

Строков О.П., д.т.н., проф.; Міщенко І.В., к.т.н., доц.; Кондратенко А.Н., к.т.н., ст. викл.; Бурменко О.А., курсант

СИСТЕМА ВІДБОРУ ПРОБ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДИЗЕЛЯ МОТОРНОГО ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ ЯК ОБ'ЄКТ МЕТРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Обґрунтовано актуальність дослідження метрологічних аспектів досліджень на моторному випробувальному стенді. Описано особливості конструкції, склад і наведено схему модернізованої системи відбору проб відпрацьованих газів на токсичність і димність, а також характеристики засобів вимірювальної техніки стенду.

Вступ. Загальновідомим є те, що в якості результату наукових досліджень в першу чергу очікують отримання нового інтелектуального продукту, який відрізняється науковою новизною і практичною цінністю. При цьому на даному відрізку життєвого циклу він проходить стадію експериментальних досліджень фізичних процесів, що становлять основу функціонування, а також його робочих характеристик як готового виробу. Часто ці програми реалізують цілі і завдання так названих «піонерських» науково-дослідних робіт з вивчення «білих плям» в певних галузях знань, що і є суттю наукового дослідження.

Реалізація таких досліджень пов'язана з розробкою відповідних програм і методик, проектуванням і виготовленням експериментальних зразків і створенням та вдосконаленням відповідної матеріальної бази – стендів, установок, засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) і т.д. Тобто, об'єкти матеріальної бази дослідних лабораторій є унікальними, хоча і розрахованими на реалізацію якомога ширшого спектра програм експериментів.

Також відомо, що ніякі вимірювання не можуть бути виконані абсолютно точно, і завжди містять деяку помилку, залишається тільки достовірно визначити її величину, від якої залежить цінність отриманих даних [1].

Тому роботи, спрямовані на виявлення та аналіз метрологічних аспектів створення нового лабораторного обладнання та модернізацію наявного, актуальні, оскільки від точності проведення прямих і непрямих вимірювань залежить «чіткість» сучасної картини світу.

Метою дослідження є опис пристрою модернізованої системи відбору проб відпрацьованих газів (ВГ) на токсичність і задимленість моторного випробувального стенду (МВС) відділу поршневих енергоустановок (ПЕУ) Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України (ІПМаш НАНУ) для подальшого аналізу її як метрологічної системи [2].

Постановка задачі та її рішення. У відділі ПЕУ ІПМаш НАНУ розроблено модульний фільтр твердих частинок (ФТЧ) дизеля нової нетрадиційної конструкції з насипкою із природного цеоліту в сітчастих касетах – ФТЧ ІПМаш.

Декілька варіантів його конструкції втілені у вигляді діючих макетів фільтруючого елемента (ФЕ) ФТЧ ІПМаш. Їх робочі характеристики в реальних умовах експлуатації досліджені експериментально на моторному випробувальному стенді (МВС) відділу ПЕУ [2].

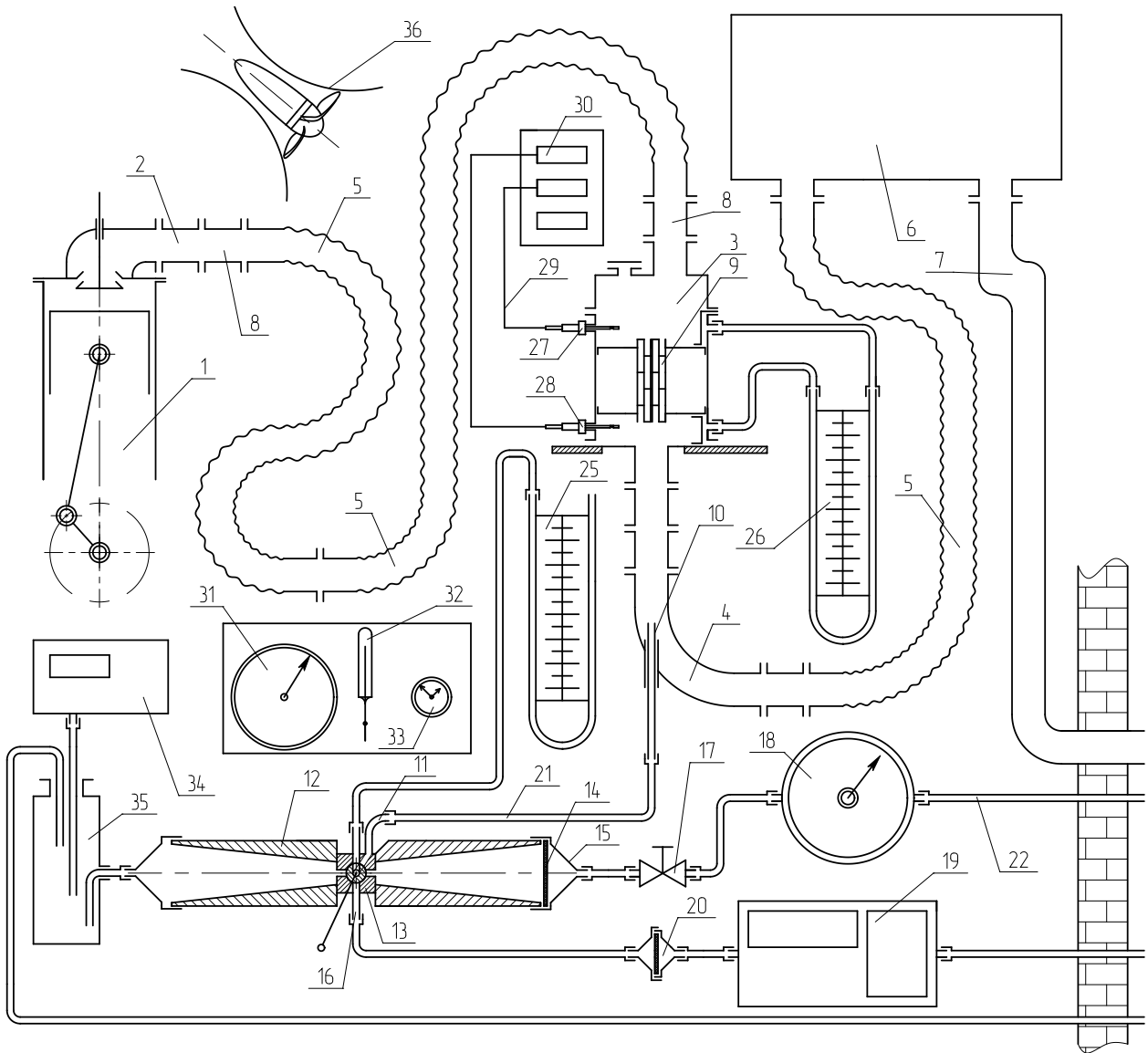
МВС являє собою складну систему взаємопов'язаних енергетичних установок, його будову і особливості роботи описані в [3].

Для проведення стендових моторних досліджень ФТЧ ІПМаш випускної системи МВС модернізували шляхом доповнення її місцем установки експериментальних зразків ФТЧ ІПМаш (макетоутримаючою вставкою (МВ)), новими системами відбору проб ВГ на токсичність і димність та вимірювання газодинамічних параметрів потоку ВГ [2, 3].

Схема модернізованої випускної системи МІС наведена на рис. 1, а її зовнішній вигляд – на рис. 2 [2, 3].

Випробування проводяться у відповідності з програмами та методиками відділу ПЕУ, а також положеннями ДСТУ 18509-88 і ДСТУ 14846-87 [4, 5], де також містяться вимоги до точності вимірювань деяких величин.

Програми досліджень побудовані на основі стандартизованих випробувальних 13-ти і 8-ми режимних стаціонарних циклів, що представляють собою моделі експлуатації автомобільних і тракторних дизелів відповідно і описані в Правилах ЄЕК ООН № 49 і № 96 [7, 8]. Їх адаптували до можливостей матеріальної бази лабораторії відділу ПЕУ, особливості адаптації описані в [2].



- 1 – дизель 2Ч10,5/12; 2 – випускний колектор дизеля; 3 – макетоутримуюча вставка;
 4, 5, 21 – кутовий, гнучкі жароміцні, вивідний і з'єднувальний газопроводи; 6 – глушник шуму випуску ВГ; 8 – перехідники; 9 – діючий макет ФЕ ФТЧ; 10 – пробовідбиральний зонд;
 11, 12, 13, 15, 16 – вхідний штуцер, конус, чотирьохходовий кран, ковпак і вихідний штуцер алонжа; 14 – змінний фільтр; 17 – регулюючий кран; 18 – витратомір газу;
 19 – п'ятикомпонентний газоаналізатор АВТОТЕСТ-02.03.П; 20 – захисний фільтр з тримачем; 7, 22, 23, 24 – вивідні трубопроводи; 25, 26 – дифманометри ДМ; 27, 28 – датчики термометричні ТХА; 29 – електропровід; 30 – прилад ОВЕН ТРМ-200; 31 – барометр-анероїд БАММ-1М; 32 – термометр ртутний; 33 – секундомір; 34 – димомір ІНФРАКАР-Д;
 35 – вимірювальний ресивер (6,36 л); 36 – повітродувка

Рис. 1 – Схема системи відбору проб ВГ моторного випробувального стенду

Таблиця 1 – ЗВТ та допоміжні пристрої МВС та їх параметри

Найменування, позначення вимірюваного параметра і одиниці вимірювання	Границі вимірювання і діапазон зміни	Засіб вимірювальної техніки
Частота обертання к.в. дизеля і ротора мотор-генератора, $n_{кв}, \text{хв}^{-1}$	0 – 5000 800 – 1800	Вимірювальний комплекс IDS-742 4/N чи відмітчик ВМТ і газоаналізатор п'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Крутний момент дизеля, $M_{кр}, \text{Н}\cdot\text{м}$	0 – 250 0 – 120	Вимірювальний комплекс IDS-742 4/N з механічним ваговим динамометром
Час витрати навіски дизельного палива, $\tau, \text{с}$	0 – 10000 0 – 600	Ваги 1 кл. ВЛР-1 і навіска і електрогідравлічний автоматичний клапан доливу палива і оптичний датчик і частотомір-хронометр Ф-5041
Об'ємні витрати повітря, $V_{нов}, \text{м}^3/\text{год}$	5 – 120 30 – 100	Лічильник газу РГ-100 і частотомір-хронометр Ф-5040
Перепад тиску повітря на впуску, $\Delta P_{вп}, \text{мм вод. ст.}$	0 – 1200 0 – 300	Дроселююча шайба і дифманометр типу ДМ
Перепад тиску ВГ на випуску, $\Delta P_{вип}, \text{мм вод. ст.}$	0 – 1500 0 – 300	Дифманометр типу ДМ
Температура ВГ, $t_{ог}, \text{°C}$	-50 – 1400 20 – 700	Прилад А566 і термопара типу ТХА
Температура моторної оливи, $t_{м}, \text{°C}$	-50 – 180 40 – 100	Датчик ТСМ100В і прилад А565 чи датчик і газоаналізатор п'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Температура палива, $t_{нал}, \text{°C}$	-50 – 180 10 – 40	Прилад А566, датчик 10011
Температура повітря на впуску, $t_{нов}, \text{°C}$	0 – 50 5 – 40	Ртутний термометр лабораторний ТЛ-4
Температура атмосферного повітря, $t_0, \text{°C}$	0 – 50 0 – 35	– // –
Атмосферний тиск, $B_0, \text{кПа}$	80 – 106 90 – 104	Барометр-анероїд БАММ-1М
Вологість повітря відносна, $\varphi_0, \%$	0 – 100 0 – 100	Психрометр
Об'ємна концентрація у ВГ NO_x , $C_{\text{NO}_x}, \text{млн}^{-1}$	0 – 5000 0 – 3000	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Об'ємна концентрація у ВГ CO , $C_{\text{CO}}, \%$	0 – 5 0 – 2	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Об'ємна концентрація у ВГ O_2 , $C_{\text{O}_2}, \%$	0 – 21 0 – 10	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Об'ємна концентрація у ВГ CO_2 , $C_{\text{CO}_2}, \%$	0 – 16 0 – 5	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Об'ємна концентрація у ВГ C_nH_m , $C_{\text{CH}}, \text{млн}^{-1}$	0 – 2000 0 – 150	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Лінійні розміри експериментальних зразків, $l, \text{мм}$	0 – 500 1 – 250	Штангенциркуль ШЦ-1 чи слюсарна лінійка
Час відбору проби, $\tau_{пр}, \text{с}$	0 – 60 15 – 50	Секундомір СОСпр-2а
Димність ВГ: коефіцієнт ослаблення світлового потоку, $N_D, \%$; коефіцієнт поглинання світлового потоку, $K, \text{м}^{-1}$	0 – 100 10 – 75; 0 – ∞ 0 – 5	Відбірник проб ВГ і фільтр у тримачі (алонжі) чи димомір ІНФРАКАР-Д

Методика визначення похибок прямого та непрямого вимірювань режимних параметрів роботи дизеля, газодинамічних параметрів ВГ, параметрів токсичності та димності ВГ на МВС буде предметом подальших досліджень.

Її буде розроблено за рекомендаціями з джерел [1, 9 – 11].

Дослідження, для яких розроблено модернізовану випускную систему МВС описано у [3] і покладені в основу дослідження [10].

Параметри ЗВТ стенду зведені у таблицю 1, дані у якій взято з джерел [3, 12 – 21].



Рис. 2 – Модернізована випускная система МВС, обладнана МВ і системою відбору проб ВГ на токсичність і димність

Висновки. У даному дослідженні розглянуто пристрій, склад і особливості системи відбору проб ВГ на токсичність і димність МВС відділу ПЕУ ІПМаш НАНУ як метрологічної системи.

У подальших дослідженнях буде розроблена та описана методика визначення похибок прямого і непрямого вимірювань режимних параметрів роботи дизеля, газодинамічних параметрів ВГ, параметрів токсичності та димності ВГ на МВС.

Список літературних джерел

1. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. – Л.: Энергия, 1978. – 262 с.
2. Вамболь С.О. Стендові випробування автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 за стандартизованими циклами для визначення ефективності роботи ФТЧ / С.О. Вамболь, О.П. Строков, О.М. Кондратенко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2014. – № 10 (1053). – С. 11 – 18.
3. Разработка малозатратной технологии и автоматизированной системы очистки отработавших газов дизеля от твердых частиц. Отчет о НИР (заключительный) [Текст] / ИПМаш НАНУ; рук. А.П. Строков. – № ГР 0111U001762. – Харьков, 2011 – 2012. – 131 с.
4. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – М. Издательство стандартов, 1988. – 78 с.
5. ГОСТ 14846-87. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 42 с.
6. Regulation № 49. Revision 5. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positive-ignition (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 Economics Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. – E/ECE/TRANS/505. – 4 May 2011. – 194 p.

7. Regulation № 96. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with the regard to the emissions of pollutants by the engine. Geneva, 1995. – 109 p.

8. Кондратенко О.М. Зниження викиду твердих частинок транспортних дизелів, що перебувають в експлуатації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки» [Текст] / Олександр Миколайович Кондратенко. – Харків, 2013. – 20 с.

9. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2005, IDT): ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. – [Чинний від 2007-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. – VI, 26 с. – (Національний стандарт України).

10. Александровская Л.Н. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем / Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. М. Шолом. – М.: Логос, 2002. – 748 с.

11. Коробко А.І. Валідація випробувального обладнання / А.І. Коробко, В.С. Шеїн, Ю.А. Радченко, М.В. Плотникова // Матеріали II Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (8 квітня 2014 р.). – Вінниця: ВНТУ, 2014. – С. 4 – 5.

12. ГОСТ 18140-84. Манометры дифференциальные ГПС. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 16 с.

13. ТУ25-2021.003-88. Термометры ртутные стеклянные лабораторные. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 59 с.

14. Барометр-анероид БАММ-1. Паспорт Л82.832.001ПС.

15. ГОСТ 166-89. Штангенциркули. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 11 с.

16. ГОСТ 427-75. Линейки измерительные металлические. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 7 с.

17. ТУ 25.1894.003-90. Секундомеры механические. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 5 с.

18. ГОСТ 6616–94. Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 1994. – 11 с.

19. Прибор А565. Руководство по эксплуатации 0273РЭ.

20. Счетчик газа ротационный РГ-100. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

21. Частотомер электронно-счетный Ф5080. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, 1980. – 40 с.

Строков Олександр Петрович – д.т.н., професор, завідувач відділу поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування НАН України;

Мищенко Ігор Вікторович – к.т.н., доцент, доцент кафедри прикладної механіки факультету техногенно-екологічної безпеки Національного університету цивільного захисту України;

Кондратенко Олександр Миколайович – к.т.н., ст. викладач кафедри прикладної механіки факультету техногенно-екологічної безпеки Національного університету цивільного захисту України;

Бурменко Олександр Анатолійович – сержант сл. цивільного захисту, курсант.