

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ



УДК 621.43.068

- © О.А. Клименко, канд. техн. наук, заст. зав. лабораторії,
- © А.М. Редзюк, канд. техн. наук, директор,
- © О.В. Кудренко, провідний інженер,
- © С.О. Ричок, інженер 2 кат.,
- © М.Д. Гора, інженер 2 кат. (ДП “ДержавтотрансНДІпроект”)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА СТВОРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВИХ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗАХ ДВИГУНІВ (Продовження. Початок у № 4'2012)

Анотація. Викладено особливості конструкції повно-поточної системи розбавлення відпрацьованих газів моделі EMMS-CVS-010, створеної ДП “ДержавтотрансНДІпроект” для визначення масових викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами двигунами колісних транспортних засобів відповідно до вимог міжнародних технічних регламентів у цій галузі.

Ключові слова: відпрацьовані гази, забруднюючі речовини, масові викиди, повно-поточкові системи розбавлення відпрацьованих газів, системи відбору проб постійного об'єму, системи CVS, двигуни внутрішнього згорання, колісні транспортні засоби.

Аннотация. Изложены особенности конструкции полно-поточковой системы разбавления отработавших газов модели EMMS-CVS-010, созданной ГП “ГосавтотрансНИИпроект” для определения массовых выбросов загрязняющих веществ двигателями колесных транспортных средств в соответствии с требованиями международных технических регламентов в этой области.

Ключевые слова: отработавшие газы, загрязняющие вещества, массовые выбросы, полно-поточковые системы разбавления отработавших газов, системы отбора проб постоянного объема, системы CVS, двигатели внутреннего сгорания, колесные транспортные средства.

Annotation. Set out the design features of a full-flow exhaust dilution system EMMS-CVS-010, created by the State Enterprise State Road Transport Research Institute for determination of mass emissions of pollutants by engines of wheeled vehicles in compliance with the requirements of the international technical regulations in this area.

Keywords: exhaust gases, pollutants, mass emissions, full-flow exhaust dilution systems, constant volume sampler systems (CVS systems), internal combustion engines, wheeled vehicles.

Вступ

Цією публікацією продовжується цикл статей із висвітленням результатів досліджень ДП “ДержавтотрансНДІпроект” за напрямом вирішення проблеми визначення і нормування масових викидів забруднюючих речовин двигунами сучасних колісних транспортних засобів (далі – КТЗ) із низьким рівнем емісії при їх випробовуванні в їздових циклах.

Концепція. Основні концептуальні підходи у проектуванні української повно-поточної системи розбавлення відпрацьованих газів моделі EMMS-CVS-010 полягали у тому, що система повинна забезпечити:

– визначення питомих масових викидів забруднюючих речовин двигунами КТЗ як за стандартною технологією відбору проб постійного об'єму [1], так і за відбором проб змінного

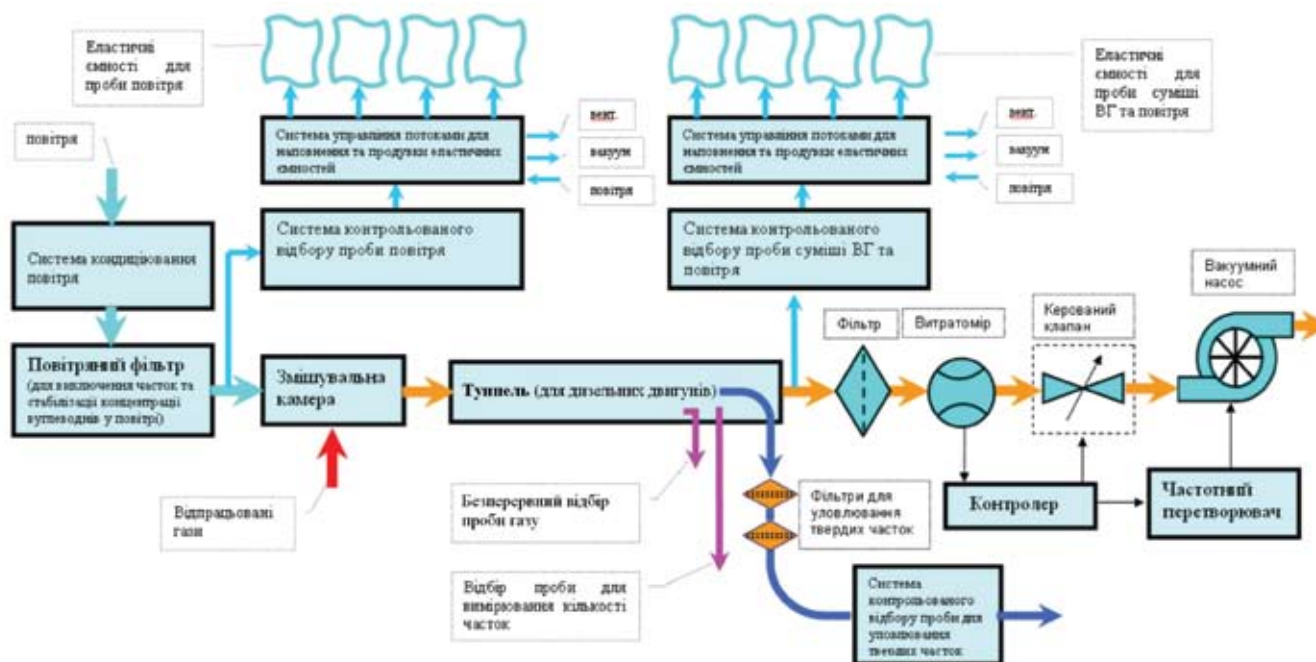


Рис. 1. Принципова схема повно-потокової системи підготування до аналізу відпрацьованих газів моделі EMMS-CVS-010

об'єму з метою дослідження та розроблення нових технологій визначення масових викидів забруднюючих речовин КТЗ із низькими рівнями емісії;

– широкі функціональні можливості порівняно з відомими стандартними серійними системами (тобто можливості системи дослідницького класу).

Також система повинна:

– відповідати вимогам міжнародних технічних регламентів як в частині забезпечення стендових випробовувань КТЗ в їздових циклах, так і випробовувань їхніх двигунів (моторних випробовувань), тобто відповідати одночасно вимогам екологічного блоку Правил ЄЕК ООН №№ 40, 47, 83, 101, 103 в частині вимог до КТЗ повною масою до 3,5 т, та Правил №№ 49, 96 в частині вимог до двигунів великовантажних автомобілів та автобусів;

– мати широкий діапазон витрат повного потоку розбавлених відпрацьованих газів (ВГ);

– мати відносно низьку вартість (порівняно з наявним на світовому ринку “фірмовим” обладнанням).

Основна частина

Українська повно-потокова система має оригінальну конструкцію, повністю розроблену в нашій країні та не повторює відомі закордонні аналоги ані за будовою, ані за використаною елементною базою.

Для управління потоком суміші повітря з повним потоком відпрацьованих газів (далі – ВГ) система використовує автоматично регулю-

вані дросельний елемент і вакуумний насос із витратоміром потоку цієї суміші (рис. 1).

Для підтримання постійного потоку суміші через систему та відповідної компенсації швидкості відбору проб газів в умовах швидкої зміни тиску і температури ВГ на вході в систему, керуючий комп'ютер враховує дані щодо температури і тиску газів на витратомірі суміші та безпосередньо на вході в систему окремо для ВГ та для повітря.

При цьому управління потоком суміші ВГ і повітря відбувається одночасним автоматичним регулюванням положення (площі перерізу) дросельного елемента та продуктивності вакуумного насосу (привод якого на базі асинхронної електричної машини керується через частотний перетворювач), що надає можливості створення потоку суміші у широкому діапазоні і, за необхідності, його швидкої зміни.

Відбір проб газів у мішки, фільтри уловлювання частинок або для безперервного вимірювання концентрацій забруднюючих речовин здійснюється із завданням потоків у широких межах з використанням масових витратомірів та систем управління потоками власної розробки. Це дає змогу оптимізувати режим наповнення пробами мішків та прокачування проби ВГ через фільтри уловлювання частинок (РМ) та здійснювати динамічну компенсацію швидкості відбору проб відповідно до зміни повного потоку суміші ВГ і повітря.

Лінії та елементи на шляху подачі проб до газоаналітичного обладнання термостатовані (підтримується температура 191 °С).

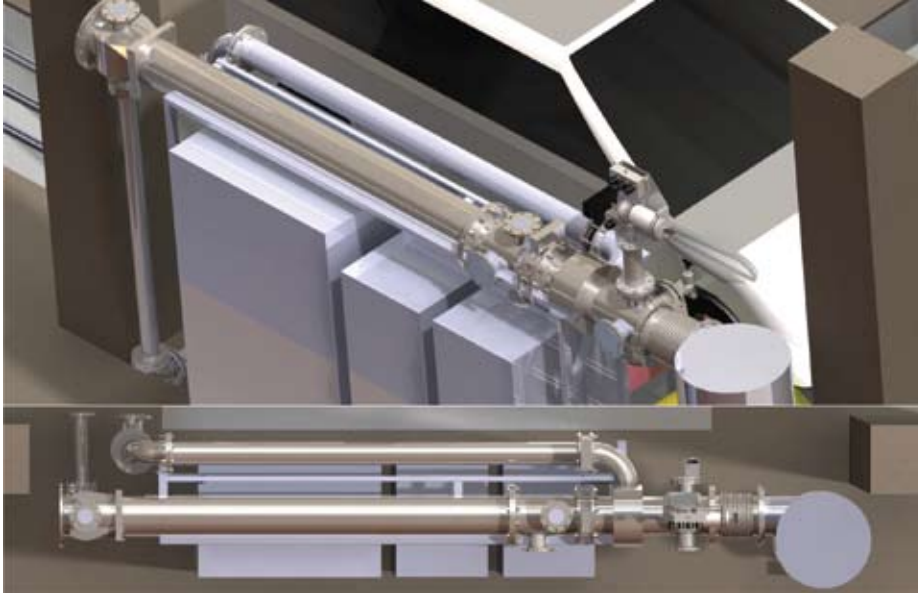


Рис. 2. 3-D ескіз системи EMMS-CVS-010. Зліва-направо під основним і байпасним тунелями показано шафу з мішками, шафу з електронним та електротехнічним обладнанням, шафу відбору проб і повно-потоківий фільтр

Тедларові мішки для відбору проб разом із системою розподілення потоків розміщено у термостатованій шафі, де забезпечується рівномірний прогрів всього об'єму.

Насоси відбору проб, витратоміри, фільтри та інші елементи також термостатовані й розміщені в окремій шафі, з підтриманням постійної температури всього об'єму.

В окремій шафі зібрані елементи завдання швидкості потоку суміші повітря з повним потоком ВГ. На її даху розміщено комбінований фільтр потоку цієї суміші.

Повно-потоківий основний та байпасний ("малий") тунелі разом зі змішувачем основного тунелю, елементом розподілення потоків та іншими вузлами розміщені над шафами з обладнанням (3-D ескіз, що використовувався під час проектування, **рис. 2**).

Змішувач байпасного тунелю зроблений у вигляді мобільного модуля й розташовується безпосередньо поряд із випускною системою КТЗ, що випробовується.

Всі елементи основного та байпасного тунелів розроблені ДП "ДержавтотрансНДІпроект" і виготовлені з нержавіючої сталі в Україні.

Необхідно забезпечити якісне перемішування ВГ із повітрям у змішувальній камері та забезпечити такі умови сумарного потоку, щоб у точці відбору проби отримувати однорідну суміш. Для вирішення цієї задачі елементи системи було зпроектовано та оптимізовано за допомогою сучасних САПР шляхом моделювання потоків газів.

Таким чином, зокрема, було оптимізовано оригінальну конструкцію вузла змішувача ВГ

і повітря, який працює у широкому діапазоні швидкостей потоків та дає змогу отримати однорідну суміш ВГ і повітря у точці відбору проби у тунелі (**рис. 3**).

Змішувач має у складі оригінальний пристрій для встановлення змінних дросельних шайб (10 пластин з отворами різних діаметрів), що дає можливість отримати найоптимальніші умови під кожне завдання.

Із використанням САПР було розроблено, наприклад, елемент, показаний на **рис. 4**, який дає змогу отримувати однорідний сумарний потік у перерізі точки відбору проби на мішки як при використанні байпасного, так і основного тунелю. Байпасний тунель

використовується при випробовуванні автомобілів, обладнаних двигунами з примусовим запалюванням. У цьому разі основний повно-потоківий тунель виключається з роботи. Відокремлений вузол-змішувач розташовується якомога ближче до випускної системи двигуна у складі автомобіля та має ідентичну конструкцію зі змішувачем, який розташовано безпосередньо на вході в основний тунель.



Рис. 3. Приклад розрахунку параметрів потоку ВГ, повітря і їхньої суміші у змішувачі та на вході в повно-потоківий тунель (на зображенні показано зони різної турбулентності потоку)

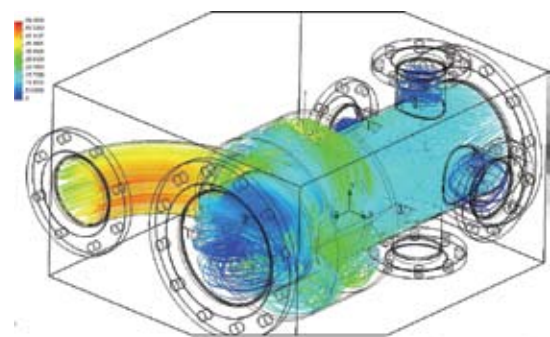


Рис. 4. Приклад розрахунку швидкості потоку суміші ВГ і повітря у режимі роботи "малого" тунелю у вузлі відбору проби на мішки

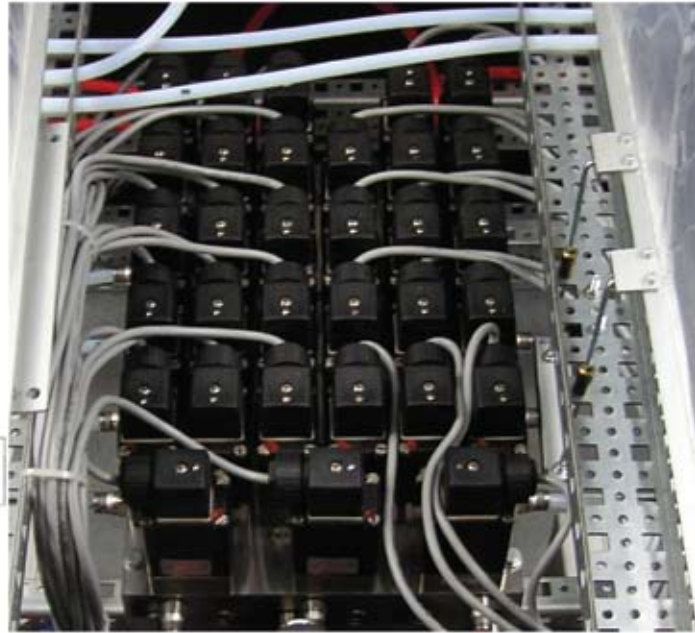
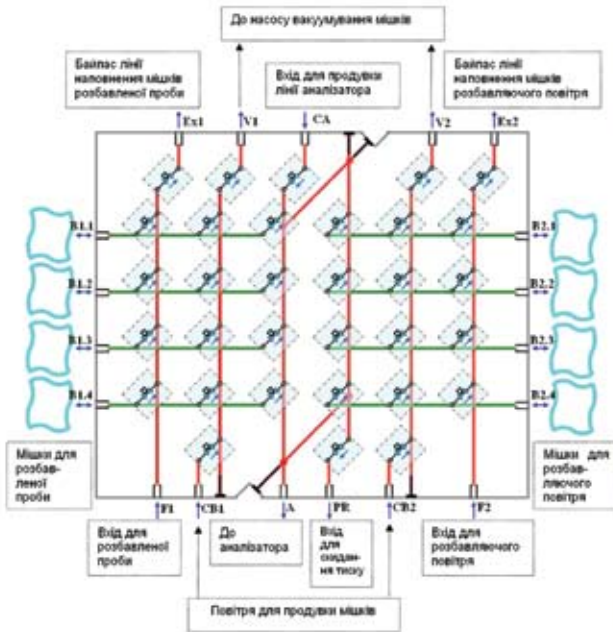


Рис. 5. Схема та фотографія матриці клапанів для розподілення потоків проби

Відповідно до ускладнення та збільшення тривалості випробувальних процедур (їздових циклів) відомі виробники систем CVS зазвичай збільшують кількість мішків. Замість збільшення кількості пар мішків авторами було розроблено оригінальну матрицю клапанів для циклічного розподілення потоків проби, виконання операцій відбору проби, її аналізу, багатократного вакуумування та продувки мішків. Це дає змогу відбирати протягом виконання будь-якого їздового циклу (зокрема майбутніх тестових процедур) будь-яку бажану кількість проб, користуючись всього чотирма парами мішків. Отримані таким чином можливості є також дуже важливими при проведенні довідних випробувань КТЗ.

Операції відбору проби у мішки з тунелю, аналізування проби у попередньо заповнених мішках, вакуумування і продувки відбуваються одночасно за спеціальним алгоритмом, який розподіляє всі процеси у часі залежно від поточного завдання.

Принципову схему та фотографію матриці клапанів (показано основну частину з 32-х клапанів, об'єднаних в один елемент) для розподілення потоків проби (встановлено у термостатовану шафу з тедларовими мішками) подано на рис. 5.

Для визначення викидів частинок на різних етапах випробувального циклу передбачена можливість використання декількох фільтрів. Була розроблена відповідна система розподілення потоків оригінальної конструкції

(рис. 6), яка мінімізує утворення депозитів частинок.

Окрім забезпечення вимірювання масових викидів частинок система вже підготовлена для під'єднання до неї лічильника частинок.



Рис. 6. Тримачі фільтрів для зважування часток, верхні клапани розподілення потоків та система розподілення потоків оригінальної конструкції



Рис. 7. Загальний вигляд основної частини елементів повно-потокової системи моделі EMMS-CVS-010

Фото із загальним виглядом системи показано на рис. 7. На задньому плані видно автомобіль, встановлений на роликовий моделюючий стенд, та підключений до системи EMMS-CVS-010.

Основні елементи системи управління системою зібрані в окремій шафі. Програмне забезпечення для керування системою дає змогу працювати як в ручному, так і в автоматичному режимі. Крім того, в програмне забезпечення включено функції управління та обміну даними із газоаналітичним комплексом моделі MEHA-7400DEGR японської фірми HORIBA та системою допомоги водієві у складі розробленого ДП “ДержавтотрансНДІпроект” програмно-апаратного комплексу “Vehicle Performance Analysis System” (VPAS), який вже багато років використовується для проведення стендових і дорожніх випробовувань двигунів та автомобілів, постійно вдосконалюється і розширює можливості. Комплекс VPAS своєю чергою

з’єднано із сучасним 48-дюймовим роликовим моделюючим стендом фірми AVL та комплексом іншого обладнання. Таким чином, система інтегрована у комплекс обладнання ДП “ДержавтотрансНДІпроект” для випробовування КТЗ. Процеси відбору та аналізу проби ВГ (зокрема циклічне наповнення, відбір на аналіз, вакуумування, продувка мішків) майже повністю автоматизовані (управління відбувається натисненням однієї кнопки на екрані ПК керування).

Проектування конструкції загалом та її окремих елементів, збирання системи, її тестування, налагоджування і проведення верифікації здійснювали фахівці лабораторії дослідження використання палив та екології ДП “ДержавтотрансНДІпроект”. Окрім авторів цієї статті найбільш активну участь у створенні системи взяли також Ю.В. Сіянко, А.М. Сафронов, О.В. Бондар, В.А. Григор’єв.



Конструкційні матеріали та елементна база

Усі основні елементи системи виконані з нержавіючої сталі та матеріалів, що не змінюють концентрації забруднюючих речовин. Зокрема в системі широко використано тефлон. Мішки для розбавленої проби та повітря також виготовлені із інертного матеріалу – тедлар. Усі металоконструкції, трубопроводи, змішувальні камери, фільтр повного потоку тощо виготовлені на українських підприємствах.

Використано переважно широко розповсюджену у світовій промисловості елементну базу загального призначення – насоси для хімічної промисловості, витратоміри, електромагнітні та пневматичні клапани, фітинги, трубки, різноманітні електронні та електротехнічні компоненти тощо. Окремі елементи були виготовлені на замовлення провідними українськими та закордонними фірмами.

При виборі елементної бази розробники орієнтувалися не на “перевірені” компоненти, які використовують відомі закордонні виробники систем CVS, а на технічні характеристики серійної елементної бази загального промислового призначення. При цьому за кожним елементом здійснювався тривалий розгорнутий пошук всіх наявних на українському та світовому ринках варіантів із подальшим аналізом і відбором компонентів, що задовольняють обрані конструктивні рішення, бажані параметри та інші вимоги, використання яких є економічно доцільним.

Основні технічні характеристики

Повний діапазон завдання загального потоку суміші ВГ та повітря становить 2...75 м³/хв з точністю 1,5%. Варто зазначити, що для проведення сертифікаційних випробовувань повного ряду КТЗ (у повному обсязі), передбаченому Правилами ЄЕК ООН №№ 40, 47, 83, 101, 103, тобто від мопеда до легкового автомобіля і навіть середнього автобуса або легкого комерційного транспорту зазвичай достатньо мати діапазон в межах 2...35 м³/хв. Більш високі швидкості потоку (до 75 м³/хв) дають змогу проводити нестандартні випробовування КТЗ, зокрема у режимах повного навантаження, здійснювати сертифікаційні випробовування двигунів вантажних автомобілів.

Швидкість подачі проби з газоподібними компонентами викидів до тедларових мішків автоматично регулюється в межах 2...20 л/хв та до фільтрів уловлювання частинок – в межах 15...75 л/хв.

Діаметр фільтрів для уловлювання частинок – 47 мм (4 канали утримувачі фільтрів та байпасний канал).

Система повністю відповідає вимогам, встановленим у процедурі повної верифікації такого обладнання, передбаченої міжнародними технічними регламентами. Зазначена процедура основана на подачі до повно-поточної системи протягом визначеного часу заздалегідь відомої кількості компонента викидів, що вимірюється, та порівняння цієї кількості (у масових одиницях) з визначеними за допомогою системи даними щодо викидів.

Сфера застосування системи EMMS-CVS-010

Розроблена та виготовлена ДП “ДержавтотрансНДІпроект” система моделі EMMS-CVS-010 повністю відповідає вимогам екологічного блоку Правил ЄЕК ООН (Правила №№ 40, 47, 83, 101, 103 в частині вимог до КТЗ повною масою до 3,5 т, Правила №№ 49, 96 в частині вимог до двигунів великовантажних автомобілів та автобусів), а також відповідним директивам ЄС і стандартам США (технічним регламентам).

Українська система може використовуватися як окремо для забезпечення вимірювання питомих масових викидів забруднюючих речовин КТЗ (легкові автомобілі, а також мопеди, мотоцикли і легкий комерційний транспорт) у їздових циклах та двигунів великовантажних автомобілів і автобусів у відповідних тестових процедурах (стаціонарних та транзйентних циклах), так і сумісно з частково-поточною системою моделі MT-010 (у концепції подвійного розбавлення ВГ) для випробовування двигунів особливо великої потужності.

Систему EMMS-CVS-010 встановлено у лабораторії дослідження використання палив та екології і використовують у складі комплексу, що включає сучасний 48-дюймовий роликаний моделюючий стенд моделі RPL1220/12C23M17/ARM150 фірми AVL (Австрія), газоаналітичну систему моделі MEXA-7400DEGR фірми HORIBA (Японія) та інше високотехнологічне обладнання.

На відміну від відомих закордонних аналогів, українська система дає змогу проводити вимірювання у розширеному динамічному діапазоні – від мопедів до вантажівок і має широкі функціональні можливості. Оригінальна конструкція системи дає можливість проводити на ній дослідження в напрямі створення технології заміни концепції відбору проб постійного об’єму на концепцію відбору проб змінного об’єму.

Українська система EMMS-CVS-010 пройшла державну метрологічну атестацію та активно використовується для проведення різноманітних випробовувань продукції, передусім сертифікаційних випробовувань КТЗ, дослідження



Рис. 8. Випробовування КТЗ у широкому діапазоні мас і, відповідно, потоків ВГ із використанням універсальної системи моделі EMMS-CVS-010 (випробовування мопеда, легкового автомобіля та автобуса)

використання альтернативних і традиційних моторних палив різноманітного складу, створення нових зразків техніки, оптимізації конструкції КТЗ, налагоджування мікропроцесорних систем керування двигунами КТЗ, проведення виробниками КТЗ різноманітних доводжувальних робіт тощо.

Із використанням системи опрацьовано технологію випробування КТЗ на паливну економічність методом балансу вуглецю, тобто взагалі без під'єднання до паливної системи автомобіля, за якою отримано якісні результати, які відповідають вимогам Правил ЄЕК ООН № 101.

На **рис. 8** показано приклади випробовування КТЗ із використанням системи у широкому діапазоні мас і потоків ВГ.

Основні напрями подальших досліджень і дооснащення системи

Із використанням системи моделі EMMS-CVS-010 ДП “ДержавтотрансНДІпроект” здійснюються дослідження в напрямі розробки нових технологій визначення масових викидів забруднюючих речовин. Зокрема, замість концепції відбору проб постійного об'єму опрацьовується концепція відбору проб змінного об'єму, яка, як очікується, надасть принципові переваги при визначенні масових викидів забруднюючих речовин КТЗ із низькими рівнями емісії.

Для випробовування КТЗ із дизелями або бензиновими двигунами з безпосереднім впрокуванням відповідно до сучасних екологічних норм ЄС систему заплановано укомплектувати обладнанням для вимірювання кількості частинок.

Висновки

Універсальна повно-поточкова система визначення масових викидів забруднюючих речовин двигунами КТЗ моделі EMMS-CVS-010 розроблена в ДП “ДержавтотрансНДІпроект” за інноваційною імпортозамінною технологією, має оригінальну конструкцію та широкі функціональні можливості і повністю відповідає вимогам міжнародних технічних регламентів у цій сфері. Система дає змогу проводити дослідження в напрямі розробки нових технологій визначення масових викидів забруднюючих речовин КТЗ із низькими рівнями емісії (ЄВРО 5-6) завдяки заміні системи відбору проб постійного об'єму на систему відбору проб змінного об'єму.

Система успішно використовується лабораторією дослідження використання палив та екології ДП “ДержавтотрансНДІпроект” для проведення різноманітних (дослідницьких, сертифікаційних) випробовувань продукції за замовленнями виробників КТЗ та їх компонентів, інжинірингових компаній, виробників моторних (зокрема альтернативних) палив тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Редзюк А.М., Клименко О.А., Кудренко О.В. Щодо визначення масових викидів забруднюючих речовин двигунами колісних транспортних засобів // Автошляховик України. – 2012. – № 4 – С. 2–7.

Теоретичне обґрунтування щодо можливостей та підходів до вирішення проблеми визначення масових викидів забруднюючих речовин двигунами сучасних КТЗ із низьким рівнем емісії при їх випробовуванні в їздових циклах буде надано у наступній публікації.