення масових викидів даних речовин – M_{GASxi} :

$$M_{GAS_{xi}} = u \cdot conc_i \cdot G_{exhi}, \text{ кг/год,}$$

де u – емпіричні коефіцієнти, рівні: для CO – $0,966 \cdot 10^{-3}$; для CH – $0,479 \cdot 10^{-3}$; для NO_x – $1,587 \cdot 10^{-3}$; G_{exhi} – масова витрата ВГ у випускній системі дизеля на i -м режимі, кг/год.

При другому способі виміру GAS_x застосовується система розбавлення повного потоку ВГ дизеля повітрям в спеціальному трубопроводі (розбавляючому тунелі) при постійній масовій витраті суміші ВГ і повітря. Назва такої системи – CVS (від англ. Constant Volume Sampling). Системою CVS проводиться вимір на кожному режимі випробувань концентрацій забруднюючих речовин в розбавлених ОГ – $conc_i$, що дозволяє визначити масові викиди даних речовин $M_{GAS_{xi}}$:

$$M_{GAS_{xi}} = u \cdot conc_i \cdot G_{edfi}, \text{ кг/год,}$$

де G_{edfi} – масова витрата розбавлених ВГ в тунелі (дорівнює помноженню масової витрати ВГ G_{exhi} на коефіцієнт розбавлення ВГ), кг/год.

При використанні обох способів показники GAS_x обчислюються за формулою:

$$GAS_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_{GAS_{xi}} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{ei} \cdot WF_i}, \text{ кг/кВт*год,}$$

де n – число режимів випробувань; WF_i – ваговий чинник i -го режиму; P_{ei} – ефективна потужність дизеля, зміряна на i -м режимі, кВт.

Вимір середнеексплуатаційного викиду ТЧ з ВГ дизеля – РТ проводиться з використанням розбавляючих тунелів. При цьому, з причини високої вартості і громіздкості повнопотокових CVS-систем, допускається використання міні- і мікро- тунелів, в яких розбавляється повітрям невелика частка від повного потоку ВГ двигуна. На кожному режимі випробувального циклу проводиться вимір масових викидів ТЧ з ВГ дизеля – РТ_{massi}:

$$PT_{massi} = \frac{M_{fi}}{M_{sami}} \cdot \frac{G_{edfi}}{1000}, \text{ кг/год},$$

де M_{fi} – маса, навішування ТЧ, зібрана на фільтрах, г; M_{sami} – маса розбавлених ВГ, що пройшла через фільтри для відбору ТЧ, кг.

Показник РТ обчислюється за формулою (рис. 1.10):

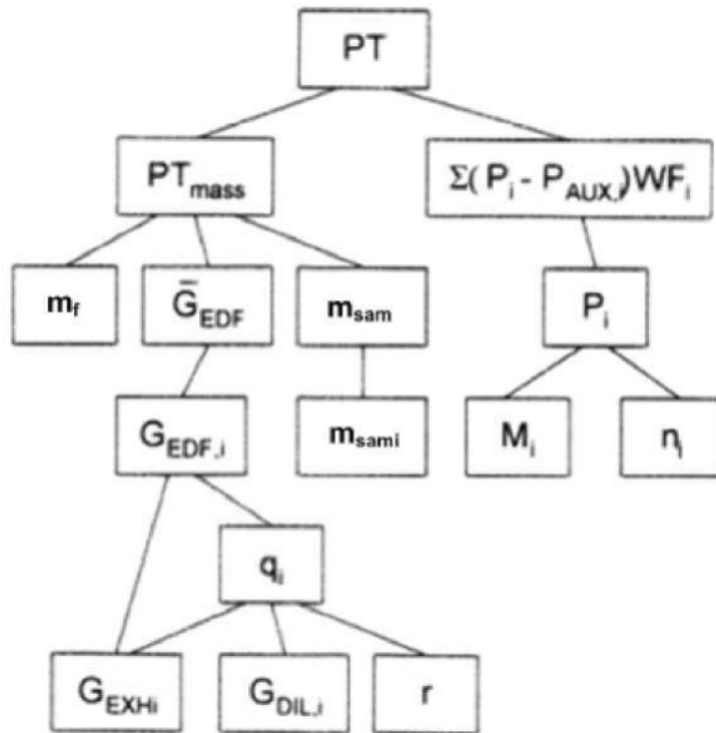


Рисунок 1.10 – Алгоритм визначення нормованого показника РТ

$$PT = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} PT_{massi} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{ei} \cdot WF_i}, \text{ кг/кВт*год.}$$

Таким чином, при визначенні показників GAS_x вимірюються параметри: $conc_i$, G_{exhi} (при аналізі «сирих» ВГ) або G_{edfi} (при аналізі розбавлених ВГ) і P_{ei} , а при визначенні показника РТ вимірюються: M_{fi} , M_{sami} , G_{exhi} і P_{ei} . Отже, погрішності вимірів даних параметрів являються складовими результуючих погрішностей вимірів величин GAS_x і РТ.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА АЛГОРИТМУ РОБОТИ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНІ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ, ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИЛАДІВ І ОБЛАДНАННЯ

2.1 Принципова схема та алгоритм роботи універсальної системи екологічного діагностування автомобілів з мікротунелем

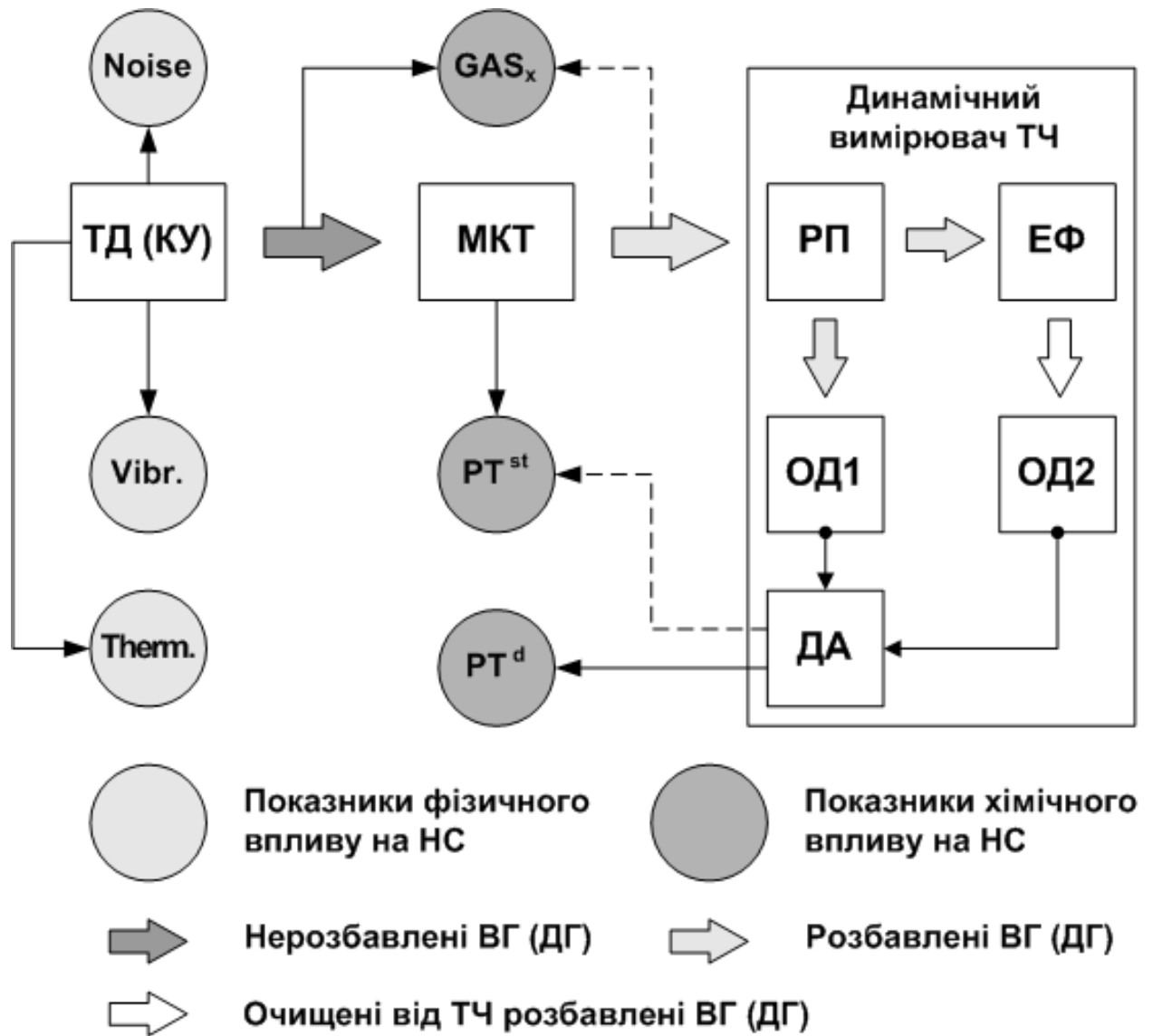
Універсальний вимірювальний комплекс з мікротунелем МКТ-2 (рис. 2.1) призначений для визначення екологічних показників автообілів і ТД різних типів, які характеризують негативний вплив цих об'єктів на НС, а саме:

- показників токсичності ВГ: концентрацій, масових, питомих і середньоексплуатаційних викидів ЗР і парникових газів – моно- і діоксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту, діоксиду сірки, ТЧ та ін.;
- показники енергетичних забруднень: шуму, вібрацій, теплових забруднень.

До основних елементів вимірювального комплексу відносяться: мікротунель; динамічний вимірювач ТЧ; прилади та засоби контролю екологічних показників ТД.

Принцип дії, технічні характеристики, алгоритм роботи МКТ-2. Мікротунель МКТ-2 [24] – компактна частковопоточна система розбавлення ВГ повітрям, спроектована у відповідності до вимог нормативних документів [11-14]. Принцип дії МКТ-2 полягає у наступному (рис. 2.2).

Частина ВГ з масовою витратою G_{exh} відбирається з вихлопної труби двигуна – ВГ і через трубопровід транспортування проби – ТП подається в розбавляючий тунель – РТ, де відбувається її змішування з атмосферним повітрям. З тунелю потік розбавлених ВГ з масовою витратою G_t через один з шарових кранів надходить або в байпасну магістраль, або в робочий канал, в якому встановлений патрон із двома фільтрами для відбору ТЧ.



ТД – тепловий двигун;

МКТ – мікротунель;

РП – розподільувач потоків проби;

ЕФ – електрофільтр;

ОД1, ОД2 – детектори оптичної щільності потоків проби;

ДА – диференційний аналізатор оптичної щільності;

Noise, Vibr., Therm. – показники шуму, вібрацій, тепловиділення;

GAS_x, PTst, PT^d – показники токсичності ВГ.

Рисунок 2.1 – Принципова схема універсальної системи екологічного діагностування ТД з мікротунелем

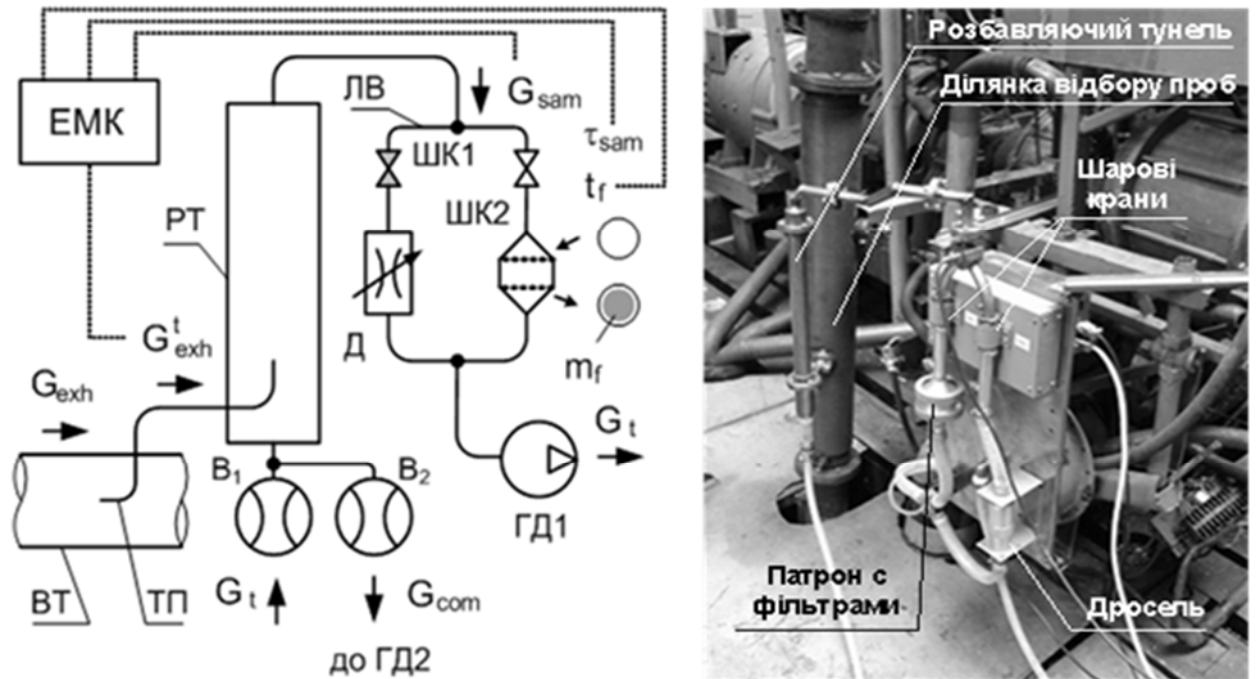


Рисунок 2.2 – Принципова схема та загальний вигляд мікротунелю МКТ-2

Масова витрата G_t створюється штатною газодувкою ГД1 та підтримується постійною на заданому рівні у відповідності до обраного режиму розбавлення ВГ. При цьому температура проби перед фільтром t_f не перевищує 52 °С.

Величина G_t вимірюється витратоміром B_1 – колектором з внутрішнім діаметром 8 мм; для визначення масової витрати потоку компенсованого повітря G_{com} , яка дорівнює величині G'_{exh} , використовується витратомір B_2 – нормальне сопло з внутрішнім діаметром 3 мм.

Шарові крани К1 і К2, які визначають напрямок руху потоку проби у лінії відбору проб – ЛВ, завжди перебувають у протилежних станах: коли один відкритий – інший закритий і навпаки. При підготовці проби до аналізу відкритий кран К1 і розбавлені ВГ протікають через байпасну магістраль. За допомогою дроселя Д забезпечується регулювання тиску в даній магістралі таким чином, щоб у момент перемикання кранів не виникало гідравлічного удару. При виконанні процедури відбору проб ТЧ відкритий кран К2 і весь

потік розбавлених ВГ протікає через фільтр. При цьому фіксується тривалість даної процедури – τ_{sam} . Коефіцієнт розбавлення ВГ у тунелі – q визначається за формулою

$$q = \frac{G_t}{G_{com}}.$$

Після завершення випробувань вимірюється маса ТЧ – m_f , як приріст маси робочого фільтру за час випробувань. Для контролю параметрів G_t , G_{com} , τ_{sam} , t_f і керування шаровими кранами К1 і К2 використовується мікропроцесорний блок. У ході виконання випробувань усі зазначені величини протоколюються та використовуються при визначенні масових (г/год), питомих (г/кВт·год) викидів ТЧ на окремих режимах роботи дизеля та середньоексплуатаційного викиду ТЧ за цикл (г/кВт·год).

До складу вимірювального комплексу з МКТ-2 входять наступні елементи (рис. 2.3).

1) Система розбавлення частки ВГ (0,02...1,2 %) повітрям, яка поєднує у собі три підсистеми:

а) систему відбору частки потоку ВГ, до якої входять:

– пробовідбірник – трубопровід з нержавіючої сталі з внутрішнім діаметром 6 мм і довжиною 80 мм, виготовлений у двох виконаннях, які передбачають установку пробовідбірника паралельно (виконання 1) та перпендикулярно (виконання 2) потоку ВГ;

– трубопровід транспортування проби – ТП з внутрішнім діаметром 6 мм та малою довжиною (для зменшення теплових втрат і осадження ТЧ) – 80 мм;

– регулятор витрати ВГ, який плавно перекриває перетин ТП від повністю закритого до повністю відкритого стану;

б) систему розбавлення ВГ, має такі складові:

– розбавляючий тунель – РТ – трубопровід з нержавіючої сталі з внутрішнім діаметром 30 мм і довжиною 300 мм;

– діафрагму, яка встановлюється на вході в тунель з метою покращення процесу змішування ВГ з повітрям;

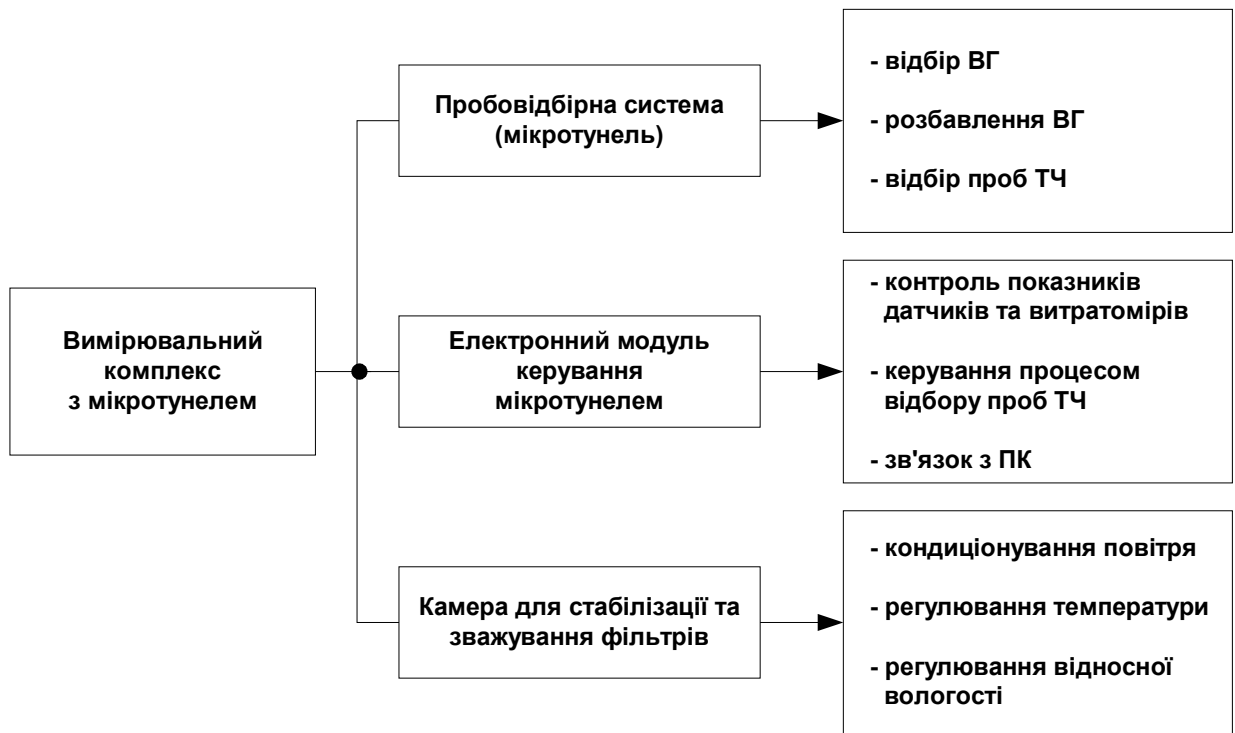


Рисунок 2.3 – Елементи вимірювального комплексу з МКТ-2 та функції, які вони виконують

– газодувку з продуктивністю 20...120 л/хв, яка є одночасно й пробовідбірним насосом;

– витратоміри газового потоку розбавлених ВГ у тунелі – G_t (колектор, профільований по дузі окружності з внутрішнім діаметром 8 мм) та потоку компенсованого повітря – G_{com} (нормальне сопло діаметром 3 мм);

– гнучкий полівініловий шланг довжиною 2 м, який пов'язує тунель з колектором.

в) систему відбору проб ТЧ, елементами якої є:

– лінія відбору проб – ЛВ – трубопровід з нержавіючої сталі з внутрішнім діаметром 16 мм і довжиною 950 мм;

– регулятори режимів відбір-байпас – два шарових крани, які знаходяться у протилежних станах;

– байпасна магістраль, в якій встановлено дросель, що вирівнює тиск у байпасній та робочій магістралях;

- робоча магістраль, в якій встановлено патрон з фільтром (або двома фільтрами) для відбору ТЧ (діаметром 70 мм);
- захисний фільтр з паперовим фільтруючим елементом, який застерігає пробовідбірний насос від забруднення ТЧ;
- гнучкий полівініловий шланг довжиною 2 м, який пов'язує захисний фільтр з пробовідбірним насосом.

Система розбавлення частки ВГ повітрям має такі газодинамічні параметри:

- масові витрати потоків: у ТП – 0,15...2,0 кг/год, у РТ і ЛВ (один потік) – 4,3...9,0 кг/год;
- діапазон варіювання коефіцієнту q – 4...50;
- спосіб визначення масової витрати G_{exh}^t – компенсаційний.

2) *Електронний модуль керування (ЕМК)* – являє собою пов'язаний з персональним комп'ютером (ПК) мікропроцесорний блок, до якого приєднані усі датчики та органи керування мікротунеля. За допомогою ЕМК виконуються наступні операції:

- контроль поточних показів датчиків та витратомірів пробовідбірної системи;
- керування процесом відбору проб ТЧ (перемикання режимів байпас–відбір проб ТЧ за допомогою шарових кранів);
- передача функцій контролю та керування мікротунелем на ПК (за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення), що дозволяє реєструвати, обробляти та протоколювати результати вимірювань масових викидів дизельних ТЧ.

3) *Камера для стабілізації та зважування фільтрів*, яка забезпечує потрібні умови для визначення маси ТЧ.

Технічні характеристики мікротунелю МКТ-2 при використанні гравіметричного методу контролю ТЧ:

- *показники точності вимірювань*: інструментальні похибки вимірювань масових (г/год) та середньоексплуатаційних викидів ЗР

(г/кВт·год) складають 3...10% та 3,5%, відповідно (при допустимих значеннях вказаних похибок: 3...8,5%, та 3,6...5,1%, відповідно);

– *показники швидкодії*: тривалість підготовки мікротунеля до проведення вимірювання не перевищує 1 хв; тривалості процедур відбору проб ТЧ становлять: на режимах холостого ходу та малої потужності – 5...7 хв, на режимах середньої потужності – 2...3 хв, на режимі номінальної потужності – до 1 хв;

– *масогабаритні показники*: розміри тунелю (L, B, H) – 500×300×1200 – мм, маса (з газодувкою) – 40 кг.

Основними якостями МКТ-2, які надають цій системі переваги над аналогами, є: *універсальність* – можливість використання системи на різних об'єктах: автомобільних, тепловозних, позашляхових, судових, тракторних та ін. дизелях; *компактність та мобільність*, які забезпечують зручність транспортування системи та монтажу її на об'єкті; *підвищена ефективність* за рахунок використання заходів з підвищення точності вимірювань та зменшення тривалості і вартості процедури випробувань [17].

Алгоритм роботи мінітунелю та структурна схема програмного забезпечення МКТ-2.

Алгоритмом роботи мікротунелю МКТ-2 (рис. 2.4, 2.5) передбачається виконання наступних операцій:

- 1) введення інформації про випробування та параметри керування мікротунелем;
- 2) формування структури випробувального циклу;
- 3) поточний контроль за станом виконавчих механізмів та датчиків;
- 4) калібрування та перевірка датчиків температури та тиску з можливістю формування графіків;
- 5) реєстрація контрольованих значень параметрів МКТ-2 та ТД протягом кожного режиму випробувань;
- 6) розрахунок викидів ЗР на окремих режимах випробувань та середньоексплуатаційного викиду ЗР за цикл випробувань;

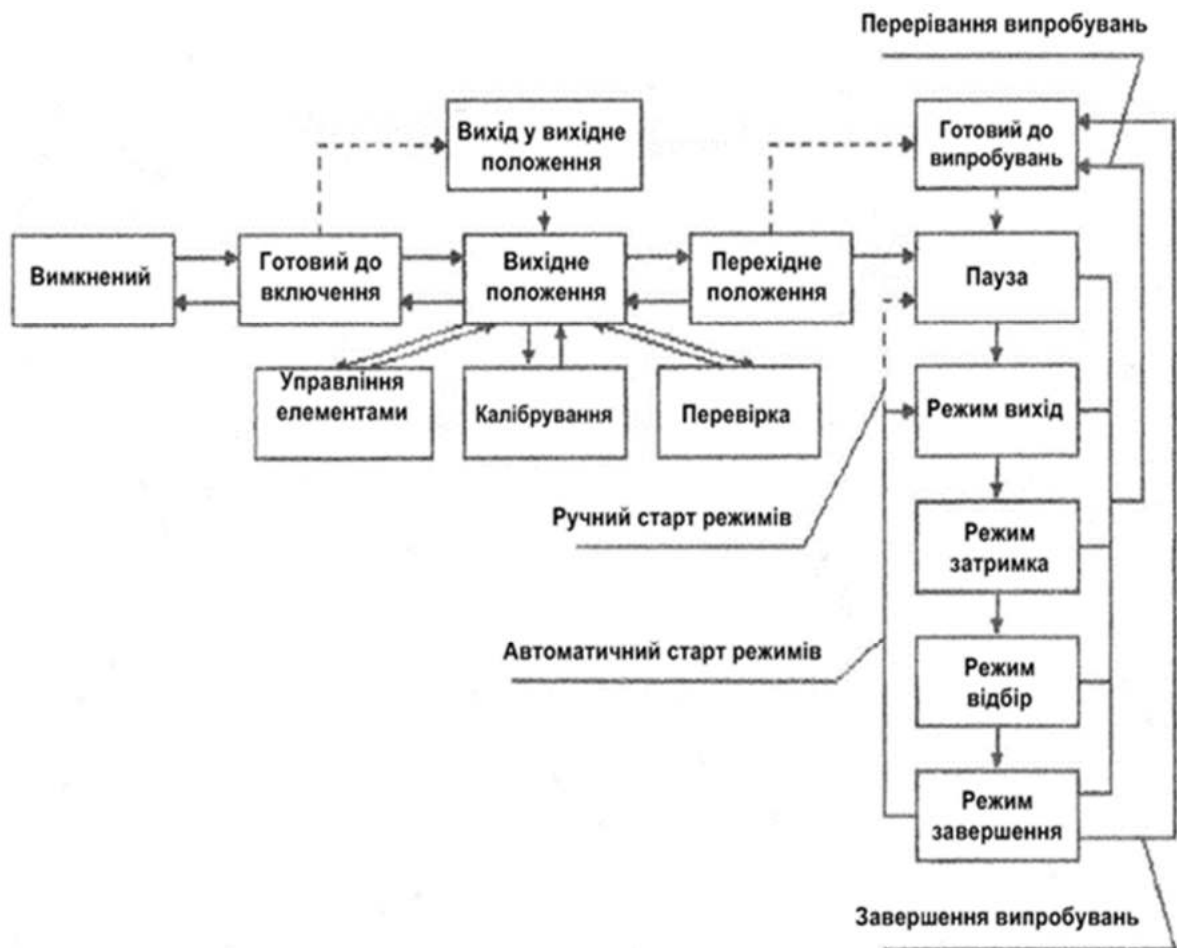


Рисунок 2.4 – Алгоритм роботи мікротунелю МКТ-2

7) контроль виконання вимог нормативних документів в ході виконання випробувального циклу;

8) протоколювання результатів випробувань з можливістю їх роздрукування.

2.2 Принцип дії та основні елементи динамічного вимірювача ТЧ з оптико-електронним чутливим елементом

Динамічний вимірювач ТЧ призначений для визначення миттєвих значень кількісних характеристик вмісту ТЧ у ВГ: концентрацій (г/мн^3), масових (г/год) та питомих ($\text{г/кВт}\cdot\text{год}$) викидів ТЧ. До складу динамічного вимірювача ТЧ якого входять дві установки (рис. 2.6):

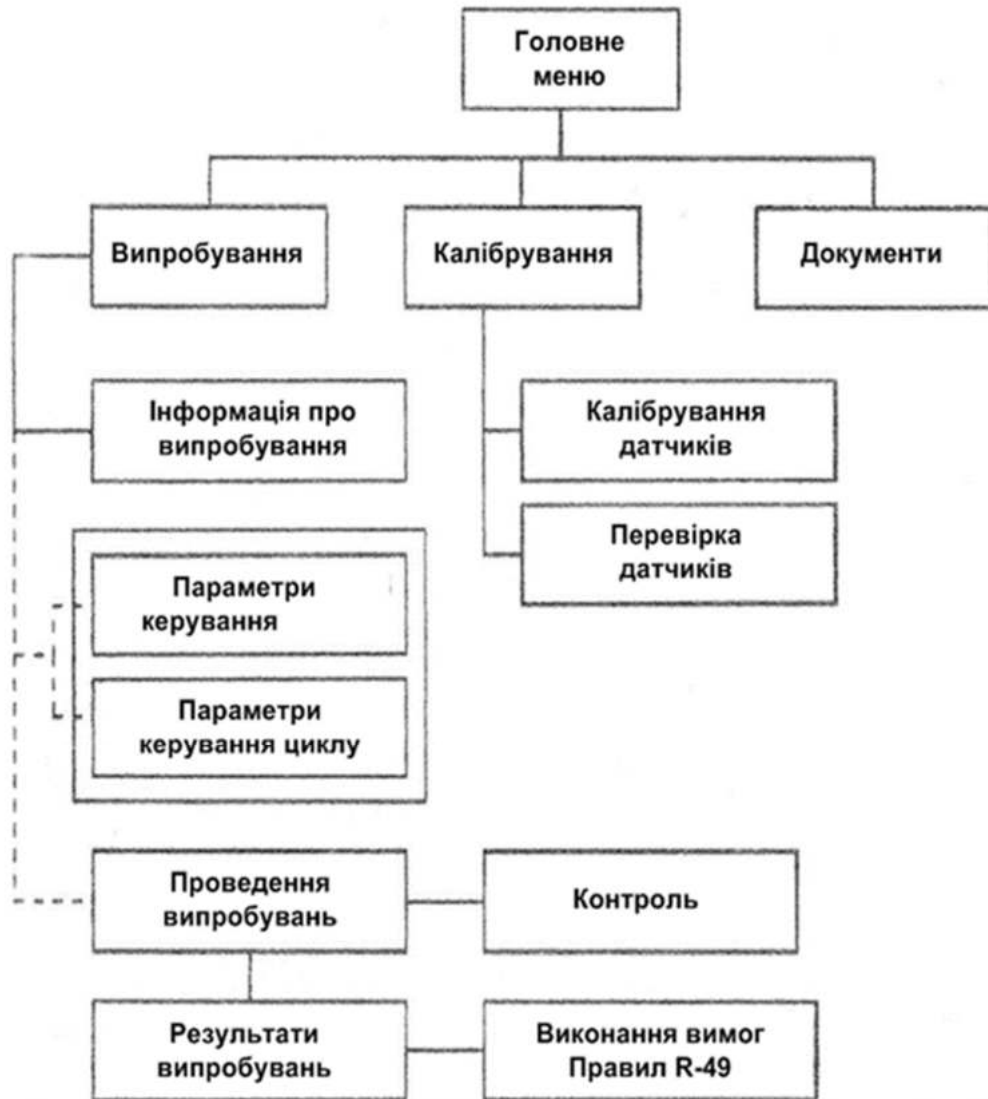


Рисунок 2.5 – Структура програмного забезпечення мікротунеля MKT-2

1) частковопотоккова система розбавлення ВГ – мікротунель MKT-2, яка виконує функції підготовки проби розбавлених ВГ до вимірювань та калібрування динамічного детектору ТЧ; в ході калібрування визначаються еталонні значення концентрацій, масових та питомих викидів ТЧ на сталих та несталих (перехідних) режимах випробувань;

2) система контролю миттєвих значень концентрацій, масових та питомих викидів ТЧ на різних режимах роботи дизеля – динамічний детектор ТЧ, яка може використовуватись з одним робочим вимірювальним каналом або з двома – робочим і контрольним вимірювальними каналами.

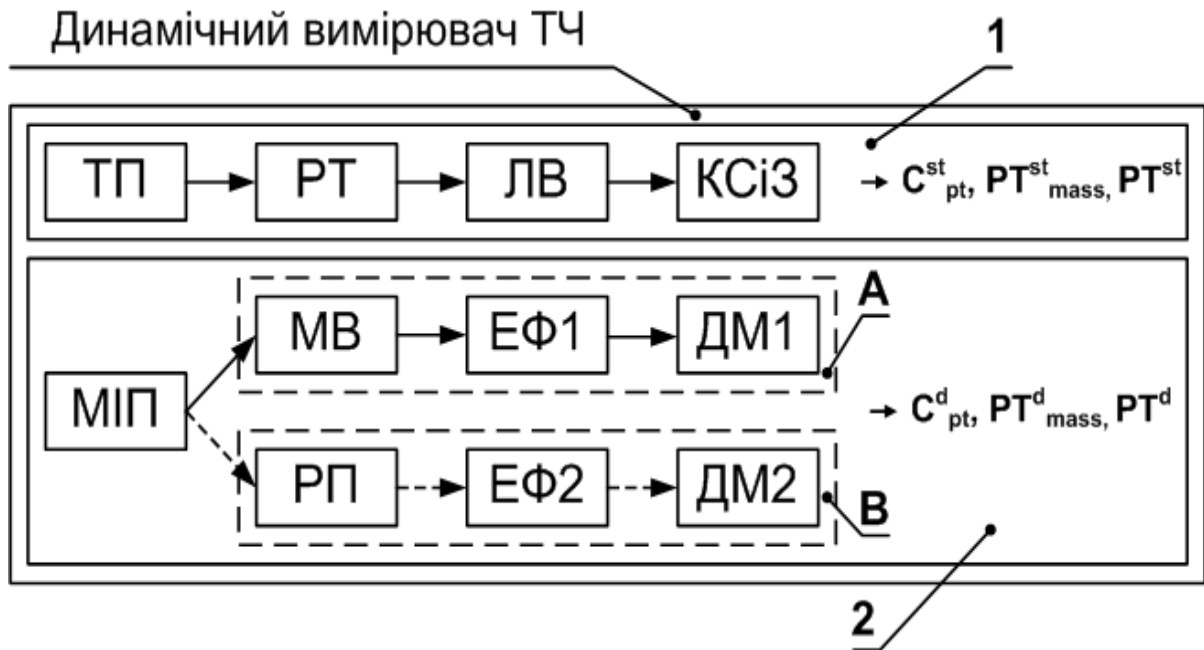


Рисунок 2.6 – Основні елементи динамічного вимірювача ТЧ:

1 – мікротунель МКТ-2; 2 – динамічний детектор ТЧ;

А – робочий канал; В – контрольний канал.

Опис елементів динамічного детектору ТЧ:

МІП – модуль з ізокінетичним пробовідбірником (ІКП), призначений для відбору з тунелю пропорційної частки проби розбавлених ВГ, яка дорівнює відношенню площ поперечного перетину пробовідбірника та тунелю (рис. 2.7); контроль ізокінетичного режиму відбору проби здійснюється за перепадом статичних тисків газових потоків у пробовідбірнику та тунелі – ΔP_{ik} , який підтримується на заданому рівні;

МВ – масовий витратомір – сопло Вентурі, призначений для контролю кількості проби, що відбирається з тунелю до робочого каналу (рис. 2.8);

РП – розподільувач потоків проби розбавлених ВГ між робочим та контрольним каналами, який забезпечує рівність масових витрат обох потоків за рахунок підтримки «нульового» перепаду статичних тисків між двома однаковими соплами Вентурі, встановленими в кожному каналі (рис. 2.9); регулювання потоків проби здійснюється за допомогою заслінки;

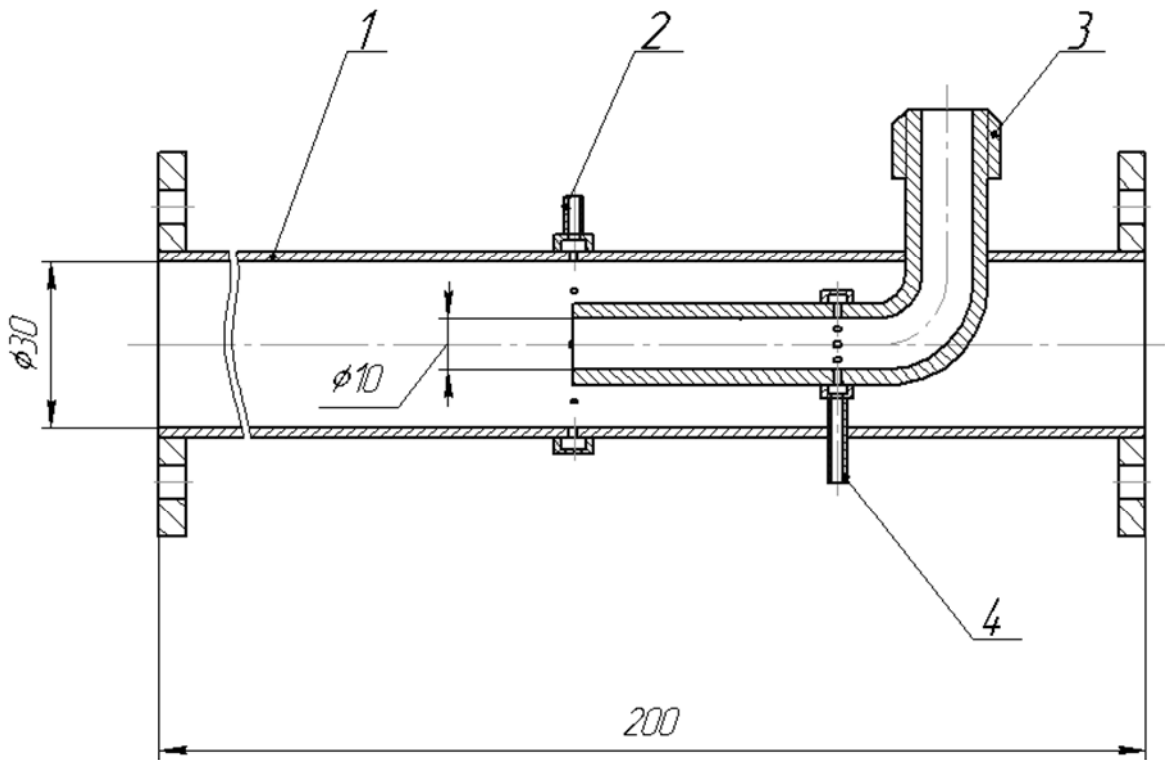


Рисунок 2.7 – Модуль з ізокінетичним пробовідбірником:
1 - трубопровід; 2, 4 – штуцери, 3 – ізокінетичний пробовідбірник

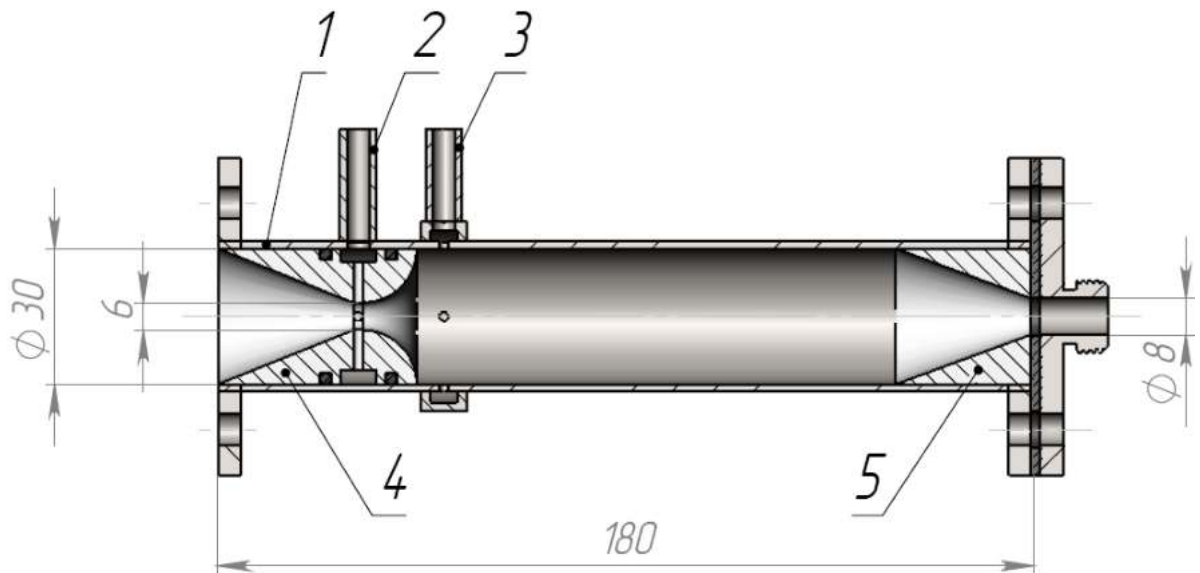


Рисунок 2.8 – Масовий витратомір:
1 - трубопровід; 2, 3 – штуцери; 4 - сопло Вентурі; 5 – конфузюр.

ЕФ1, ЕФ2 – електричні фільтри для уловлювання ТЧ, які призначені для очистки потоків проби розбавлених ВГ від ТЧ з високою ефективністю – до 97 % (рис. 2.10); фільтр ЕФ1, який встановлений в робочому каналі, включається тільки на етапі установки «нуля» шкали концентрацій ТЧ; фільтр ЕФ2, який встановлений в контрольному каналі, при проведенні вимірювань концентрацій ТЧ знаходиться у включеному стані постійно;

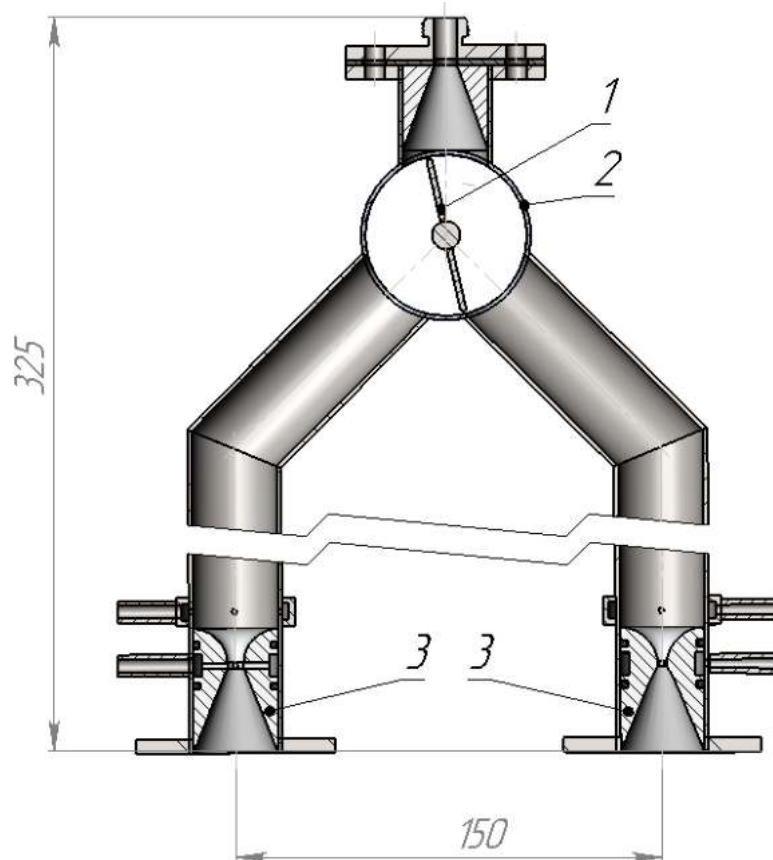


Рисунок 2.9 – Розподілювач потоків проби розбавлених ВГ:

1 - заслінка; 2 - корпус; 3 – сопла Вентурі.

ДМ1, ДМ2 – вимірювачі оптичної щільності потоків проби розбавлених ВГ в робочому та контрольному каналах – димоміри (рис. 2.11); при цьому різниця значень оптичної щільності потоків в цих каналах – ΔN пропорційна вмісту ТЧ у ВГ дизеля; залежність величини ΔN від концентрації ТЧ визначається в результаті калібрування динамічного детектора ТЧ.

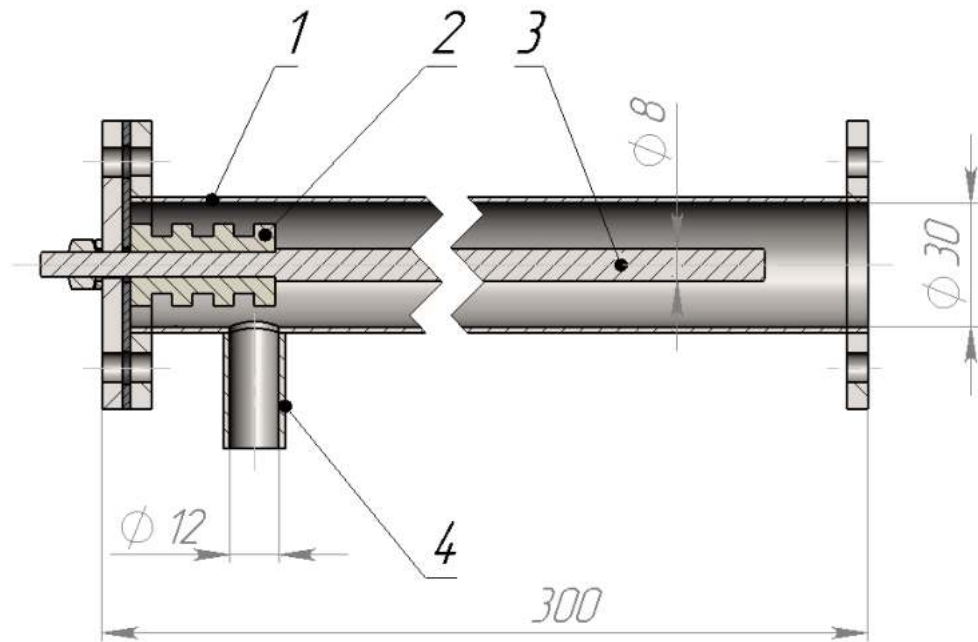


Рисунок 2.10 – Електрофільтр для уловлювання ТЧ:

1 – трубопровід - осаджувальний електрод; 2 – ізолятор; 3 – металевий стрижень – коронуєчий електрод; 4 – штуцер

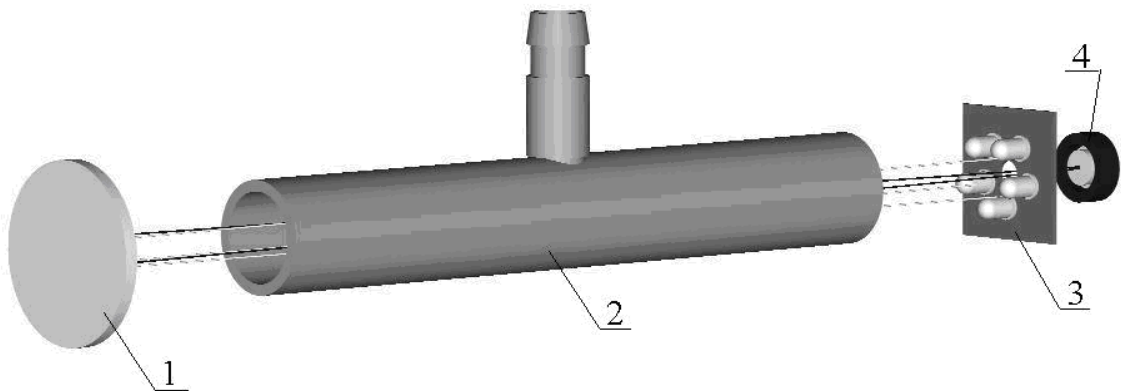


Рисунок 2.11 – Вимірювач оптичної щільності потоку проби – димомір

1 - відбивач світла, 2 - кювета, 3 - джерело світла, 4 – фотоприймач.

При роботі динамічного детектору ТЧ миттєві значення концентрацій дизельних ТЧ на робочих режимах випробувань визначаються за методикою, яка враховує інструментальні та методичні похибки обладнання.

Визначення допустимого ступеня розбавлення ВГ повітрям в МКТ-2 при проведенні динамічного контролю викидів ТЧ.

Максимально допустимі значення коефіцієнту розбавлення ВГ – q_{\max} , при якому величина N_{dil} , що вимірюється оптичним чутливим елементом досягає межі чутливості димоміру Hartridge – $\Delta N = 0,1\%$ [33] визначаються за формулою

$$q_{\max} = \frac{N(C_{pt})}{\Delta N}, \quad (2.1)$$

де $N(C_{pt})$ – емпірична залежність, яка відображає кореляційний зв'язок між димністю та концентрацією ТЧ у ВГ [14]:

$$N = 100 \cdot (1 - e^{-2,865 \cdot C}). \quad (2.2)$$

Величин q_{\max} для різних нормованих рівнів викидів ТЧ визначаються шляхом підстановки у формули (2.1) і (2.2) відповідних цим рівням концентрацій ТЧ у ВГ. Таким чином було встановлено максимально допустимі значення коефіцієнту розбавлення ВГ – q_{\max} при випробуванні дизелів, які відповідають вимогам різних стандартів Євро (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Значення q_{\max} при різних рівнях викидів дизельних ТЧ

Норматив	Нормований питомий викид ТЧ, г/(кВт·год)	Рівень концентрацій ТЧ у ВГ, мг/м ³	q_{\max}
Євро-3	0,1	1,25	36
Євро-4, 5	0,02	0,25	7
Євро-6	0,005	0,063	2

Результати обчислень свідчать про суттєве зменшення діапазону варіювання коефіцієнту розбавлення ВГ в тунелі при зниженні викидів ТЧ до рівня норм Євро-6. При використанні динамічного детектору ТЧ з низькими значеннями коефіцієнта q мікротунель необхідно додатково оснастити системою охолодження проби для зменшення її температури до граничного значення – 52 °С.

2.3. Прилади та обладнання для контролю фізичних і хімічних забруднень навколишнього середовища автомобільними двигунами

Вибір приладів і обладнання для універсальної системи екологічного діагностування ТД з мікротунелем здійснювався на основі наступних критеріїв оцінки їх ефективності:

- компактності, мобільності та зручності у експлуатації;
- забезпечення потрібної точності і динамічності вимірювань;
- доступна ціна, за можливістю – вітчизняне виробництво
- значний термін експлуатації;
- доступність регламентного обслуговування;
- широка галузь застосування.

В результаті врахування цих критеріїв було обрано ефективні засоби контролю фізичного та хімічного впливу ТД на НС, які розподілено на 2 групи:

- 1) прилади і обладнання для стендових і натурних випробувань;
- 2) прилади і обладнання для лабораторного аналізу газових проб на базі навчально-наукової лабораторії екологічного моніторингу кафедри ЕХТЗД ВНТУ.

До найбільш затребуваних приладів 1-ї групи відносяться портативні багатоканальні газоаналізатори, здатні одночасно визначати концентрації ЗР, які характеризують процес згоряння палива – CO, O₂, CO₂ і NO_x, а також засоби контролю факторів фізичного впливу ТД на НС: шуму, вібрацій, теплового забруднення; основними приладами 2-ої групи є недорогі, зручні у

експлуатації, здатні визначати значну кількість забруднювачів НС засоби фотометричного контролю газових, рідких та твердих проб – спектрофотометри і фотоколориметри.

Прилади та обладнання для вимірювального комплексу з мікротунелем для стендових і натурних випробувань. До сучасних газоаналітичних приладів відносяться:

- портативні газоаналізатори-монітори (рис. 2.12) компанії Testo (Німеччина), Riken Keiki (Японія), Екотест (Україна) тв ін.; до їх складу входять газоаналізатори різних моделей, що забезпечують визначення концентрації газів CO, H₂S, NO, NO₂, SO₂ у ppm (частинках на мільйон); у них автономне живлення; цифровий індикатор на рідинних кристалах безперервно видає дані; керування індикацією - від мікропроцесора; аналізатори також видають й усереднені звіти; насос для відбору проб вмонтовано у прилад; час спрацьовування - у межах до 10...30 с; вага - від 0,3 до 3 кг;



Рисунок 2.12 - Портативний промисловий газоаналізатор Testo 350

- *стійки з приладами для газового аналізу фірми AVL (Австрія);* вимірюють CO, CO₂, NO, NO₂, CH, O₂; призначені для контролю токсичності та діагностики як бензинових двигунів, так і дизелів всіх розмірів і потужностей; принципи вимірювання та виконання приладів відповідають законодавчим вимогам; надійні вимірювання при низьких температурах навколишнього середовища. Різні можливості визначення частоти обертання колінчастого вала двигуна (клемовий датчик, датчик ВМТ, оптичний датчик, кабель запалювання та ін.); можливий комплексний аналіз несправностей двигуна: кути випередження запалювання й вприскування палива, димність і частота обертання при розгоні на холостому ході, перевірка роботи λ-зонда і т. д.); можливість визначення димності при повному навантаженні забезпечена вимірювальною камерою стандартної довжини з малою масою; вбудовані дисплей та принтер, накопичувач даних; вага модуля газоаналізатора 22 кг;

- *пост екологічного контролю вітчизняної фірми «Украналіт»;* призначений для вимірювань NO, NO₂, NO_x, CO, CO₂, CH, CH₄ у викидах автотранспорту та ДВЗ інших призначень; вбудовані: блок пробопідготовки; інфрачервоні газоаналізатори CO, CO₂; хемілюмінесцентний газоаналізатор CH; полум'яно-іонізаційний газоаналізатор NO, NO₂, NO_x, димомір; генератор водню та воднево-гелієвий розріджувач; самописи до аналізаторів; комплект повірочних газових сумішей; мікропроцесорні пристрої у комплектах кожного газоаналізатора; час безперервної роботи 48 годин, маси аналізаторів - від 25 до 35 кг;

- *газоаналізатор RX-777 японської фірми «Рікен Кейкі»;* призначений для вимірювання CO, O₂, CO₂, CH у ВГ автомобіля; керування — від вбудованого мікропроцесора, має друкувальний пристрій; вбудована самодіагностика; метод індикації - пряма індикація концентрації газів на світлодіодах; маса — 22 кг; відраховування токсидів виконується безперервно та одночасно;

- *хемілюмінесцентний аналізатор японської фірми «Рікен Кейкі»;* призначений для вимірювань NO, NO_x; спосіб вимірювання мало залежить від

зовнішніх впливів; конструктивно прилад виконано із вузла відбирання проби з включенням охолоджувача, вузла каталізатора, вузла детектора із контролем температури та електричних кіл на напівпровідниках; вимірювання виконується при атмосферному тиску (тому не потрібний вакуумний насос); вмонтований механізм повної обробки надлишку озону; зручний для контролю ВГ у майстерні обслуговування автомобіля; маса - до 120 кг.

Визначення димності ВГ. Конструктивне оформлення сучасних димомірів відображає розробка фірми AVL (Австрія) - Smoke Meter 415, який характеризують:

- *підвищена точність при вимірюванні димності дизелів на випробувальному стенді; цей димомір визначає новий рівень якості щодо точності й відтворення випробувань; новий прокачувальний насос, що керується мікропроцесором, рівномірно всмоктує ВГ у порівнянні з поршневыми насосами минулих розробок; об'єм, що прокачується, може змінюватись залежно від рівнів димності ВГ: більший об'єм газу - при меншій димності та менший об'єм газу - при більшій димності; тобто прилад завжди функціонує в оптимальному діапазоні вимірювань незалежно від ступеня димності ВГ;*

- *нова техніка та керування прокачуванням проби ВГ крізь димомір: розробники перспективної модифікації виходили з того, що прогрес у дизелебудуванні останніх років привів вже до значного зниження емісії токсидів; однак вимоги на токсичність, в тому числі на димність, безперервно стають все жорсткішими і робота з екологізації двигунів, як і зниження димності сучасних двигунів, буде все поглиблюватись; зменшення димності сучасних дизелів вимагає підвищення вимог щодо точності димомірів; для їх виконання фірма створила метод вимірювань, який керується та контролюється мікропроцесором; останній отримує інформацію від датчиків тиску, температури та маси ВГ; завдяки цьому він може керувати новим мембранним насосом й установлювати автоматично оптимальний для вимірювань об'єм що всмоктується; застосовується нова техніка для*

прокачування проби: електричний мембранний насос, який рівномірно (без пульсацій тиску) всмоктує ВГ протягом всього періоду прокачування; цим новий насос вигідно відрізняється від поршневих насосів, що генерують сильні коливання потоку ВГ під час прокачування;

- *повна інтеграція у випробувальний стенд*: димомір обладнаний всім необхідним для повної його інтеграції в автоматику випробувального стенда для моторних та екологічних досліджень; обмін даними вимірювань та сигналами керування відбувається через інтерфейс; у пристрої дистанційного керування передбачений додатковий аналоговий інтерфейс, який робить таке керування ефективним і зручним;

- *застосування димоміра для випробувального стенда та їздових випробувань*: автономне живлення (за вибором - від електромережі, вбудованого акумулятора чи від батареї акумуляторів автомобіля) дозволяє розташувати димомір на борту автомобіля й перевірити результати стендових вимірювань при їздових випробуваннях; завдяки зручній панелі керування з цифровою індикацією вимірюваних значень та обладнанню дистанційного керування.

Прилади та обладнання для лабораторного аналізу показників токсичності ТД. Камера для стабілізації та зважування фільтрів (рис. 2.13) забезпечує потрібні умови для визначення маси ТЧ, які відповідають вимогам нормативних документів [11-13]. Камера може використовуватись у герметичному режимі; для цього вона має теплоізолюваний корпус (ізолятор – шар пінопласту товщиною 30 мм), закритий прозорою кришкою з органічного скла. Для доступу персоналу до аналітичних ваг та фільтрів у процесі їх зважування у кришці камери герметично закріплені гумові рукавички.

Всередині камери знаходяться:

- система кондиціонування з вентилятором, який забезпечує рівномірне перемішування повітря в камері та відсутність градієнту температур;

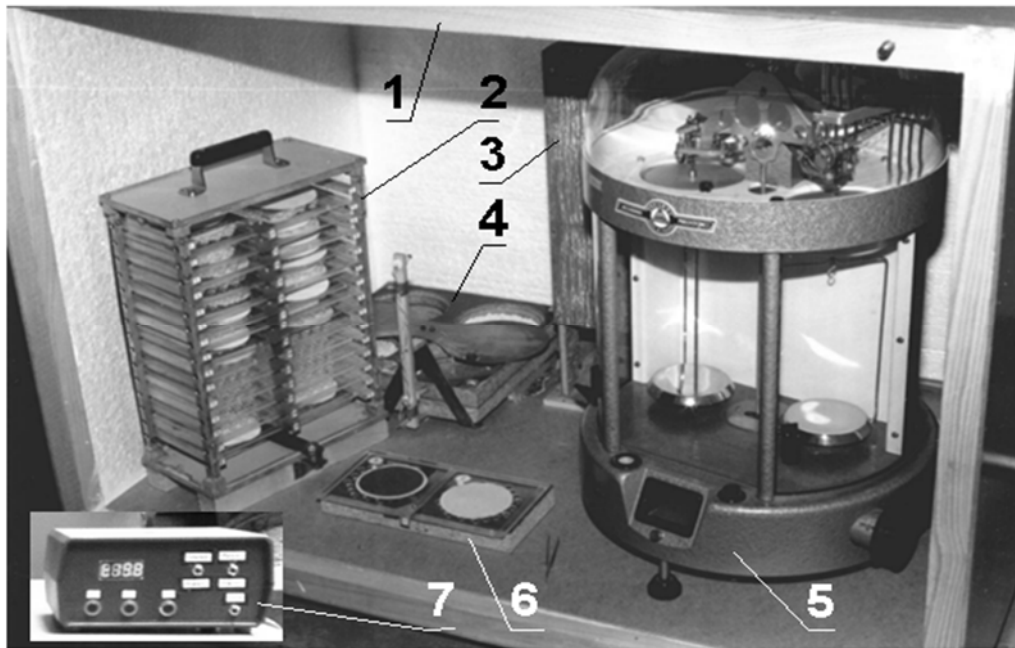


Рисунок 2.13 – Основні елементи камери для стабілізації і зважування фільтрів:
 1 - корпус; 2 – касета з фільтрами; 3 – газохід з вентилятором та нагрівачем; 4 - регулятор поглинання-виділення вологи; 5 – аналітичні ваги; 6 – підставка для розташування фільтрів; 7 – електронний модуль керування.

- система регулювання температури з нагрівачем потужністю 100 Вт, яка забезпечує підтримку температури стабілізації фільтрів всередині камери – t_{st} на заданому рівні (у діапазоні 18...40 °С) з точністю ± 1 °С;

- система регулювання відносної вологості повітря з регулятором поглинання-виділення вологи (поглинач вологи – силікагель, генератор вологи – дистильована вода); дана система забезпечує підтримку відносної вологості в камері – φ_{st} на заданому рівні (у діапазоні 40...90%) з точністю ± 3 %.

Камера має габарити: L, B, H - 800×600×600 мм; маса камери (з аналітичними вагами) – 40 кг. Тривалість безперервного періоду стабілізації фільтрів складає не менше, ніж 36 годин. Для зручності транспортування камери на її верхній стінці встановлені дві ручки. Для контролю і управління температурним режимом камери використовується електронний модуль – мікропроцесорний блок.

РОЗДІЛ 3

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ МЕТОДІВ ПРОБОВІДБОРУ, ОБЧИСЛЕННЯ ТА ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛІЗУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТД

В даному розділі представлені методи та методики, встановлені нормативними документами, які використовуються при проведенні екологічного діагностування ТД за показниками, що характеризують хімічні та фізичні забруднення навколишнього середовища, а саме:

- методи відбору, транспортування та підготовки до аналізу газових проб; що відбираються з вихлопних труб ТД;
- методика визначення масових викидів забруднюючих речовин, що містяться у ВГ ДВЗ;
- методика проведення лабораторного аналізу газових проб з використанням спектрофотометру.

3.1 Методи відбору, транспортування та підготовки до аналізу газових проб

При проведенні екологічного діагностування ТД залежно від принципів побудови системи пробовідбору і пробопідготовки можуть використовуватись два методи контролю газових проб: безпосереднього (прямого) вимірювання та динамічного розбавлення.

Метод безпосереднього вимірювання проби. Пробу газу відбирають з трубопроводу вихлопної труби за допомогою пробовідбірної зонди 1, введеного в неї через спеціальний занурювальний пробовідбірний вузол, встановлений на трубі. На рис. 3.1 представлена схема пробовідбору з внутрішньою фільтрацією, при якій фільтр грубої очистки проби встановлено на зонді всередині трубопроводу. При відборі проби методом зовнішньої фільтрації фільтр грубої очистки встановлюють поза трубопроводом і додатково підігрівають для запобігання випаданню на ньому конденсату.

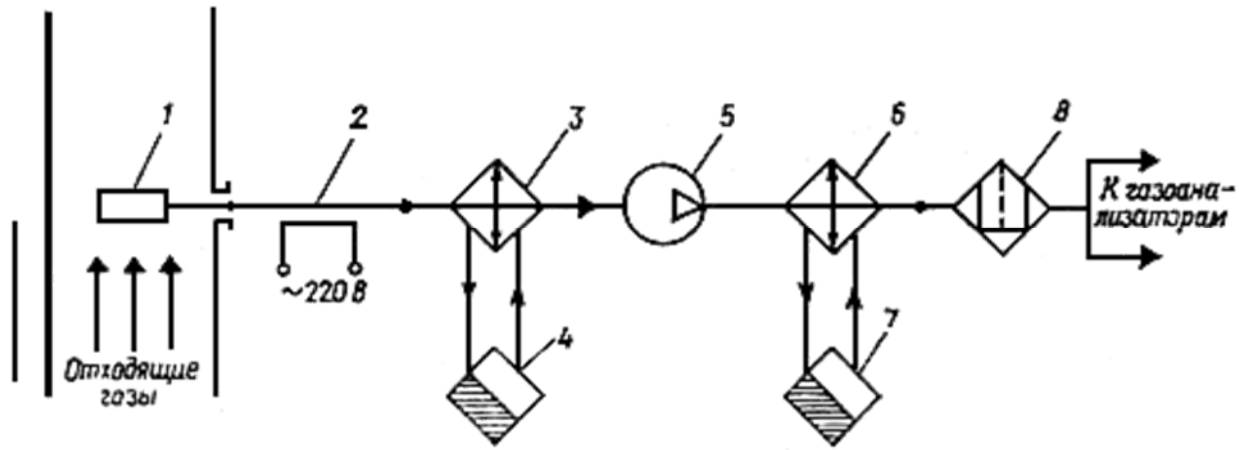


Рисунок 3.1 – Схема методу безпосереднього вимірювання проби:

1 – фільтр грубого очищення проби; 2 – магістраль транспортування проби; 3 – первинний осушувач; 4, 7 – конденсатозбірники; 5 – побудник витрати газу; 6 – вторинний осушувач; 8 – фільтр тонкого очищення.

Очищена проба по підігріваній магістралі надходить в первинний осушувач проби 3, де відбувається охолодження проби і збір конденсату. Конденсат, зібраний у конденсатозбірники 4, може містити легкокорозивні ЗР – SO_2 , NO_2 , NH_3 , HF і т. д. Для підвищення точності вимірювань необхідно визначити вміст даних речовин в конденсаті методом інструментально-лабораторного аналізу. Після охолодження проба, проходячи через побудник витрати газу 5, надходить у вторинний осушувач 6 з конденсатозбірником 7, фільтр тонкої очистки 8 і подається до газоаналітичного приладу, де безперервно автоматично аналізується вміст в пробі ЗР.

Метод динамічного розбавлення проби заснований на розбавленні вихідної газової проби чистим повітрям або азотом в заданому співвідношенні (рис. 3.2).

Проба газу, що відбирається з трубопроводу через пробовідбиральний зонд 1 з внутрішньою фільтрацією надходить до пристрою розбавлення 2. На другий вхід пристрою 2 надходить чисте повітря або азот від джерела газу-розріджувача 3.

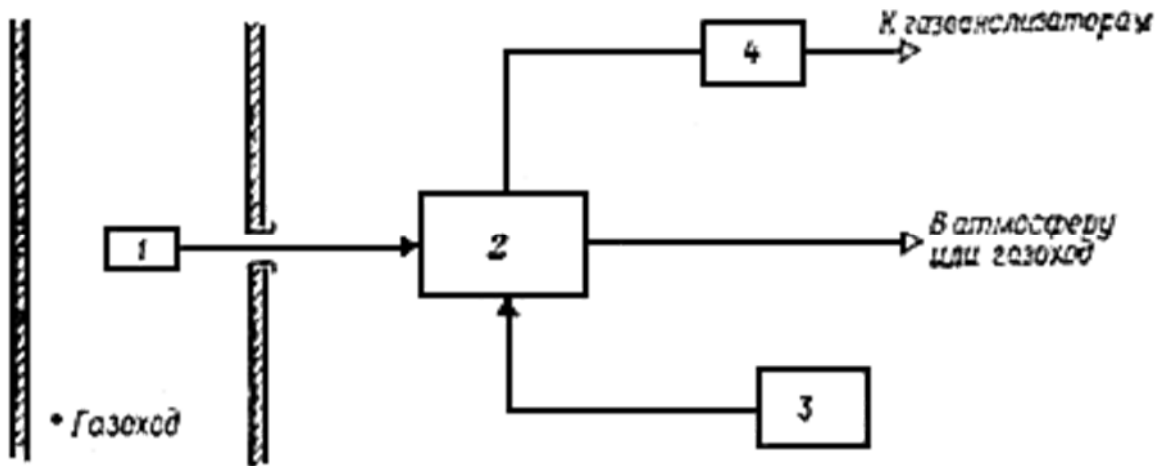


Рисунок 3.2 – Схема методу динамічного розбавлення проби:

1 – пробовідбиральний зонд; 2 – пристрій динамічного розбавлення; 3 – джерело газу-розріджувача; 4 – фільтр тонкого очищення.

Частина вихідної проби, розбавлена в заданому співвідношенні, через фільтр тонкого очищення 4 подається до газоаналітичного приладу. Надлишок проби після розбавлення скидається в атмосферу. Даний метод має такі переваги над методом безпосереднього вимірювання проби:

- можливість використання без обігріваних газових магістралей;
- зниження хімічної агресивності проби та її запиленості;
- можливість використання для аналізу проб атмосферних газоаналізаторів, що істотно розширює номенклатуру газоаналітичних приладів для контролю джерел забруднення атмосфери.

3.2 Методика визначення масових викидів забруднюючих речовин, що містяться у ВГ транспортних ДВЗ

Визначення нормованих викидів забруднюючих речовин з ВГ двигунів здійснюється в ході виконання випробувальних циклів наступним чином. Двигун послідовно працює на всіх режимах випробувального циклу з встановленими значеннями числа обертів колінчастого валу – n і крутного

моменту – M_k . Кількість режимів циклу та значення n і M_k залежать від типу ДВЗ: для автомобільних дизелів встановлено 13-ступінчастий цикл [11], для тракторних і комбайнових – 8-ступінчастий [13], для тепловозних – 3-ступінчастий [1], його вітчизняний аналог – 5-ступінчастий цикл ДСТУ 32.001-94 [21] і т.д. Частка кожного режиму в процесі експлуатації дизеля враховується за допомогою відповідного вагового коефіцієнта – WF .

Для вимірювання середньоексплуатаційних викидів газоподібних забруднюючих речовин з ВГ двигуна – GAS_x можуть використовуватися два методи: 1) аналіз «сирих» або нерозбавлених ВГ; 2) аналіз ВГ, попередньо розбавлених чистим повітрям. Перший метод передбачає пряме вимірювання на кожному режимі випробувань концентрацій забруднюючих речовин у ВГ – $conc_i$ (ppm) та обчислення масових викидів цих речовин – M_{GASxi}

$$M_{GASxi} = u \cdot conc_i \cdot G_{exhi}, \text{ кг/год}, \quad (3.1)$$

де u – емпіричні коефіцієнти, які залежать від ЗР.

G_{exhi} – масова витрата ВГ у випускній системі двигуна на i -м режимі випробувань, кг/год.

Для величин, масові викиди яких нормуються, u дорівнює:

для CO – $0,966 \cdot 10^{-3}$; для CH – $0,479 \cdot 10^{-3}$; для NO_x – $1,587 \cdot 10^{-3}$ [11];

При другому методі визначення величин GAS_x використовується система динамічного розбавлення ВГ двигуна повітрям – тунель. При цьому на кожному режимі випробувань проводиться вимірювання концентрацій забруднюючих речовин в розбавлених ВГ – $conc_{(dil)i}$ визначаються масові викиди цих речовин за формулою:

$$M_{GASxi} = u \cdot conc_{(dil)i} \cdot G_{edfi}, \text{ г/год}, \quad (3.2)$$

де G_{edfi} – еквівалентна масова витрата розбавлених ВГ, яка дорівнює добутку масової витрати ВГ G_{exhi} на коефіцієнт розбавлення ВГ – q .

При використанні обох методів показники GAS_x обчислюються за формулою:

$$GAS'_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_{GASXi} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{ei} \cdot WF_i}, \text{ г/кВт}\cdot\text{год}, \quad (3.3)$$

де n – кількість режимів випробувань;

WF_i – ваговий фактор i -го режиму;

P_{ei} – ефективна потужність дизеля, виміряна на i -м режимі, кВт.

Вимірювання середньоексплуатаційного викиду ТЧ з ВГ дизеля – РМ проводиться виключно з використанням системи динамічного розбавлення ВГ повітрям. При цьому, на кожному режимі випробувального циклу проводиться вимірювання масових викидів ТЧ з ВГ дизеля – PM_{massi} :

$$PM_{massi} = \frac{M_{fi}}{M_{sami}} \cdot \frac{G_{edfi}}{1000}, \text{ г/год}, \quad (3.4)$$

де M_{fi} – маса, навішування ТЧ, зібрана на фільтрах для відбору проб ТЧ, г;

M_{sami} – маса розбавлених ВГ, що пройшла через фільтри, кг.

Показник РМ обчислюється за формулою:

$$PM = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} PM_{massi} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{ei} \cdot WF_i}, \text{ г/кВт}\cdot\text{год}. \quad (3.5)$$

Таким чином, для визначення нормованих показників GAS_x та РМ, що встановлюються непрямым шляхом, необхідно провести вимірювання величин: $conc_i$ ($conc_{(dil)i}$), G_{exhi} , q , M_{fi} , M_{sami} , та P_{ei} .

3.3 Методика проведення лабораторного аналізу газових проб з використанням спектрофотометру ULAB 102

Дана методика призначена для визначення концентрацій ЗР у ВГ, ДГ і атмосферному повітрі в зоні роботи двигунів та котелень шляхом проведення

фотометричного аналізу поглинальних розчинів після пропускання через них досліджуваних газових проб. Методика основана на здатності ЗР, що міститься в газовій пробі, змінювати окрас відповідного поглинального розчину при вступі з ним в хімічну реакцію. При цьому інтенсивність окрасу поглинального розчину, що характеризується показником оптичної густини, відповідно закону Бугера-Ламберта –Бера [27] є прямо пропорційною концентрації ЗР в газовій пробі.

Відбір проб в містах аналізу забруднень здійснюється газодувкою мікротунелю – 2-канальним електроаспіратором ASA-2М (рис. 3.3), до якого приєднуються поглиначі (рис. 3.4), заповнені потрібними поглинальними розчинами відповідно до завдань досліджень.

Для проведення фотометричного аналізу поглинальних розчинів використовується спектрофотометр ULAB 102 (рис. 3.5).

Для визначенні концентрації речовини в розчині використовується *метод градуйованого графіка*, який виконується в послідовності:

- вибір довжини хвилі поглинального випромінювання;
- вибір кювети;
- побудування градуйованої кривої;
- вимір оптичної густини досліджуваного розчину та визначення концентрації досліджуваної речовини за допомогою градуйованої кривої.

Вибір довжини хвилі поглинального випромінювання. Наливаємо контрольний та пофарбований розчини в кювети (рис. 3.6) і визначаємо оптичну густину для всього діапазону варіювання поглинального випромінювання. За отриманими даними будуємо криву, відкладаючи по горизонтальній осі довжини хвиль, а по вертикальній осі – відповідні значення оптичної густин розчину. Відзначаємо ту ділянку кривої, для якої виконуються наступні умови:

- оптична густина має максимальну величину;
- хід кривої приблизно паралельний горизонтальній осі, тобто оптична густина мало залежить від довжини хвилі.

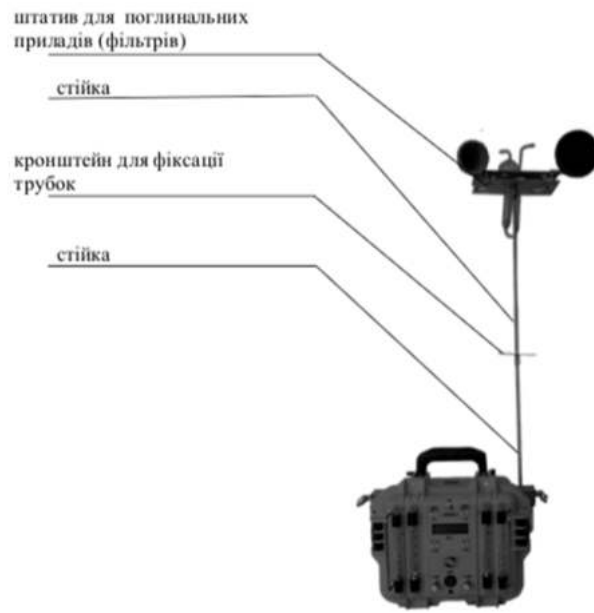


Рисунок 3.3 – Електроаспіратор ASA-2М зі штативом для поглинаючих приладів



Рисунок 3.4 – Вигляд поглиначів Зайцева (ліворуч) і Ріхтера (праворуч)



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд спектрофотометру ULAB 102

Вибір кювети. Відносна помилка визначення концентрації ЗР в розчині буде різною при роботі на різних ділянках шкали спектрофотометру і досягає мінімуму при значенні оптичної густини 0.4.

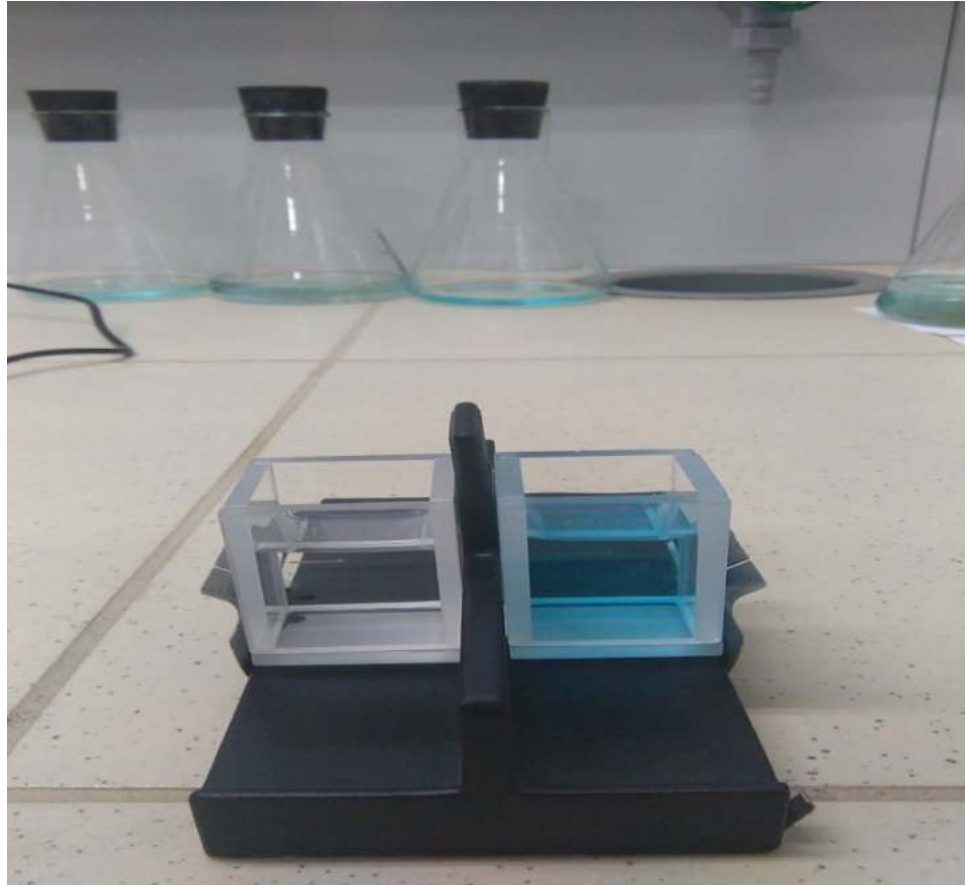


Рисунок 3.6 – Кювети з контрольним та досліджуваним розчинами

При вимірюванні ряду розчинів кювету заповнюємо розчином з середньою концентрацією досліджуваної величини. Якщо отримане значення оптичної густини становить приблизно 0,3 – 0,5 – вибираємо цю кювету для роботи з розчином.

Побудова градуйованого графіка. Готуємо ряд розчинів досліджуваної речовини з відомими концентраціями, які охоплюють область можливих змін концентрацій речовини в досліджуваному розчині.

Вимірюємо оптичну густину всіх розчинів і будуємо градуйований графік, відкладаючи по горизонтальній осі відомі концентрації, а по вертикальній – відповідні їм значення оптичної густини.

Визначення концентрації речовини в розчині. За градуйованим графіком в подальшому визначають невідому концентрацію речовини в досліджуваних розчинах. Для цього розчин наливаємо в ту ж кювету, для якої побудована градуйована залежність, і визначаємо його оптичну густину. Потім за градуйованим графіком знаходимо концентрацію, відповідну виміряному значенню оптичної густини розчину.

Для кожної ЗР застосовується відповідна методика фотометричного аналізу.

Визначення вмісту монооксиду азоту в газовій пробі (приклад).

1. Досліджуваний розчин. Визначення базується на утворенні азобарвнику при взаємодії оксиду азоту (II) з реактивом Гресса-Ілосваю.

2. Відбір проб. Газову пробу зі швидкістю 0,2 дм³/хв аспірують крізь два послідовно з'єднаних поглинальних прилади з 10 см³ 8% розчину йодиду калію у кожному. Для визначення у повітрі концентрації на рівні ½ ГДК достатньо відібрати 3 дм³ проби.

3. Визначення концентрації забруднювача. Пробу об'ємом 1 см³ з першого та 5 см³ з другого поглинального приладу вносять у колориметричні пробірки. Об'єм проби 1 см³ проби доводять до об'єму 5 см³ 8%-м розчином йодиду калію.

Потім у пробірки додають по 1 см³ реактиву Гресса-Ілосваю та збовтують. Через 20 хв додають по 0,5 см³ 0,01 н. розчину сульфату натрію, збовтують та вимірюють оптичну густину розчину у кюветі з товщиною шару 1 см при довжині хвилі 520 нм у порівнянні з контрольним розчином, який готують аналогічно пробам.

Вміст монооксиду азоту у об'ємі, що аналізується, визначається за градуйованим графіком. Для його побудови готують шкалу стандартів згідно табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Шкала стандартів для визначення монооксиду азоту

Номер стандартного розчину	Стандартний розчин №2, см ³	Йодид калію 8% розчин, см ³	Вміст оксиду азоту (II), мкг
1	0	5,0	0
2	0,3	4,7	0,3
3	0,5	4,5	0,5
4	1,0	4,0	1,0
5	2,0	3,0	2,0
6	3,0	2,0	3,0
7	4,0	1,0	4,0
8	5,0	-	5,0

Всі пробірки шкали оброблюють аналогічно пробам, вимірюють оптичну густина та будують градуїований графік. Концентрацію оксиду азоту в пробі визначають за формулою

$$X = \frac{a \cdot V_1}{V \cdot V_n}, \text{ мкг/м}^3 \quad (3.6)$$

де a – вміст монооксиду азоту у аналізованому об'ємі проби, мкг;

V_1 – спільний об'єм проби, см³;

V – об'єм проби, який взятий для аналізу, см³;

V_n – об'єм аспірованого повітря.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ НОРМОВАНИХ ПОКАЗНИКІВ ТОКСИЧНОСТІ АВТОМОБІЛІВ І ТД

4.1. Інформаційні методи підвищення точності контролю нормованих викидів ЗР від автомобілів

В універсальній системі екологічної діагностики автомобілів і ТД реалізовано інформаційні методи контролю та підвищення точності вимірювань середньоексплуатаційних викидів газоподібних забруднюючих речовин і ТЧ - показників GAS і РТ, вимірюваних відповідно до вимог Правил СЕК ООН R-49, R-96 і стандарту ISO 8178.

Метод оцінки точності вимірювань величин GAS і РТ. Даний метод дозволяє визначати результуючі похибки вимірювань зазначених величин як похибку результату непрямих вимірювань (табл. 4.1) за формулою:

$$\delta y = \frac{1}{y} \cdot \left(\sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial y}{\partial x_j} \cdot \delta x_j \cdot x_j \right) \right)^{0.5}, \quad (4.1)$$

де y – величина, яка визначається розрахунковим шляхом за відомою залежністю $y = (x_1, x_2, \dots, x_m)$; x_1 ,

x_2, \dots, x_m – величини, вимірювані безпосередньо в ході випробувань; m – кількість таких величин; δx_j – відомі похибки вимірювань величин x_j .

Залежності, наведені в табл. 4.1, можуть використовуватися при аналізі впливу похибок вимірювального обладнання системи діагностики на точність визначення величин GAS і РТ.

Метод підвищення точності вимірювань показника РТ. Даний метод, реалізований в мікротунелі МКТ-2, дозволяє підвищити точність вимірювань показника РТ за рахунок врахування методичної похибки вимірювань даної величини - δRT_t , яка виникає через вплив температури проби перед пробовідбірним фільтром - t_f на вимірюваний масовий викид ТЧ - m_{pm} [14].

Таблиця 4.1. Формули для обчислень результируючих похибок вимірювань величин GAS і РТ

Величина	Визначення величини	Похибка вимірювань величини
Масовий викид газоподібних ЗР на і-му режимі, M_{gasi}	$M_{gasi} = u_{gas} \cdot C_{gasi} \cdot G_{exhi}$	$\delta M_{gasi} = \sqrt{\delta C_{gasi}^2 + \delta G_{exhi}^2}$
Середній за цикл масовий викид газоподібних ЗР, $M_{gas(m)}$	$M_{gas(m)} = \sum_{i=1}^n (WF_i \cdot M_{gasi})$	$\delta M_{gas(m)} = \delta M_{gasi} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (WF_i \cdot k_{Mgasi})^2}$
Середній за цикл масовий викид ТЧ, $M_{pm(m)}$	$M_{pm(m)} = \frac{m_f}{m_{sam}} \cdot \frac{G_{edf}}{1000}$	$\delta M_{pm(m)} = \sqrt{\delta m_f^2 + \delta m_{sam}^2 + \delta G_{edf}^2}$
Середня за цикл потужність двигуна, $P_{e(m)}$	$P_{e(m)} = \sum_{i=1}^n (WF_i \cdot P_{ei})$	$\delta P_{ei} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (WF_i \cdot k_{Pei})^2}$
Середньоексплуатаційний викид газоподібних ЗР, GAS	$GAS = \frac{M_{gas(m)}}{P_{e(m)}}$	$\delta GAS = \sqrt{\delta M_{gas(m)}^2 + \delta P_{e(m)}^2}$
Середньоексплуатаційний викид ТЧ, РТ	$PT = \frac{M_{pm(m)}}{P_{e(m)}}$	$\delta PT = \sqrt{\delta M_{pm(m)}^2 + \delta P_{e(m)}^2}$

Примітка. У таблиці використані позначення: u_{gas} – постійний коефіцієнт, що залежить від ЗР; C_{gasi} – концентрація газоподібного ЗР у ВГ; G_{exhi} – масова витрата ВГ; WF_i – ваговий фактор і-го режиму; m_f – маса ТЧ, зібрана на фільтрі; m_{sam} – маса проби, яка пройшла через фільтр; G_{edf} – еквівалентна масова витрата газового потоку в тунелі; k_{Mgasi} – коефіцієнт, що дорівнює відношенню величин M_{gasi} і $M_{gas(m)}$, k_{Pei} – коефіцієнт, що дорівнює відношенню величин P_{ei} і $P_{e(m)}$.

Температура t_f при контролі РТ залежить від температури повітря, що надходить в тунель - t_{dil} і максимальної температури проби в тунелі - $t_{f(max)}$, які, у відповідності до вимог стандарту ISO 8178, можуть змінюватись в діапазонах: $t_{dil} = 20...30$ °C і $t_{f(max)} = 42...52$ °C.

На основі аналізу результатів досліджень похибки δPT_t , наведених в роботах [3], авторами запропонована залежність для її визначення [1]:

$$\delta PT_t = \sum_{i=1}^n k_{mod\ ei} \cdot K_{Mpmi} \cdot (t_{fi} - t_{f0i})$$

де n – кількість режимів випробувального циклу;

K_{modei} – коефіцієнт, що враховує вплив режиму роботи двигуна на величину δPT_t , який визначається за методикою, викладеною в роботі [1]; K_{Mpmi} – коефіцієнт, що дорівнює відношенню масового викиду ТЧ на i -му режимі до середнього за цикл викиду ТЧ; t_{fi} – фактичне значення температури проби на i -му режимі; t_{f0i} – температура проби на i -му режимі, яка приймається за базову і відповідає значенням $t_{dil} = 20$ °C і $t_{f(max)} = 52$ °C.

4.2 Результати експериментальних досліджень інформаційних методів підвищення точності системи екологічної діагностики ТД

Проведено випробування системи діагностики на натурних об'єктах: транспортних дизелях: автотракторному – 4ЧН12/14, тракторному – Д65М, тепловозному – двигуні дизель-поїзда ДЕЛ-01 (рис. 4.1).

Аналіз результатів досліджень показує:

– результуючі похибки вимірювань показників GAS і РТ, що забезпечуються системою діагностики, складають: $\delta GAS = \pm 2,8$ % і $\delta PT = \pm 4,3$ %; при цьому найбільший вплив на точність вимірювань показника GAS має похибка вимірювань потужності двигуна – δP_{ei} , на точність вимірювань показника РТ – похибка вимірювань маси ТЧ – δm_f ; збільшення точності вимірювань величин P_{ei} і m_f в 2 рази дозволяє знизити похибки δGAS і δPM на 17% і 21%, відповідно;

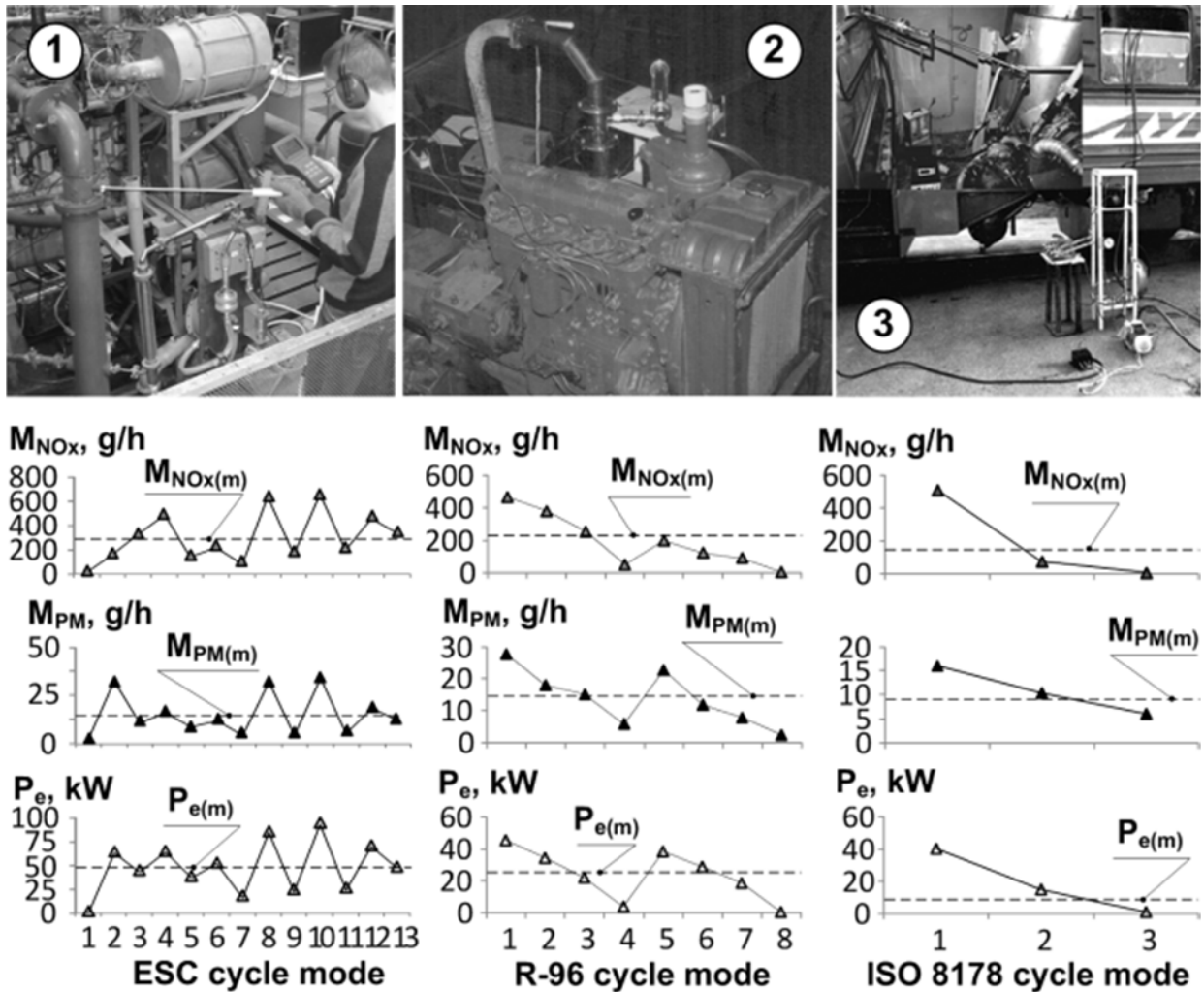


Рисунок 4.1 – Результати екологічного діагностування транспортних дизелів:

- 1 – автомобільного дизеля 4ЧН12/14;
- 2 – тракторного дизеля Д65М;
- 3 – двигуна дизель-поїзда ДЕЛ-01

В результаті випробувань зазначених двигунів за циклами, встановленими Правилами ЄЕК ООН R-49, R-96 і стандартом ISO-8178, визначено коефіцієнти K_{Pi} , $K_{M_{gasi}}$ і $K_{M_{pmi}}$, які використовуються при оцінюванні точності вимірювань показників GAS і PT (табл. 4.2, 4.3), досліджені результуючі похибки вимірювань цих величин і визначено діапазон варіювання методичної похибки δPT_t (рис. 4.2).

Таблиця 4.2 – Значення коефіцієнтів K_{Pi} , K_{Mgas} і K_{Mpm} , встановлені для режимів тракторного циклу R-96

Коефіцієнт	Режим циклу R-96							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K_P	1,86	1,41	0,91	0,16	1,57	1,18	0,77	0,03
K_{Mgas}	2,19	1,78	1,19	0,25	0,94	0,59	0,44	0,03
K_{Mpm}	1,96	1,26	1,05	0,40	1,59	0,82	0,54	0,16

Таблиця 4.3 – Значення коефіцієнтів K_{Pi} , K_{Mgas} і K_{Mpm} , встановлені для режимів тепловозного циклу ISO 8178-F

Коефіцієнт	Режим циклу ISO 8178-F		
	1	2	3
K_P	4,41	1,87	0,04
K_{Mgas}	3,25	0,48	0,07
K_{Mpm}	1,68	1,05	0,74

– діапазон варіювання методичної похибки δRT_t становить: $-2,7 \dots +6,3\%$, при цьому найбільше значення, що перевищує 5%, дана похибка приймає при $t_{dil} = 20 \dots 22 \text{ } ^\circ\text{C}$ і $t_{f(max)} = 42 \dots 44 \text{ } ^\circ\text{C}$; для усунення похибки δRT_t і підвищення точності вимірювань показника РТ в тунелі може застосовуватись регулювання температури проби.

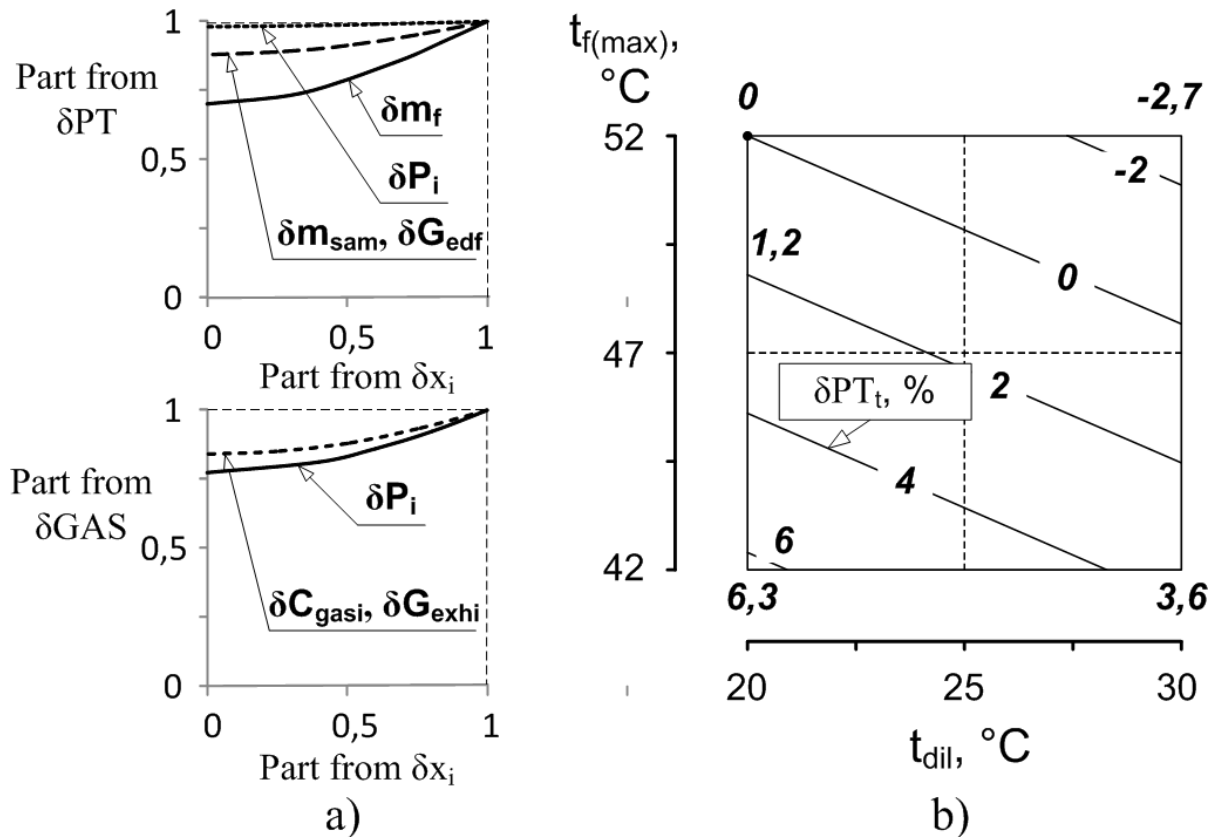


Рисунок 4.2 – Результати оцінки точності контролю ЗР:

- а) оцінка точності вимірювань показників РТ і GAS;
- б) оцінка діапазону варіювання похибки δPT_t .

4.3 Оцінка економічної ефективності способу прискороного виміру викидів ТЧ з ВГ автомобільних дизелів

З початком нормування показника РТ виникла *проблема зростання* (у 1,1...2,1) *рази економічних витрат на проведення екологічних випробувань тепловозів* [22] з причини підвищених витрат часу на відбір проб ТЧ. Так, якщо для визначення викидів газоподібних забруднюючих речовин на кожному режимі роботи дизеля достатньо витратити 3-5 хв., то для визначення викидів ТЧ – в декілька разів більше. З часом, по мірі підвищення вимог екологічних стандартів щодо показників токсичності тепловозів, швидкість

виміру показника РТ буде знижуватись, а витрати часу та палива на проведення випробувань – зростати. Розрахункові дослідження показують, що зі зменшенням рівнів викидів ТЧ з ВГ тепловозних дизелів на кожні 10 % (порівняно з рівнями викидів ТЧ, які існують сьогодні) вартість екологічних випробувань тепловозів зростає на 5...12% [19].

Для вирішення цієї проблеми в екологічному діагностуванні тепловозів слід використовувати спосіб прискореного виміру показника РТ, який характеризується підвищеною швидкістю вимірювань цієї величини [19].

Мета досліджень полягала в оцінюванні економічної ефективності та підтвердженні практичної придатності способу прискореного виміру (СПВ) середньоексплуатаційного викиду ТЧ з ВГ тепловозів – нормованого екологічного показника РТ. Для досягнення цієї мети проведено:

- 1) аналіз вимог нормативних документів щодо процедури визначення показника РТ в ході екологічних випробувань тепловозів та встановлення параметрів СПВ;
- 2) розробку методики оцінки економічної ефективності та експериментального відпрацювання СПВ;
- 3) оцінку економічної ефективності СПВ та підтвердження його практичної придатності.

Аналіз вимог нормативних документів щодо процедури визначення показника РТ та встановлення параметрів СПВ. У відповідності до вимог міжнародного стандарту ISO 8178 екологічні випробування дизелів являють собою цикли, що складаються з нормованих режимів роботи дизеля. При реалізації циклу ISO 8178-F [3] кількість режимів дорівнює 3-м; вітчизняним аналогом цієї процедури є 5-ступінчатий цикл ГСТУ 32.001-94 (див. табл. 2.2).

Нормативними документами встановлено такі обмеження параметрів, що впливають на швидкість вимірювання масових викидів ТЧ: швидкість фільтрації проби розбавлених ВГ - v_f повинна знаходитись в діапазоні 35...100 см/с; маса навішування ТЧ, яка збирається на фільтрах, не має бути меншою ніж мінімально допустиме значення: при одно фільтровому (ОФ)

методі – $M_{f(\min)} = 0,25$ мг, при багато фільтровому (БФ) методі – $M_{fi(\min)} = 0,14$ мг (при використанні фільтрів з діаметрами 70 мм) [2].

Найбільш поширені сьогодні способи контролю викидів ТЧ характеризуються швидкостями фільтрації проби - $v_f = 60...80$ см/с і масами навішувань ТЧ при ОФ і БФ методах відбору проб - $M_f = M_{fi} = 1,3$ мг [6–10].

Разом з цим згідно з нормативними вимогами допускається реалізація способу прискореного виміру показника РМ (СПВ), який характеризується максимально допустимою швидкістю фільтрації проби - $v_{f(\max)} = 100$ см/с і мінімально допустимими масами навішувань ТЧ - $M_{f(\min)} = 0,25$ мг і $M_{fi(\min)} = 0,14$ мг. Застосування даного способу дозволяє скоротити витрати часу на відбір проб ТЧ: при ОФ методі - в 3,1...4,1 рази; при БФ методі - в 5,3...7,1 рази і, внаслідок цього, зменшити вартість процедури екологічних випробувань дизеля [11].

Методика оцінки економічної ефективності використання СПВ передбачає порівняння 2-х способів контролю викидів ТЧ: способу, що використовується сьогодні (найбільш швидкісної його реалізації), названого *способом 1*, та СПВ, названого *способом 2*. В якості критеріїв порівняння виступають величини абсолютної – C^{test} та виносної – $\overline{C^{\text{test}}}$ вартості екологічних випробувань дизелів. Величина $\overline{C^{\text{test}}}$ визначається, як відношення вартості випробувань, в ході яких вимірюються показники GAS_x і РТ, до вартості випробувань, в ході яких вимірюються тільки показники GAS_x .

Абсолютна вартість випробувань визначається за допомогою формул:

$$C^{\text{test}} = M_{\text{fuel}}^{\text{test}} \times c_{\text{fuel}} + k_{\text{oil}} \times M_{\text{fuel}}^{\text{test}} \times c_{\text{oil}} + \tau^{\text{test}} \times c_{\text{test}}, \quad (4.2)$$

$$M_{\text{fuel}}^{\text{test}} = G_{\text{fuel}}^{\text{heat}} \tau^{\text{heat}} + \sum_{i=1}^n (G_{\text{fuel}i} \times \tau_i^{\text{mode}}), \quad (4.3)$$

$$\tau^{\text{test}} = \tau^{\text{heat}} + \sum_{i=1}^n \tau_i^{\text{mode}}, \quad (4.4)$$

$$\tau_i^{\text{mode}} = \tau_i^{\text{st}} + \max\{\tau_i^{\text{sam}(GAS_x)}; \tau_i^{\text{sam}(PM)}\}, \quad (4.5)$$

де $M_{\text{fuel}}^{\text{test}}$ - витрати палива на проведення випробувань, кг;
 c_{fuel} – питома вартість палива, грн/кг;
 k_{oil} – коефіцієнт, який дорівнює відношенню маси масла, що витрачається в ході випробувань, до маси витрачаємого палива;
 c_{oil} – питома вартість масла, грн/кг;
 τ^{test} – тривалість випробувань, год;
 c_{test} – вартість 1 години роботи персоналу, грн/год;
 $G_{\text{fuel}}^{\text{heat}}$ – витрата палива на етапі попереднього прогріву дизеля, кг/год;
 τ^{heat} – тривалість етапу попереднього прогріву дизелю, год;
 n - кількість режимів випробувань;
 $G_{\text{fuel}i}$ – витрата палива на режимі випробувань, кг/год;
 τ_i^{mode} – тривалість роботи дизеля на режимі випробувань, год;
 τ_i^{st} – витрати часу на температурну стабілізацію дизеля, год;
 $\tau_i^{\text{sam(GASx)}}$ – тривалість відбору проб газоподібних забруднюючих речовин, год;
 $\tau_i^{\text{sam(PM)}}$ – тривалість відбору проб ТЧ, год.

Величини, що входять до формул (4.2)–(4.5), визначаються на основі результатів реальних випробувань дизельних двигунів.

Методика експериментального відпрацювання СПВ передбачає виконання наступних операцій:

- проведення серії вимірювань питомого викиду ТЧ від l_{bptkz} або силової установки, що імітує роботу дизелю, з використанням СПВ;
- обчислення похибки відтворюваності результатів вимірювань показника РТ – $\delta\text{РТ}^v$ [6]:

$$\delta\text{РТ}^v = \frac{\Delta\text{РТ}}{\text{РТ}_{(m)}} \cdot 100\%, \quad (4.6)$$

де $\Delta\text{РТ} = t_{(0,95;n-1)} \cdot S_{\text{РТ}}$ – ширина довірчого інтервалу вимірюваного значення показника РМ;

$t_{(0,95;n-1)}$ – критерій Стюдента при довірчій вірогідності 0,95 та числі вимірів – n ;

S_{PT} – середнє квадратичне відхилення результатів вимірювань),
 $PT_{(m)}$ - середнє виміряне значення питомого викиду ТЧ в серії вимірів;
 - порівняння похибки δPT^v з максимально допустимою величиною - $\pm 8,5\%$;
 на основі цього робиться висновок про відповідність точності СПВ вимогам стандарту ISO 8178.

Оцінка доцільності використання СПВ РТ проводилась на базі результатів екологічних випробувань автотракторного дизеля 4ЧН 12/14 [16]. В якості процедури випробувань розглядався цикл ISO 8178-F. В ході досліджень враховувався вплив на вартість випробувань такого фактору, як зменшення рівнів викидів ТЧ, пов'язане з підвищенням вимог екологічних стандартів до показників токсичності ВГ. Врахування цього фактору проводилось за допомогою відносної величини \overline{PT} , яка визначалась, як відношення двох питомих викидів ТЧ: існуючого сьогодні та фактичного.

Результати досліджень свідчать про економічну ефективність СПВ. Його використання дозволяє при існуючих рівнях викидів ТЧ знизити витрати на проведення одного сертифікаційного випробування на 0,8...1,5 тис. грн або 9...28%, дослідницького – на 1,7...3,0 тис. грн або 43...53%; при збільшенні параметра \overline{PT} на кожну одиницю вартість одного випробування додатково зменшується: сертифікаційного – на 1,5...3,8 тис. грн, дослідницького - на 3,8...7,8 тис. грн.

Експериментальне відпрацювання СПВ проводилось на базі дизельної установки 4ЧН12/14 з використанням системи контролю викидів ТЧ – мікротунелю МКТ-2.

В ході випробувань дизеля 4ЧН12/14 реалізовані випробувальні цикли ISO 8178-F і ГСТУ 32.001-94 та визначено похибку δPT^v (за результатами 5 повторних вимірів показника РТ в ході виконання циклу ISO 8178-F) (рис. 4.8).

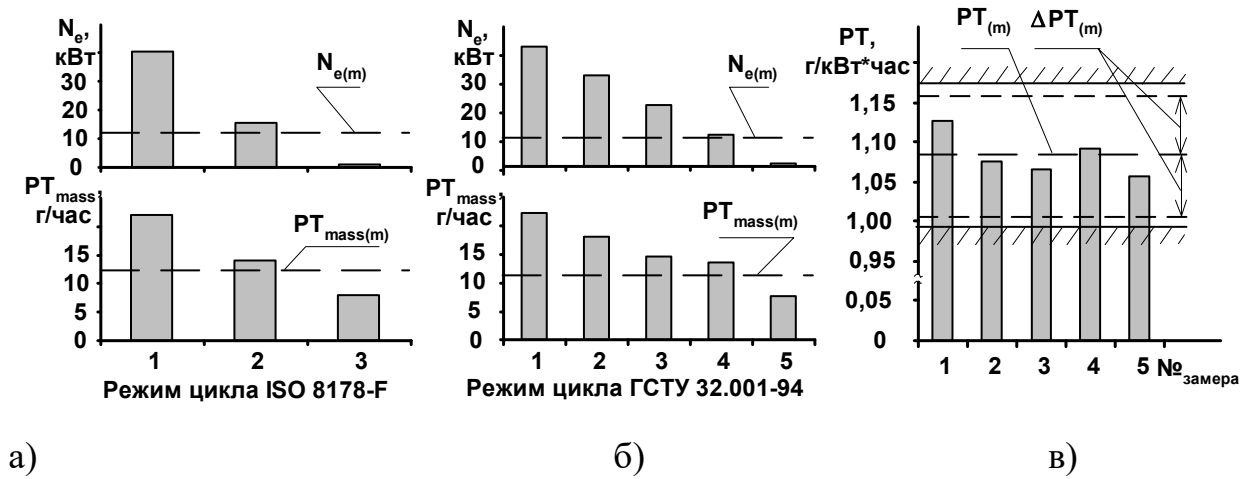


Рисунок 4.3 – Результати експериментального відпрацювання СПВ:

- а) виконання циклу ISO 8178-F; б) виконання циклу ГСТУ 32.001-94;
 в) визначення δPT^v .

Результати випробувань показали, що величина δPT^v (обчислена за допомогою вираження (4.6)) складає 7,2 %, що відповідає вимогам стандарту ISO 8178 та свідчить про практичну придатність СПВ.

5. ІННОВАЦІЙНІ ЗАСОБИ ТА СПОСОБИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОТУНЕЛІВ І ВИПРОБУВАЛЬНИХ СТЕНДІВ

В універсальній системі екологічної діагностики автомобілів і ТД реалізовано комплекс інноваційних технічних рішень, які дозволили підвищити її ефективність.

5.1. Нові засоби і способи контролю масових та об'ємних витрат газових проб

Турбінний тангенціальний витратомір (рис. 5.1) призначений для вимірювання витрат рідин та газів в обох напрямках їхнього руху.

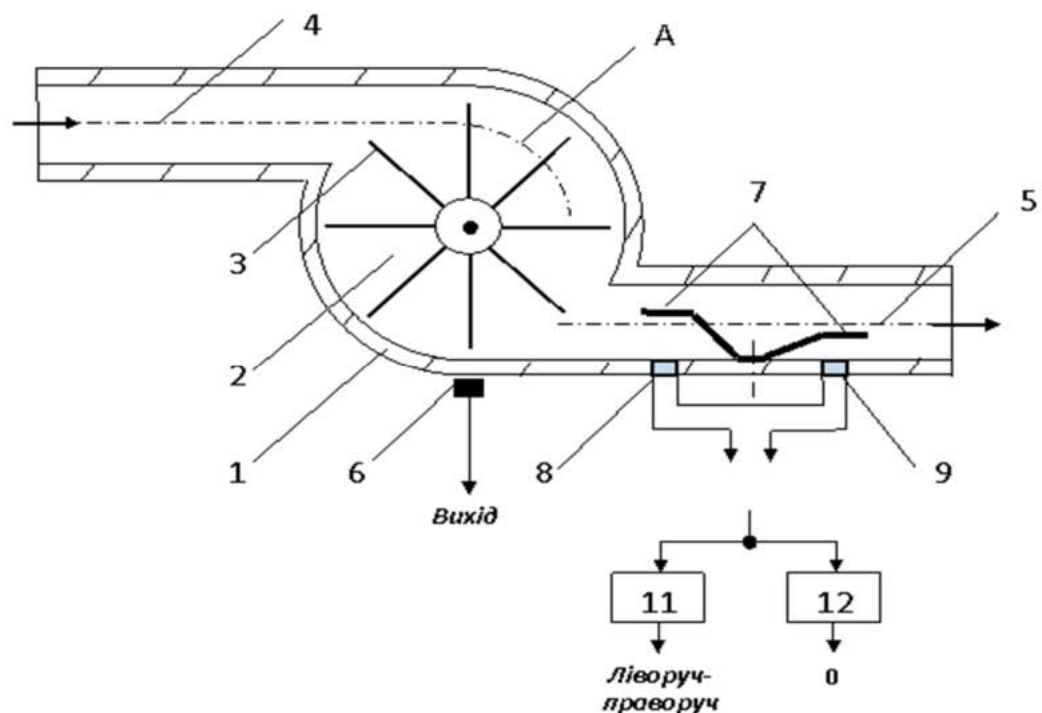


Рисунок 5.1 – Принципова схема турбінного тангенціального
витратоміру

Витратомір застосовується в системах газо-, паливопостачання і постачання рідини в трубопроводах поршневих насосів. В основу технічного рішення поставлено завдання вдосконалення витратоміра шляхом того, що застосовано двоплечий консольний пружний елемент та два струмовихрові чутливі елементи, закріплені в отворі проти плечей двоплечого консольного пружного елемента, причому початки обмоток струмовихрових чутливих елементів з'єднані за диференційною схемою, а їхні кінці підключені до входів диференціального підсилювача, вихід якого з'єднаний зі входом порогового елемента з позитивним порогом спрацювання та зі входом порогового елемента з негативним порогом спрацювання. За рахунок цього запропонований витратомір володіє значно більш високими експлуатаційними властивостями у порівнянні з відомими, а саме: розширилися функціональні можливості за рахунок можливості визначення витрат як у прямому, так і у зворотному рухах робочого середовища.

Лічильник обліку витрати рідини (рис. 5.2) призначений для обліку витрати рідин. Застосовується для вимірювання витрати рідин у трубах, зокрема, коли рідина тече не по всьому діаметру труби.

В основу технічного рішення поставлено завдання вдосконалення лічильника обліку витрати рідини шляхом того, що застосовано додаткові магніторезистори, розташовані по колу між суміжними постійними магнітами у площині їхнього обертання.

За рахунок цього запропонований лічильник володіє значно більш високими експлуатаційними властивостями у порівнянні з відомим (прототипом), а саме зросли показники: розрізняльна спроможність у 4...8 разів; точність вимірювання у 2...4 рази; ширина діапазону вимірювання у 1,2...1,5 рази. Забезпечується безконтактний зйом інформації та реалізовано імпульсний вихід лічильника.

Пристрій для вимірювання витрати рідини (рис. 5.3) призначений для вимірювання витрати рідин. Застосовується для вимірювання витрати рідини, зокрема палива двигунів внутрішнього згорання.

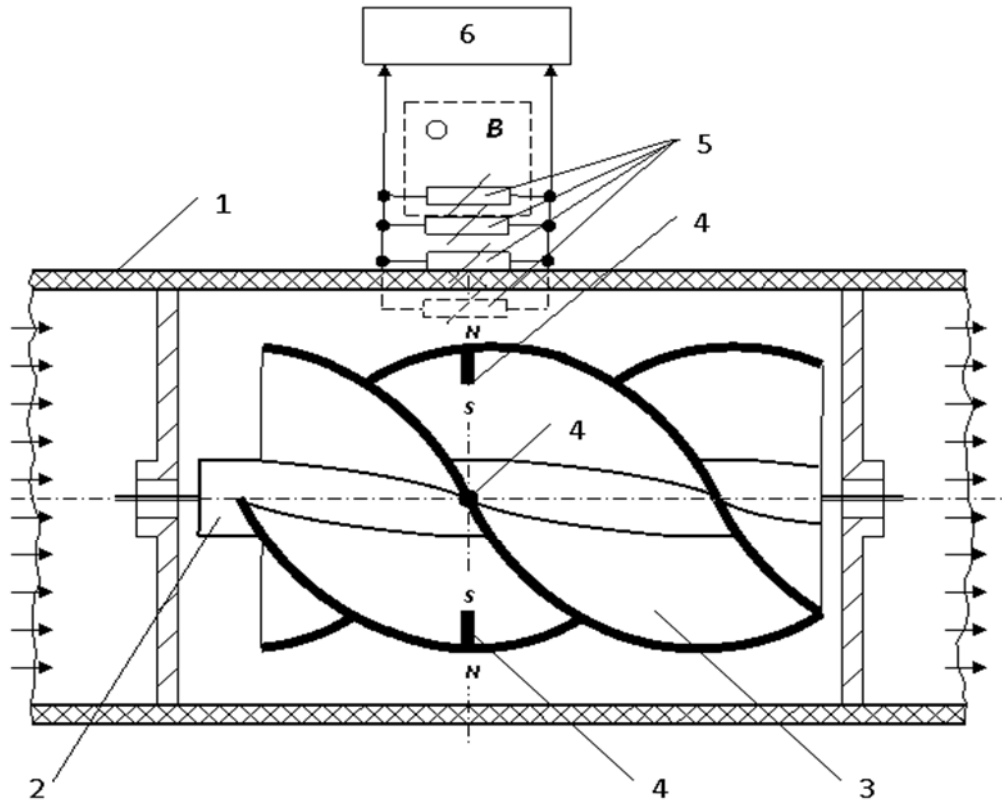


Рисунок 5.2 – Принципова схема лічильнику обліку витрати рідини

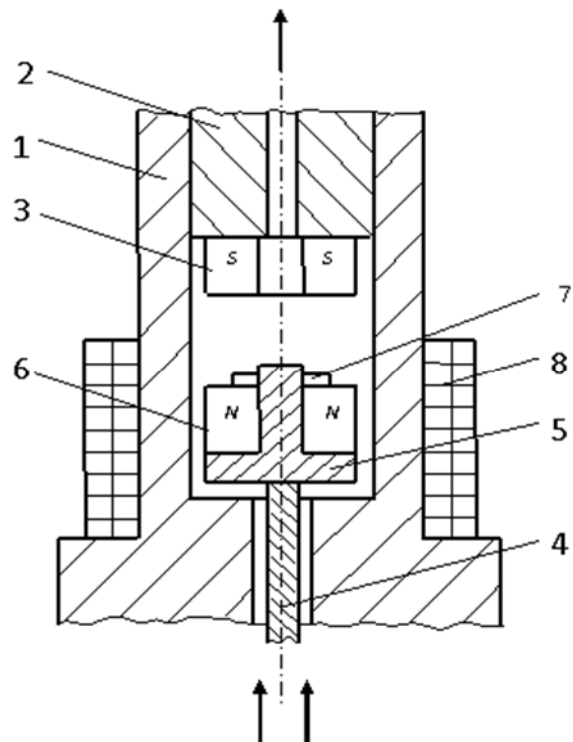


Рисунок 5.3 – Принципова схема пристрою для вимірювання витрати рідини

В основу технічного рішення поставлено завдання вдосконалення пристрою для вимірювання витрати рідини шляхом того, що як пружину застосовано кільцевий постійний магніт, закріплений до регулюючого гвинта та направлений однойменним полюсом на полюс основного постійного магніту. За рахунок цього запропонований пристрій володіє значно більш високими експлуатаційними властивостями у порівнянні з відомими, а саме зросли показники: швидкодія у 1,5 рази; термін дії на 40%.

Спосіб вимірювання витрати рідини в трубопроводі (рис. 5.4) призначений для вимірювання витрат рідин та газів. Застосовується для вимірювання рідин та газів у трубопроводах різних діаметрів та призначення.

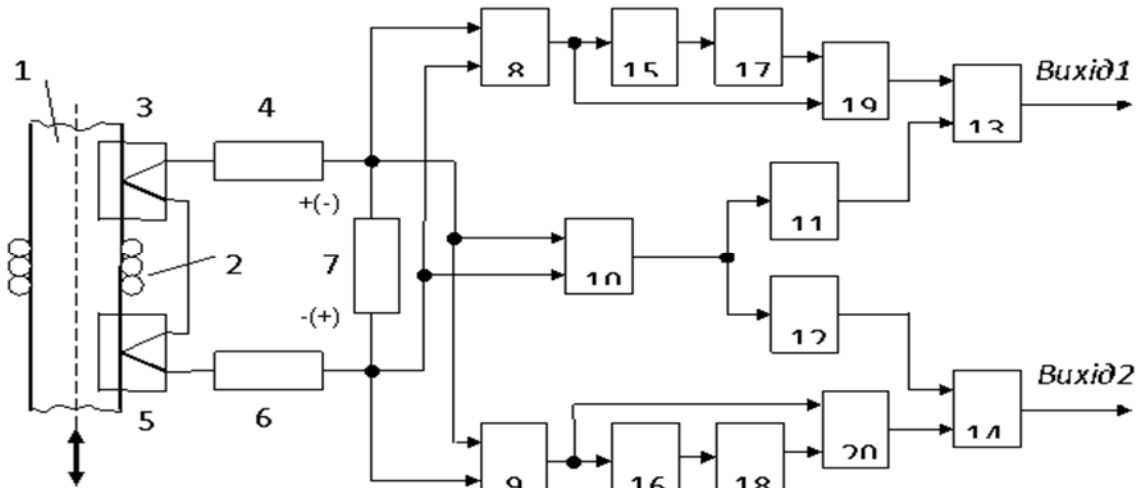


Рисунок 5.4 – Принципова схема способу вимірювання витрати рідини в трубопроводі

В основу технічного рішення поставлено завдання створення способу вимірювання витрат рідини в трубопроводі, в якому завдяки додатковому використанню корисних інформаційних сигналів, які формують шляхом перетворення змінних амплітуд вихідних сигналів основних частотних перетворювачів у частоти за допомогою амплітудних детекторів та додаткових частотних перетворювачів. За рахунок цього запропонований спосіб

забезпечує значно більш високі експлуатаційні властивості у порівнянні з відомими, а саме зросли показники: чутливості у 1,5 рази; точності вимірювання у 1,5 рази; лінійність метрологічної характеристики у 1,2 рази.

5.2. Нові елементи арматури в пневматичних та гідравлічних системах розподілу та регулювання подачою робочого середовища

Дискретний датчик тиску (рис. 5.5) призначений для вимірювання тисків. Застосовується для сигналізації заданих рівнів тиску або перепаду тисків у пневматичних та гідравлічних системах.

В основу технічного рішення поставлено завдання вдосконалення дискретного датчика тиску шляхом того, що як чутливий елемент у вигляді притисненого пружиною поршня застосовано додатковий циліндричний постійний магніт та кільцевий постійний магніт, однойменними полюсами направлені один на іншого. За рахунок цього запропонований датчик володіє значно більш високими експлуатаційними властивостями у порівнянні з відомим (прототипом), а саме зросли показники: швидкодія у 1,5 рази; термін дії на 20%.

Датчик тиску з віброкомпенсацією (рис. 5.6) призначений для вимірювання тиску в умовах дій вібрацій. Застосовується в системах газо- та паливо постачання різного призначення. В основу технічного рішення поставлено задачу вдосконалення датчика тиску з віброкомпенсацією шляхом того, що як дві пари ферозондів, розташованих з протилежних боків постійних магнітів, застосовано два кільцеві багатоелементні ферозондові перетворювачі, виходи яких увімкнені за диференційною схемою. За рахунок цього запропонований датчик володіє значно більш високими експлуатаційними властивостями у порівнянні з відомим (прототипом), а саме зросли показники: чутливість у 3...5 разів; точність вимірювання у 1,5 рази. При амплітуді вібрацій, що дорівнює 0,5...2,5 мм, покази датчика не змінюються.

Датчик різниці тисків з віброкомпенсацією (рис. 5.7).

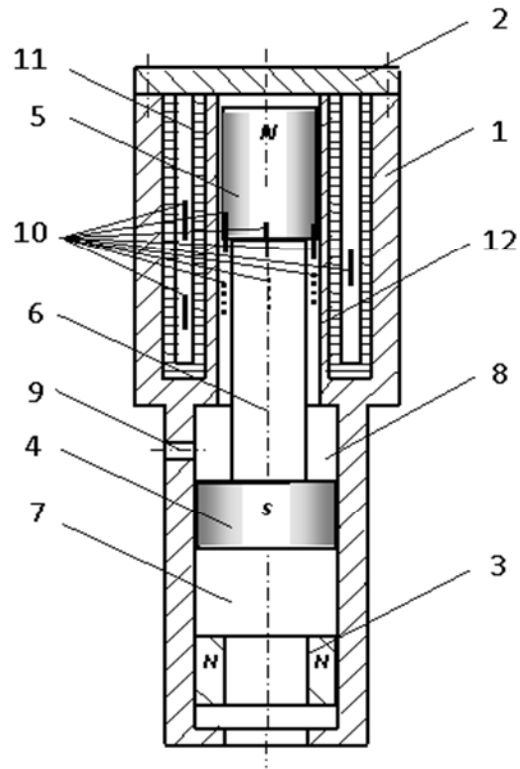


Рисунок 5.5 – Принципова схема дискретного датчику тиску

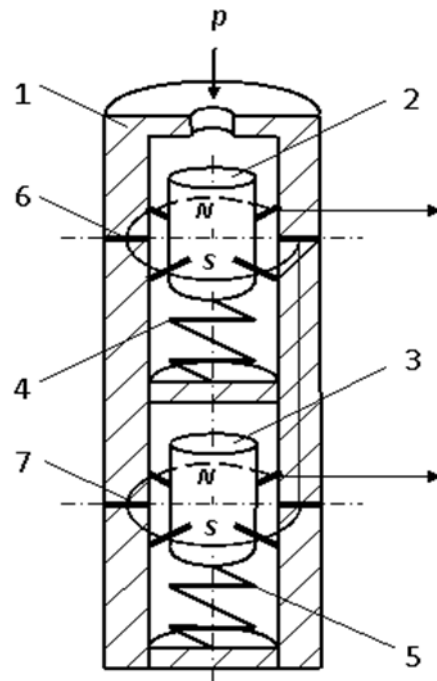


Рисунок 5.6 – Принципова схема датчику тиску з віброкомпенсацією

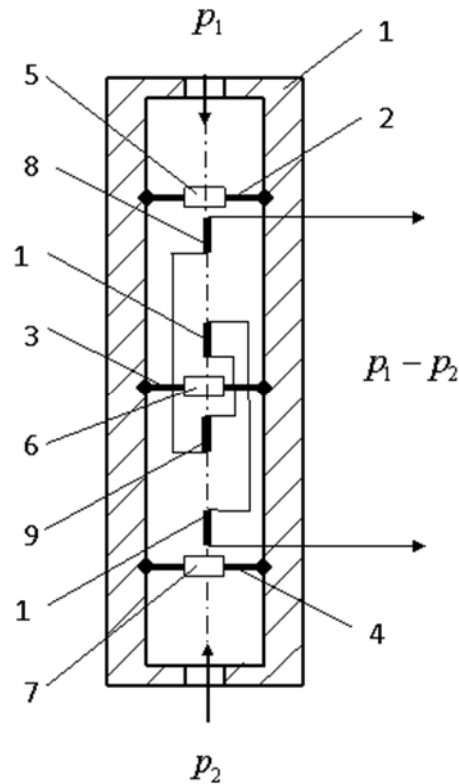


Рисунок 5.7 – Принципова схема датчику різниці тисків з віброкомпенсацією

Пристрій призначений для вимірювання різниці тисків в умовах дій вібрацій. Застосовується в системах газопроводів та паливопроводів. В основу технічного рішення поставлено завдання вдосконалення датчика різниці тисків з віброкомпенсацією шляхом того, що в корпусі розташовано третю мембрану, в кожному з мембран вмонтовано постійний магніт, як робочий та компенсуючий індуктивні перетворювачі застосовано робочий та компенсуючий ферозонди, з'єднані за диференціальною схемою, розташовано також додаткові робочий та компенсуючий ферозонди з'єднані за диференціальною схемою, а виходи робочого та додаткового робочого ферозондів утворюють вихід датчика. За рахунок цього запропонований датчик володіє значно більш високими експлуатаційними властивостями у порівнянні з відомим (прототипом), а саме зріс показник: точність вимірювання у 1,5 рази. При амплітуді вібрацій, що дорівнює 0,3...2 мм, покази датчика не змінюються.

Відсічний клапан (рис. 5.8) призначений для встановлення в гідравлічних та пневматичних системах, а саме на магістралях з потоком середовища в обох напрямках.

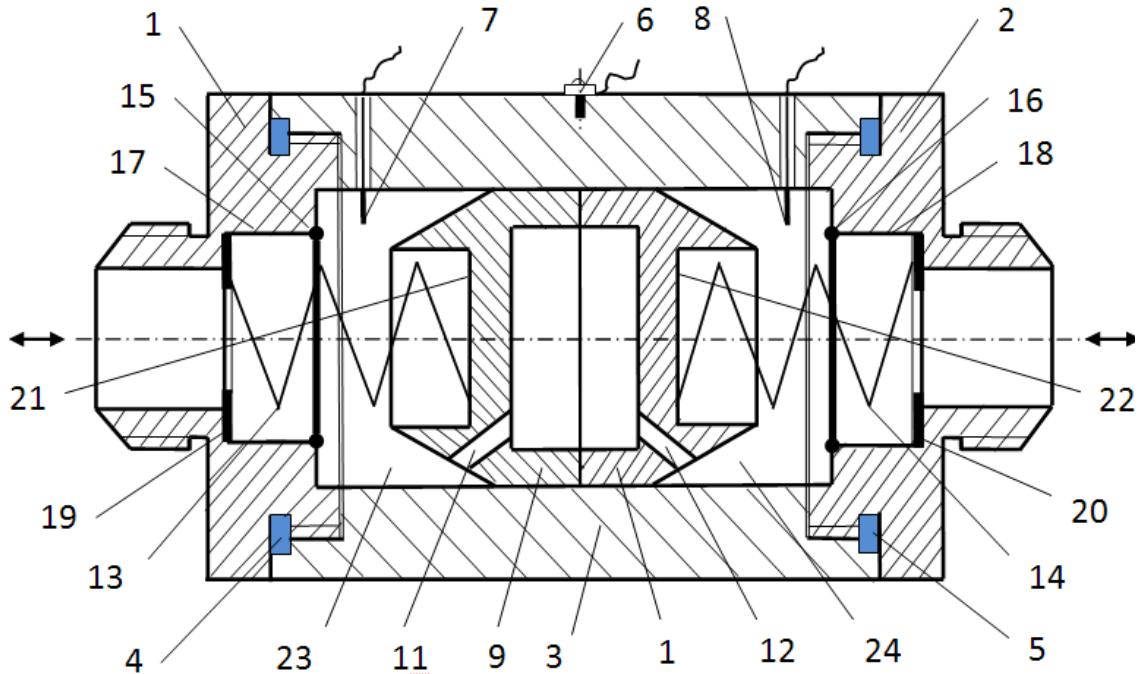


Рисунок 5.8 – Конструкція відсічного клапана

В основу технічного рішення поставлено завдання вдосконалення відсічного клапана шляхом того, що застосовано додаткову верхню згвинчувальню частину, запірний орган виконаний у вигляді загвинчувальни один до іншого стаканів з наскрізними отворами, а також містить додаткову пружину, що встановлена між додатковим стаканом з наскрізним отвором та додатковою шайбою, додаткове сидло, між додатковою верхньою та нижньою загвинчувальними частинами розташовано додаткове ущільнююче кільце, у додатковій порожнині вмонтовано ізолюваний додатковий пружний контакт. За рахунок цього запропонований клапан володіє значно більш високими експлуатаційними властивостями у порівнянні з відомим (прототипом), а саме: розширилися функціональні можливості клапана.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз умов праці

На дільниці для проведення екологічних випробувань автомобілів діють шкідливі і небезпечні фактори фізичної, психофізіологічної груп [14].

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори: рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, вироби, які переміщуються – заготовки, матеріали; підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів; підвищена або понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці; підвищена або понижена вологість повітря; відсутність достатньої кількості природного світла; недостатнє освітлення робочої зони; гострі кромки, заусениці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів, обладнання.

Хімічні шкідливі і небезпечні виробничі фактори, що проникають в організм людини через органи дихання, шкіряні покриви та слизисту оболонку: токсичні, подразнюючі.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: фізичні перевантаження (статичні, динамічні), нервово-психічні навантаження (монотонність праці).

6.2 Організаційно-технічні вимоги до приміщення і робочого місця слюсаря – авторемонтника

Робоче місце слюсаря – авторемонтника – зона трудової діяльності виконавця, устаткована предметами і знаряддями праці, а також засобами, потрібними для виконання конкретного виробничого завдання.

На АТП робоче місце слюсаря - авторемонтника забезпечується нормативно-технічною документацією. Складають постові технологічні

карти і карти для робочого місця для кожного виконання технологічного процесу. Через великий обсяг документації, нестабільність АТП на багатьох із них технологічних карт не складають, особливо в тих випадках, коли змінюється програма і чисельність робітників і виникає потреба переробляти технологічні карти. Для усунення цих недоліків застосовують системи піктограм (символи легко читаються і запам'ятовуються. Обранні знаки зображують інструмент або стереотип елемента об'єкта.

Робоче місце слюсаря – авторемонтника необхідно обладнати інструментами (наборами ключів, викруток), вимірювальними приладами та електрифікованим обладнанням вантажопідйомністю від 0,5...1 тонна.

Температура повітря в зоні робочого місця забезпечується не нижче 16°C. Вологість повітря не повинна бути більше 75%. В приміщенні повинна застосовуватись природна або штучна вентиляція. Освітлення в зоні робочого місця, працюючих при загальному освітленні, знаходиться в межах 200...300 Лк. При плануванні робочого місця необхідно враховувати: можливість вільного доступу робочого до любої частини вузла складання повинно становити 0,7-1,5 м.

6.3 Санітарно-гігієнічні заходи

Мікроклімат. Оптимальні і допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати значенням, вказаним в таблиці 6.1.

В сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності досліджується вплив цих речовин на організм людини і встановлюються безпечні для людини концентрації та дози.

На робочому місці слюсаря – авторемонтника повітря робочої зони може забруднюватися шкідливими речовинами, які утворюються в

результаті технологічного процесу, або містяться в сировині, продуктах чи напівпродуктах, у відходах виробничої діяльності. Ці речовини потрапляють у повітря у вигляді пилу, шкідливих газів або пари і діють негативно на організм людини.

Таблиця 6.1 – Показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура					Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптимальна	Допустима верхня		Допустима нижня		Оптимальна не більше	Допустима на пост. роб. місцях не більше	Оптимальна не більше	Допустима на пост. роб. місцях не більше
			Постійне робоче місце	Непостійне робоче місце	Постійне робоче місце	Непостійне робоче місце				
Хол.	ІІб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	0,4
Тепл.	ІІб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Перепад температури повітря по висоті робочої зони при всіх категоріях робіт допускається до 3°С

Освітленість. Виробничі приміщення промислових підприємств по задачах зорових робіт відносяться до першої групи приміщень, в яких відбувається розпізнавання об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих і робочу поверхню.

Характеристика зорових робіт - дуже високої точності (розміри об'єкту розпізнавання 0,15-0,3 мм);

- розряд зорових робіт – ІІ;

- підрозряд зорових робіт – в;
- контраст об'єкту розпізнавання з фоном – середній;
- фон – середній.

Природне освітлення (КПО, e_n^{III} %):

- при боковому освітленні e_n^{III} - 2,5 %.

Суміщене освітлення

- при боковому освітленні e_n^{III} - 1,5 %.

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c \quad (6.1)$$

де e_n^{III} - значення ККД для будов, розташованих у III-му поясі світлового клімату;

$m = 0,9$ – коефіцієнт світлового клімату для IV поясу світлового клімату;

$c = 0,75$ – коефіцієнт сонячності клімату, азимут 90° .

Природне освітлення:

$$e_n^{IV} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,69 \%$$

При виконанні робіт IIв розряду слід приймати систему комбінованого освітлення $E = 2000$ лк.

Освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого повинно складати 10 % від тієї, що нормується для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, що використовується для місцевого освітлення (лампи розжарювання) [30].

При цьому найменші і найбільші значення освітленості від світла загального освітлення в системі комбінованого приймаємо для люмінесцентних ламп: найбільша 500 лм; найменша 150 лм.

Для загального освітлення в системі комбінованого освітлення слід передбачити газорозрядні лампи, незалежно від типу джерела світла місцевого освітлення.

Для загального освітлення слід приймати мінімальну нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинна перевищувати для робіт II розряду при люмінесцентних лампах – 1,5.

Освітлення проходів і дільниць, де роботи не виконуються, повинно складати 25 % освітлення, що створюється світильниками загального освітлення на робочому місці, але не менше 75 лк.

Показник засліпленості для світильників загального освітлення в приміщеннях не повинен перевищувати 20.

Аварійне освітлення передбачається, якщо відключення робочого освітлення може викликати:

- порушення норм обслуговування обладнання;
- тривале порушення технологічного процесу;
- порушення роботи установок вентиляції і кондиціонування повітря для виробничих приміщень.

Для розрахунку загального рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні основним є метод світлового потку, що враховує світловий потік, відбитий від стелі та стін.

У даному приміщенні застосовуємо люмінесцентне освітлення.

Виробничий шум. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств представлені в табл. 6.2.

В якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються:

- звукопоглинаючі обшивки на редукторах приводів – корпус коробки швидкостей;
- звукоізоляція каналів витяжної вентиляції багат шаровими перегородками;
- звукоізолюючі кожухи на клинопасових передачах. Коли ці засоби виявляються неефективними, потрібно використовувати засоби індивідуального захисту від шуму: шлеми, беруші.

Таблиця 6.2 – Нормування значень рівнів шуму

Робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Висококваліфікована робота, що потребує уваги і сконцентрування	107	99	87	82	78	75	73	71	69	80

Вібрації. Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження оператора для довговічності зміни вісім годин приведені в таблиці 6.3 та 6.4.

Таблиця 6.3 – Категорія вібрації по санітарним нормам і критерії оцінки

Категорія вібраційних санітарних норм і критерії оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрації
З тип “а” межа зниження продуктивності праці	Технологічна вібрація, яка діє на операторів стаціонарних машин і обладнання	Верстати, електричне обладнання (машини), вентилятори

Якщо вище наведені норми не забезпечуються, то застосовують методи колективного захисту, що знижують параметри вібрації у напрямку її поширення.

Таблиця 6.4 – Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на оператора для зміни в 8 год.

Вид вібрації	Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалент коректування значень			
			Віброприскорення м/с ²	Рівень віброприскорення дБ	Віброшвидкість м/с	Рівень віброшвидкості дБ
Локальна	-	X _л , Y _л ,	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип “а”	Z _о , Y _о , X _о	0	100	0,2	92

4.4 Техніка безпеки

Електробезпека. Існує небезпека ураження, так як експлуатується обладнання, з використанням електричного струму високої напруги. В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори: наявність струмопровідних основ; можливість одночасного дотику людини до металоконструкції, які мають з'єднання з землею будівель, технологічних апаратів, допоміжних механізмів з одного боку і до металічних корпусів електрообладнання з іншого.

Електрообладнання живиться від трифазних чотирипровідних мереж з заземленою нейтраллю споживчого трансформатора напругою до 1000 В (380/220В).

Виходячи з вищеперелічених факторів і згідно нормативного документу [31] це приміщення можна класифікувати як приміщення особливо небезпечні.

Тому для захисту обслуговуючого персоналу вибираємо такий спосіб захисту, як занулення та захисне заземлення. На випадок обриву нульовий провід повторно заземлюється через кожних 2 метрів та перед вводом в будівлю.

Безпечна експлуатація під'ємно-транспортних засобів. Для забезпечення безпечної експлуатації під'ємно-транспортні машини постачають із засобами захисту, включаючи системи дистанційного керування.

Для дистанційного керування під'ємнотранспортними машинами застосовують електричні слідкуючі системи (при стаціонарному пульті керування) і радіокерування (при керуванні з різних місць).

Інспекція Держнагляду й адміністрація підприємства встановлюють постійний нагляд за станом вантажпід'ємних пристроїв, канатів, ланцюгів, змінних вантажозахоплюючих органів (гаків, вантажопідйомних електромагнітів і т.п.), знімних вантажозахоплюючих пристосувань (стропів, клещів, траверс і т.п.) і тари (контейнерів), доглядом за ними і безпекою експлуатації. Зокрема, правилами Держнагляду передбачається проведення регламентованих, іспитів вантажопід'ємних машин, що подають із погляду охорони праці в машинобудуванні найбільшу небезпеку серед усіх під'ємнотранспортних машин.

6.5 Пожежна безпека

Згідно документу [32] виробництво на дільниці слюсаря – авторемонтника відноситься до категорії “Д”, яка характеризується наявністю тільки негорючих матеріалів і речовин в холодному стані.

По ступеню вогнестійкості дана дільниця відноситься до II-го ступеню вогнестійкості, в якому приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями виконано з природного або штучного матеріалу – бетону чи залізобетону, для якої характерні властивості, занесені в табл. 6.5-6.7.

Таблиця 6.5 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення згідно [17]

Ступень вогнестійкості	Мінімальні межі вогнестійкості, год, максимальна границя розпосюдження полум'я								
	Стіни				Колони	Східчасті площадки і клітки	Плити, настили, інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
II	20	10	0,25	0,25	20	10	0,75	0,25	0,25

Таблиця 6.6 – Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в відсіку згідно [18]

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного відсотку, м ²		
			Одноповерхови	Багатоповерхови	
Д	10	II	x	x	2 і більше
				3 і більше	Не обмеж.

Таблиця 6.7 – Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до виходу з приміщення

Категорія приміщення	Об'єм приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Відстань, (м) при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м ²		
			До 1	Більше 1 до 3	Більше 3 до 5
Д	Незалежно від об'єму	III	Не обмежується		

ВИСНОВКИ

1. Систематизовано вимоги міжнародних нормативних документів – Правил ЄЕК ООН R-49, R-83, R-96 стандарту ISO 8178, ГСТУ 32.001-94 до обладнання, процедур випробувань, методик визначення екологічних показників автомобілів; розглянуто принцип дії та основні елементи еталонних повнопотокових та найбільш відомих частковопотокових міні- та мікротунелів тунелів.

2. Проаналізовано принципову схему універсального вимірювального комплексу з мікротунелем МКТ-2 для визначення екологічних показників транспортних двигунів різних типів, які характеризують негативний вплив цих об'єктів на довкілля: показників токсичності ВГ: концентрацій, масових, питомих і середньоексплуатаційних викидів ЗР і парникових газів – моно- і діоксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту, діоксиду сірки, ТЧ та ін.

3. Рекомендовано інноваційні способи і пристрої контролю параметрів устаткування, в результаті використання яких підвищується ефективність екологічного діагностування ТД, а саме: витратоміри, газоаналізатори, елементи арматури пневматичних та гідравлічних систем, датчики вібрацій, крутного моменту, тощо.

4. Проведено експериментальне відпрацювання універсальної системи екологічного діагностування автомобільних двигунів на базі моторних стендів транспортних двигунів – автотракторного дизеля 4ЧН12/14 і бензинового двигуна легкового автомобіля ВАЗ 21081. Запропоновано інформаційні методи підвищення точності створеної системи, які було відпрацьовано в ході випробувань дизелів 4ЧН12/14, Д65М і ДЕЛ-01 за циклами Правил ЄЕК ООН R-49, R-96, стандарту ISO-8178.

5. Розроблено та експериментально відпрацьовано інформаційні методи підвищення точності вимірювань нормованих показників токсичності автомобілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Regulation No 49. Revision 6. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positiveignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. / United Nations Economic and Social Council Economic Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles: E/ECE/TRANS/505, 2013. – 434 p.
2. Regulation № 96. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with regard to the emissions of pollutants by the engine. Geneva, 2019. – 109 p.
3. ISO 8178. Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 1: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emis-sions, 2009. – 94 p.
4. ISO 8178. Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 2: Test Measurement of gaseous and particulate exhaust emissions at site, 2010. – 22 p.
5. ISO 8178. Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 4: Test cycles for different engine applications, 2010. – 18 p.
6. Environmental Protection Agency. 40 CFR Parts 85, 89 and 92: Emission Standards for Locomotives and Locomotive Engines // Federal Register. Vol. 62, № 28, 2012. – 240 p.
7. Hardenberg H. Grenzen der Rubmassnbestimmung aus optischen Transmessungen / H. Hardenberg, H. Albreht // MTZ: Motortechn. Z. – 1987. – 48, № 2. – P. 51-54.
8. Rudnichenko N. Complex technical system condition diagnostics and prediction computerization. / N. Rudnichenko, V. Vychuzhanin, A. Polyvianchuk, V. Mateichyk // CEUR Workshop Proceedings, 2020, Vol. 2608, P. 42-56. URN: urn:nbn:de:0074-2608-1.

9. Погорлецький Д. С. Особливості теплової підготовки транспортного двигуна в умовах експлуатації / Д.С. Погорлецький, В.П. Матейчик, А.П. Полив'янчук, М.В. Володарець, М.П. Цюман // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. – Вип. 19, т. 4. – С. 286–297. DOI: <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-4-286-297>.

10. Steven H. Development of Worldwide Harmonized Heavy-duty Engine Emissions Test Cycle / Final Report ECE-GRPE WHDC Working Group. – April 2001 // Informal document №2 GRPE 42nd session. – 28 May – 1 Yune 2019. – TRANS /WP 29/GRPE/2001/2. – 58 p.

11. Worldwide Harmonized Heavy Duty Emissions Certification Procedure / Draft Global Technical Regulation (GTR) / UN/ECE-WP 29 – GRPE WHDC Working Group. - Informal Document №GRPE-48-7 (48th GRPE, 01-04 June 2014, agenda item 1.1) – 86 p.

12. Polivyanchuk A.P. Features of Environmental Diagnostics of Heat Motors and Boiler Plants by Information Methods / A. Polivyanchuk, M. Ahieiev, A. Kagramanian, A. Baranovskis, O. Samarin // ICTE in Transportation and Logistics 2019. Series: Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure / Ginters Egils, Mario Arturo, Ruiz Estrada, Piera Eroles, Miquel Angel (Eds.). Springer, Cham, 2020. – P. 360-367. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-39688-6_45.

13. Parsadanov I. Complex Assessment of Fuel Efficiency and Diesel Exhaust Toxicity. / I. Parsadanov, A. Marchenko, M. Tkachuk, S. Kravchenko, A. Polyvianchuk et al. // SAE Technical Paper 2020-01-2182, 2020. – 9 p. <https://doi.org/10.4271/2020-01-2182>.

14. Полив'янчук А.П. Реалізація на базі мікротунелю методу динамічного контролю концентрацій твердих частинок у відпрацьованих газах дизелів / А.П. Полив'янчук // Двигуни внутрішнього згорання, 2020. – № 1. – С. 59–67. DOI: <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2020.1.08>.

15. Polivyanchuk A.P. Experimental verification of microtunnel MKT-2 on the brake stand autotractor diesel engine / A.P. Polivyanchuk, I.V. Parsadanov // *Industrial technology and engineering*. – Republic of Kazakhstan, 2015. – №2 (15). – P. 11-16.

16. ГСТУ 32.001-94. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами тепловозных дизелей. Нормы и методы определения. – К.: Изд-во стандартов, 1994. – 14 с.

17. Belousov E. Numerical Assessment of the Rates of Solid Fuel Combustion Reactions and Their Impact on the Working Process of a Solid-Fuel Piston Engine. / E. Belousov, A. Marchenko, I. Gritsuk, M. Bulgakov, S. Kravchenko, A. Polyvianchuk et al. // *SAE Technical Paper 2021-01-5035*, 2021. – 11 p. DOI: <https://doi.org/10.4271/2021-01-5035>.

18. Korohodskyi, V. Development of a three-zone combustion model for stratified-charge spark-ignition engine / V. Korohodskyi, A. Rogovyi, A. Polivyanchuk, O. Voronkov, P. Gakal et al. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2021. – Vol. 2 No. 5 (110). - P. 46-57.

19. Lach G. Specific problems of sampling and measuring diesel exhaust emissions / G. Lach, J. Wincler // *SAE Techn. Pap. Ser. №881763*, 1988. – 12 p.

20. Поливянчук А.П. Оценка эффективности компенсационного способа измерения массового расхода отработавших газов дизеля в микротуннеле / А.П. Поливянчук, О.Р. Игнатов // *Прикладна екологія. Збірник наукових праць Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.*-2009.-№ 1(5). С 149-154.

21. Поливянчук А.П. Сравнительный анализ дифференциального и компенсационного способов измерения массового расхода отработавших газов дизеля в микротуннеле / А.П. Поливянчук // *Двигатели внутреннего сгорания*, 2011. – №2. – С. 123-126.

22. *Mini Dilution Tunnel*. – Perkins Technology Limited. – London, England, 1990. – 16 p.

23. *Транспортна екологія: навчальний посібник* / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – К.: НАУ, 2017. – 507 с.

24. Mini-Verdunnungstunnel MT 474. Technische Beschreibung. – AVL, List GmbH Graz, Austria, 1989. – 20 p.

25. Smart Sampler PC SPC 472. Operating Manual. Diesel particulate dilution and sampling equipment. AVL, Austria, 1993. – 69 p.

26. Полив'янчук А.П. Дослідження точності компактних систем екологічної діагностики автомобільних дизелів – міні- та мікротунелів / А.П. Полив'янчук, С.В. Цимбал, О.П. Антонюк, А.В. Дмитрієва // Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей: матеріали VII міжнарод. наук.-прак. конф. (м. Луцьк, 14-16 черв. 2022 р.). Луцьк, 2022. – С. 86-89.

27. K. Engeljehring, W. Schindler, Sulzer. Meeting ISO 8178 Requirements for the Measurement of Diesel Particulates with Partial-Flow Dilution Systems. SAE Techn. Pap. Ser. №932466, 1993. – 10 p.

28. Основи охорони праці. Лабораторний практикум для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» : лабораторний практикум / Дембіцька С.В., Кобилянська І.М., Кобилянський О.В., Пугач С.С. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 192 с.

29. ДСТУ Б А.3.2-13:2011. Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги (ГОСТ 12.1.013-78, MOD) Чинний від 2012-01-12. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2012. 11 с.

30. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Чинний від 2012-01-12. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2007. 27 с.

31. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Чинний від 2017-01-06. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2017. 14 с.

32. Полив'янчук А.П., Гальчак Д.Л., Ткачук Я.Ю. Аналіз та систематизація вимог міжнародних стандартів щодо технологій контролю нормованих екологічних показників автомобілів // Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», – Вінниця: ВНТУ, 2023, Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/schedConf/presentations>

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УНІВЕРСАЛЬНИХ СИСТЕМ
ЕКОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ НА БАЗІ ТОВ
«ГНІВАНСЬКИЙ ГРАНІТНИЙ КАР'ЄР»**
(назва магістерської кваліфікаційної роботи)

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УНІФІЕРСАЛЬНИХ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОЇ
ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ НА БАЗІ ТОВ «ГНІВАНІСЬКІЙ ГРАНІТНИЙ КАР'ЄР

Магістерська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 274 - «Автомобільний транспорт»

Розробив: студент гр. 2АТ-22м

Керівник: д. т. н., професор



Д.Л. Галыак

А.П. Полінячук

Вінниця ВНТУ 2023

1 ПРОБЛЕМАТИКА, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проблема: зменшення негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище.

Об'єкт: автотранспортні засоби, як найпотужніші джерела забруднення атмосфери міст.

Предмет: універсальна система екологічного діагностування автомобілів на базі частковопотокowego розріджувача відпрацьованих газів повітрям – мікротунеля.

Мета: поглиблений аналіз науково-технічної інформації щодо розробки, експериментального відпрацювання та дослідження ефективності універсальної автоматизованої системи екологічного діагностування автомобілів за нормованими показниками токсичності відпрацьованих газів.

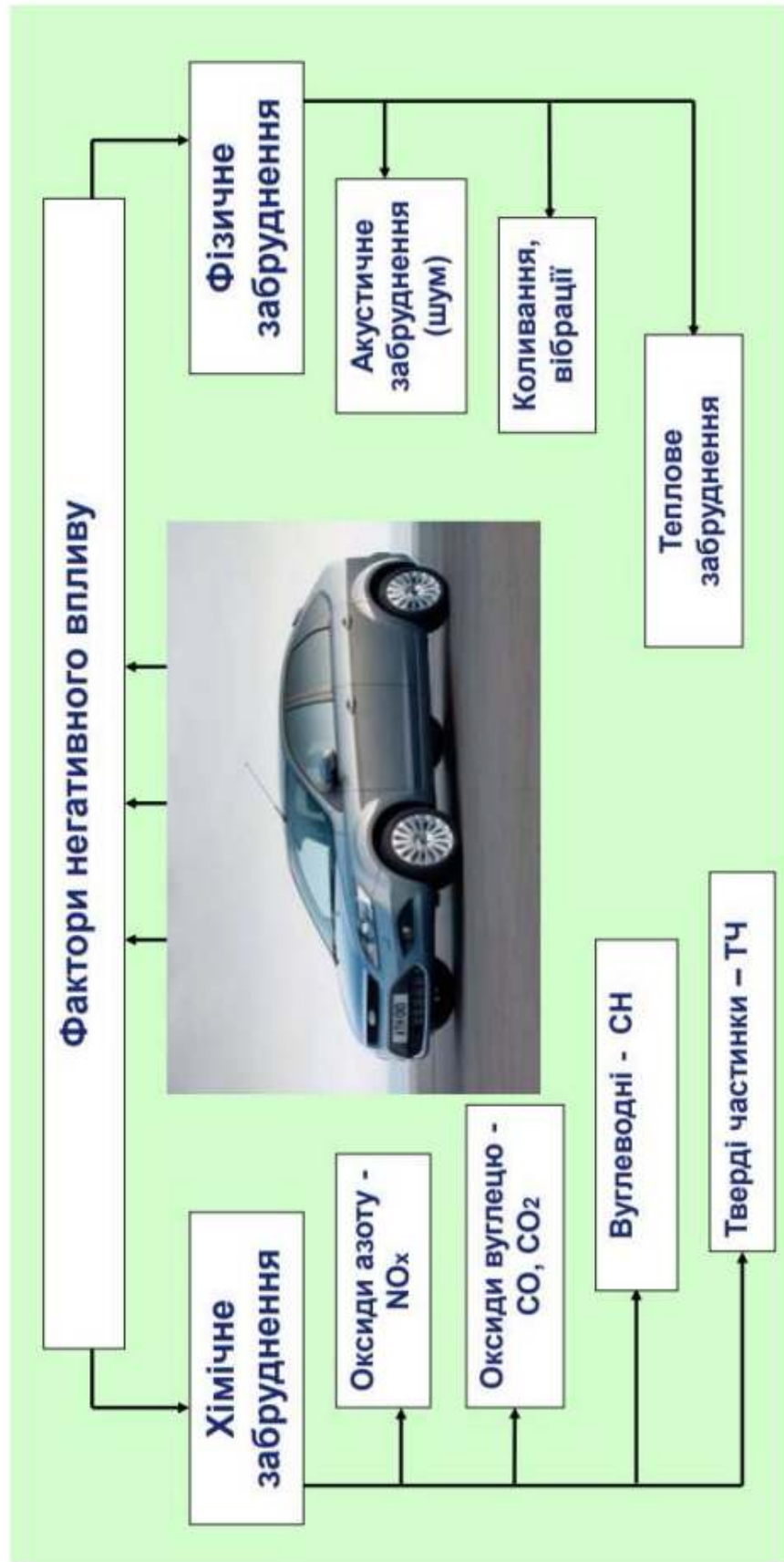
Завдання:

1. Аналіз та систематизація вимог міжнародних стандартів щодо обладнання, процедур випробувань та методик визначення нормованих показників, що характеризують хімічний та фізичний вплив автомобілів на довкілля.
2. Аналіз принципової схеми та алгоритму роботи універсальної системи екологічного діагностування автомобільних двигунів, обґрунтування вибору штатних приладів і обладнання.
3. Створення методики оцінювання ефективності систем екологічної діагностики автомобільних двигунів за критерієм точності вимірювань.
4. Розробка рекомендацій щодо підвищення точності універсальної системи екологічної діагностики автомобілів.
5. Експериментальне відпрацювання та дослідження ефективності універсальної системи екологічного діагностування автомобілів на натурних об'єктах.

АНАЛІЗ БАЗОВОГО ПІДПРИЄМСТВА – ТОВ «ГНІВАНСЬКИЙ ГРАНІТНИЙ КАР'ЄР»



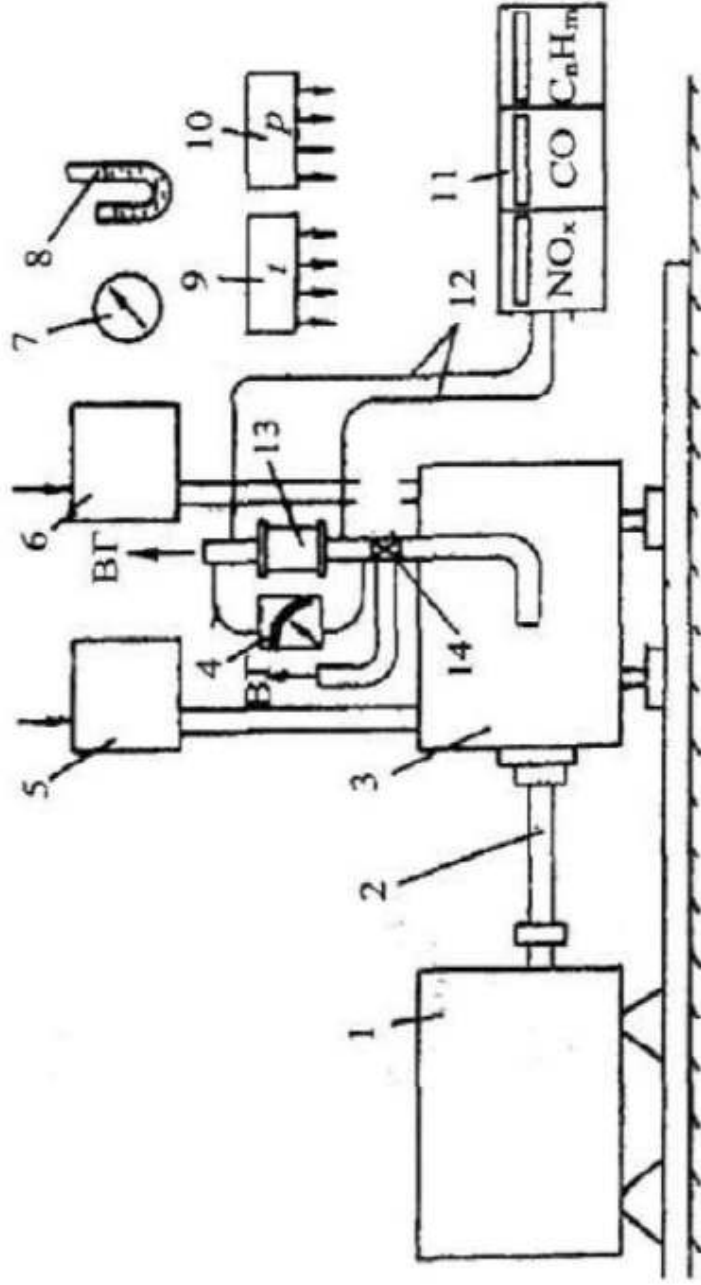
ХАРАКТЕРИСТИКА НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ



ЄВРОПЕЙСЬКІ НОРМИ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Екологічний стандарт	Оксиди вуглецю	Вуглеводні	Леткі органічні речов.	Оксиди азоту	СН+NO _x	ТЧ
Граничні викиди дизельного двигуна, г/км						
Євро-1	2.72 (3.16)		0,97*		0.97 (1.13)	0.14 (0.18)
Євро-2	1.0		0,67*		0.67	0.08
Євро-3	0.64	0,06	-	0.50	0.56	0.05
Євро-4	0.50	0,05	-	0.25	0.30	0.025
Євро-5	0.500	0,05	-	0.180	0.230	0.005
Євро-6	0.500	0,05	-	0.080	0.170	0.005
Граничні викиди бензинового двигуна, г/км						
Євро-1	2.72 (3.16)		0,97*		0.97 (1.13)	-
Євро-2	2,30		0,50*		0.5	-
Євро-3	2,20	0.20	-	0.15	-	-
Євро-4	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Євро-5	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005**
Євро-6	1.000	0.100	0.068	0.060	-	0.005**

ГАЛЬМІВНИЙ ВИПРОБУВАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ



1 - гальмуючий пристрій; 2 - карданний вал; 3 - двигун; 4 - димомір; 5 - витратомір палива; 6 - витратомір повітря; 7 - барометр; 8 - психрометр; 9 - датчики вимірювання температури; 10 - датчики вимірювання тисків; 11 - газоаналізатор; 12 - газопатрубки; 13 — нейтралізатор ВГ; 14 - електромагнітний клапан.

ПРОЦЕДУРИ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТРАНСПОРТНИХ ДВИГУНІВ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Процедура випробувань автомобільних
дизелів – європейський цикл ESC

№ _{рек}	n	L, %	WF	τ, хв
1	хол. хід	-	0,15	4
2	A	100	0,08	2
3	B	50	0,10	2
4	B	75	0,10	2
5	A	50	0,05	2
6	A	75	0,05	2
7	A	25	0,05	2
8	B	100	0,09	2
9	B	25	0,10	2
10	C	100	0,08	2
11	C	25	0,05	2
12	C	75	0,05	2
13	C	50	0,05	2

Процедури випробувань тракторних та
тепловозних дизелів – цикли R-96 і ISO 8178

№ _{рек}	n	L, %	WF
1	НОМ.	100	0,15
2		75	0,15
3		50	0,15
4	ПРОМ.	10	0,1
5		100	0,1
6		75	0,1
7	ХОЛ. ХІД	50	0,1
8		-	0,15

Цикл	ISO 8178-F					ДСТУ 32.001-94				
	1	2	3	1	2	3	4	5		
№ реєстру	100	35	ХОЛ.ХІД	100	75	50	25	ХОЛ.ХІД		
% від P _(max)	0,25	0,15	0,60	0,06	0,13	0,11	0,10	0,60		
Матріця										
WF				0,25	0,03	0,03	0,02	0,67		
Вибір				0,005	0,015	0,12	0,40	0,46		
Маневр										

УНІВЕРСАЛЬНА СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ

Вимірювальний модуль – мікротунель МКТ-2



Прилади контролю забруднень довкілля



Тестувально-демонстраційний модуль



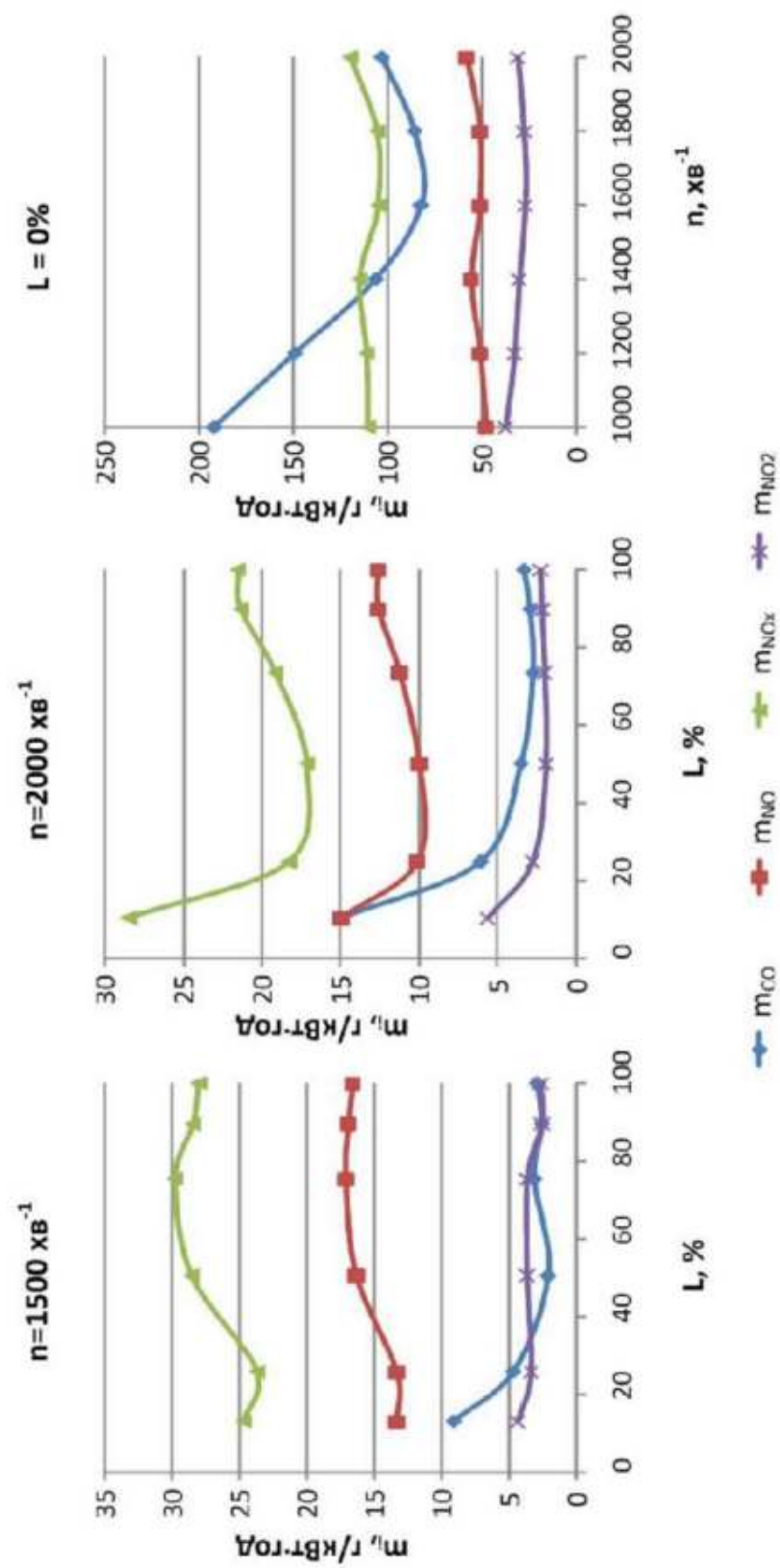
Лабораторний модуль системи діагностики



**ВІДПРАЦЮВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ
ДІАГНОСТИКИ НА ГАЛЬМІВНОМУ СТЕНДІ ДИЗЕЛЯ 4ЧН12/14**



РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ НОРМОВАНИХ МАСОВИХ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА



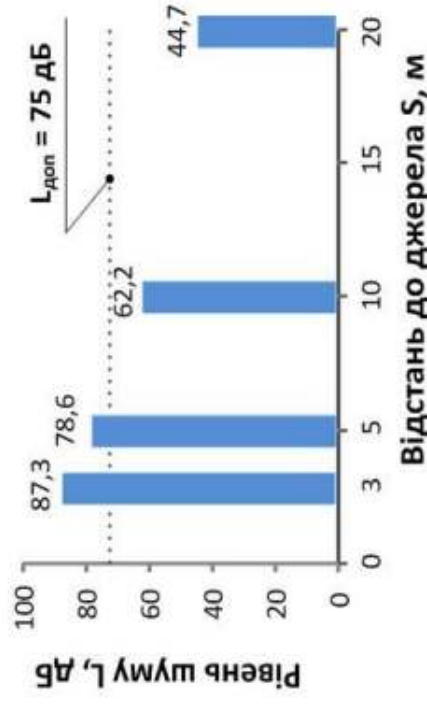
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ АКУСТИЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ ДОВКІЛЛЯ 10

Дослідження виробничого шуму в машинному залі

Джерело шуму – дизель 4ЧН12/14



Результати досліджень



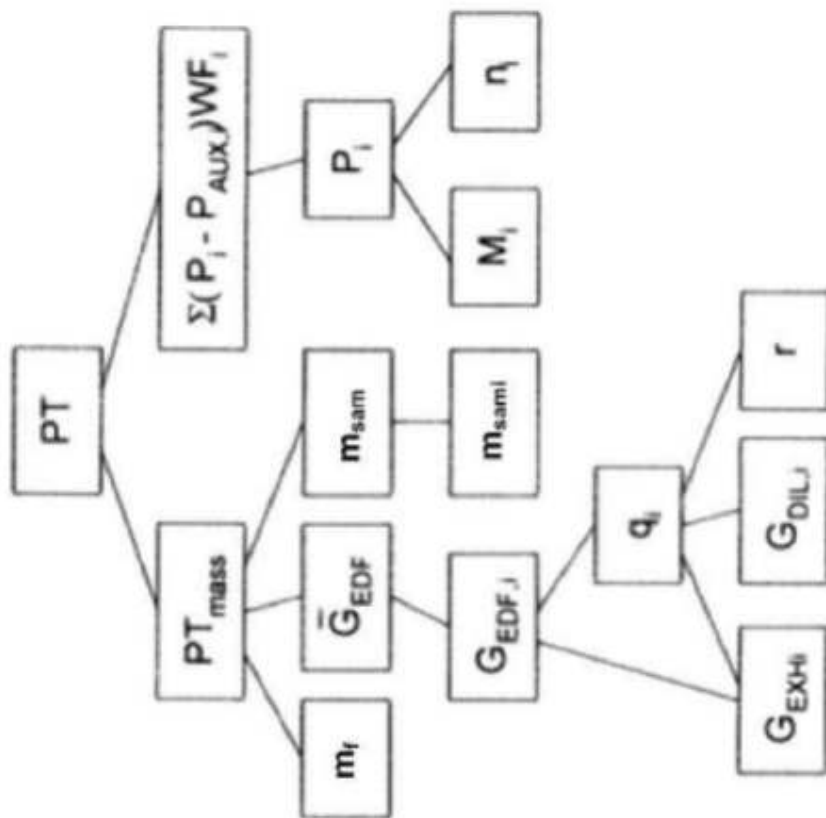
Дослідження транспортних шумів на автомагістралях міста



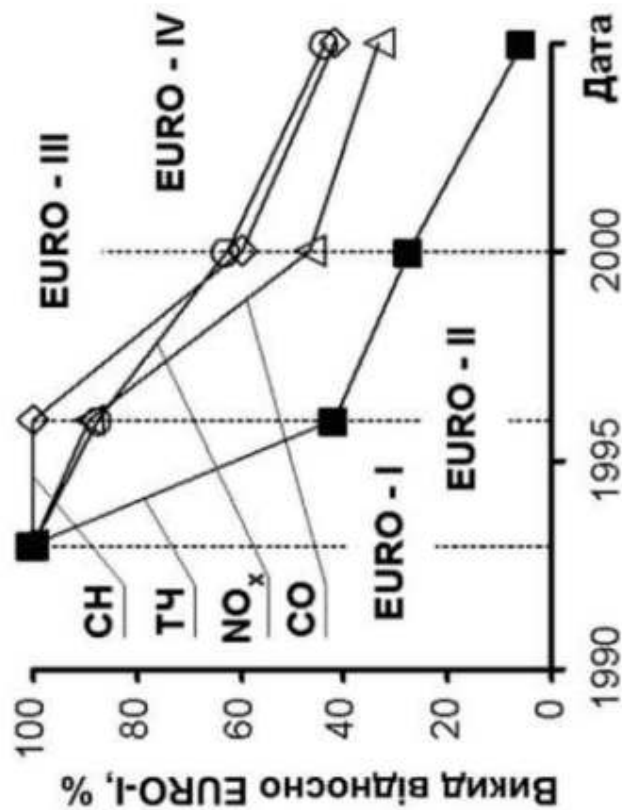
Час	Кількість ТЗ	Розрахункові методи			Фактичний рівень шуму
		1	2	3	
08-12	2430	79,79	65,21	77,19	75,6
12-16	1980	79,01	63,5	76,8	73,8
16-20	1878	78,81	64,81	76,71	74,6

11

АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ВИЗНАЧЕННЯ НОРМОВАНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛІВ



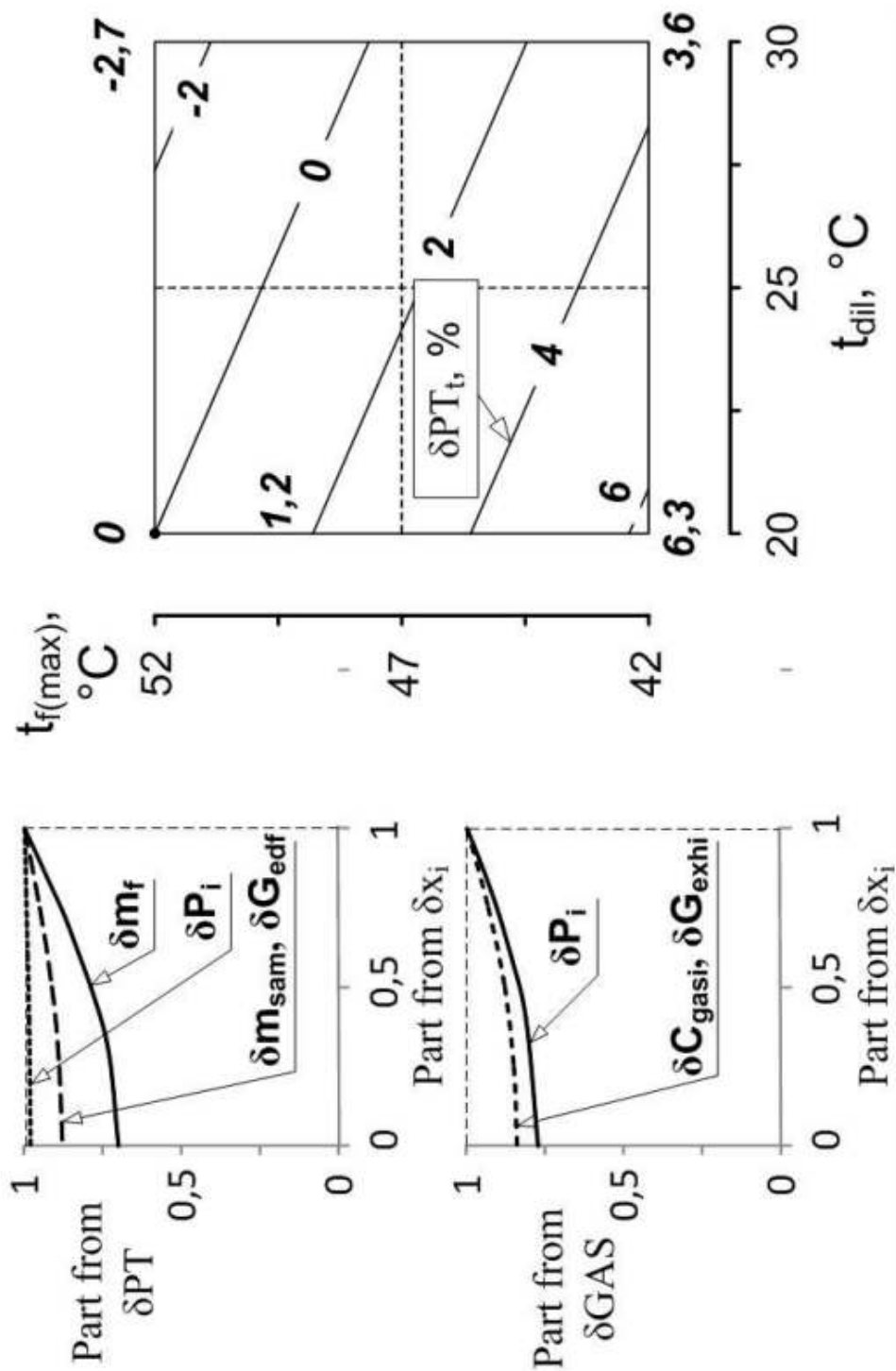
Динаміка зменшення європейських норм токсичності автомобільних дизелів



ІНФОРМАЦІЙНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ НОРМОВАНИХ ПОКАЗНИКІВ ТОКСИЧНОСТІ АВТОМОБІЛІВ

Величина	Визначення величини	Похибка вимірювань величини
Масовий викид газоподібних ЗР на і-му режимі, M_{gasi}	$M_{gasi} = u_{gas} \cdot C_{gasi} \cdot G_{edfi}$	$\delta M_{gasi} = \sqrt{\delta C_{gasi}^2 + \delta G_{edfi}^2}$
Середній за цикл масовий викид газоподібних ЗР, $M_{gas(m)}$	$M_{gas(m)} = \sum_{i=1}^n (WF_i \cdot M_{gasi})$	$\delta M_{gas(m)} = \delta M_{gasi} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (WF_i \cdot k_{M_{gasi}})^2}$
Середній за цикл масовий викид ТЧ, $M_{pm(m)}$	$M_{pm(m)} = \frac{m_f}{m_{sam}} \cdot \frac{G_{edf}}{1000}$	$\delta M_{pm(m)} = \sqrt{\delta m_f^2 + \delta m_{sam}^2 + \delta G_{edf}^2}$
Середня за цикл потужність двигуна, $P_{e(m)}$	$P_{e(m)} = \sum_{i=1}^n (WF_i \cdot P_{eti})$	$\delta P_{ei} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (WF_i \cdot k_{P_{eti}})^2}$
Середньоексплуатаційний викид газоподібних ЗР, GAS	$GAS = \frac{M_{gas(m)}}{P_{e(m)}}$	$\delta GAS = \sqrt{\delta M_{gas(m)}^2 + \delta P_{e(m)}^2}$
Середньоексплуатаційний викид ТЧ, PT	$PT = \frac{M_{pm(m)}}{P_{e(m)}}$	$\delta PT = \sqrt{\delta M_{pm(m)}^2 + \delta P_{e(m)}^2}$

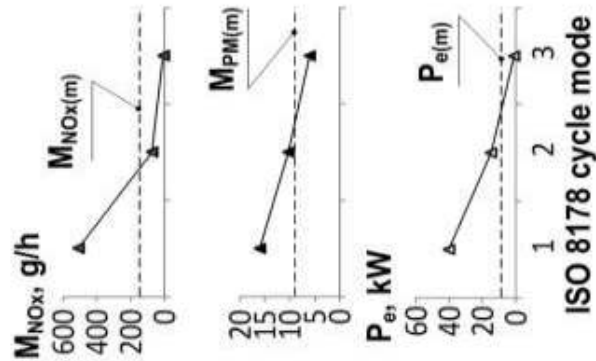
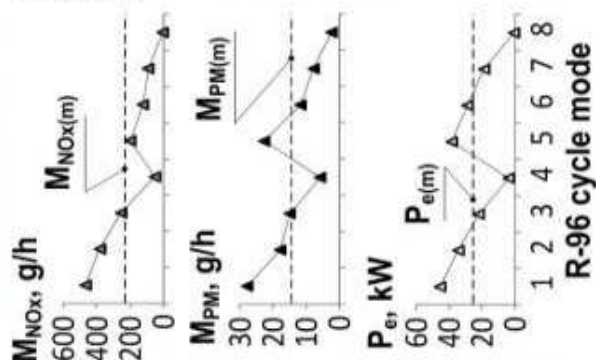
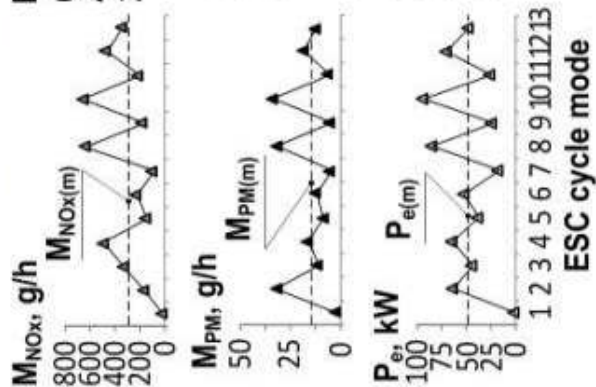
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОХИБОК ВИМІРЮВАНЬ ВЕЛИЧИН GAS І PT



ВІДПРАЦЮВАННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ НОРМОВАНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНИХ ДВИГУНІВ



1 – автомобільний
дизель 4ЧН 12/14



2 –тракторний
дизель Д 65М

3 – двигун дизель-
поїзда ДЕЛ-01

ВИСНОВКИ

1. Систематизовано вимоги міжнародних нормативних документів – Правил ЄЕК ООН R-49, R-83, R-96 стандарту ISO 8178, ГСТУ 32.001-94 до обладнання, процедур випробувань, методик визначення екологічних показників автомобілів; розглянуто принцип дії та основні елементи еталонних повнопотокових та найбільш відомих частковопотокових міні- та мікротунелів тунелів.
2. Проаналізовано принципovu схему універсального вимірювального комплексу з мікротунелем МКТ-2 для визначення екологічних показників транспортних двигунів різних типів, які характеризують негативний вплив цих об'єктів на довкілля: показників токсичності ВГ: концентрації, масових, питомих і середньоексплуатаційних викидів ЗР і парникових газів – моно- і діоксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту, діоксиду сірки, ТЧ та ін.
3. Рекомендовано інноваційні способи і пристрої контролю параметрів устаткування, в результаті використання яких підвищується ефективність екологічного діагностування ТД, а саме: витратоміри, газоаналізатори, елементи арматури пневматичних та гідравлічних систем, датчики вібрації, крутного моменту, тощо.
4. Проведено експериментальне відпрацювання універсальної системи екологічного діагностування теплових двигунів на базі моторних стендів транспортних двигунів – автотракторного дизеля 4ЧН12/14 і бензинового двигуна легкового автомобіля ВАЗ 21081. Запропоновано інформаційні методи підвищення точності створеної системи, які було відпрацьовано в ході випробувань дизелів 4ЧН12/14, Д65М і ДЕЛ-01 за циклами Правил ЄЕК ООН R-49, R-96, стандарту ISO-8178.
5. Розроблено та експериментально відпрацьовано інформаційні методи підвищення точності вимірювань нормованих показників токсичності автомобілів.

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності систем діагностування екологічних показників автомобілів на базі товариства з обмеженою відповідальністю «Гніванський гранітний кар'єр»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)


Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 80,8 % Схожість 19,2 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):


1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

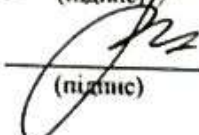
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Гальчак Д.Л.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Полив'янчук А.П.
(прізвище, ініціали)