

О. П. Строков¹
І. В. Міщенко²
А. Н. Кондратенко^{1,2}
О. А. Бурменко²

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

¹Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, Харків;

²Національний університет цивільного захисту України, Харків

Обґрунтовано актуальність дослідження метрологічних аспектів випробувань 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.

Ключові слова: стендові моторні дослідження, дизель, метрологія, цивільний захист, охорона праці, екологічна безпека.

Вступ

Загальновідомим є те, що як результат наукових досліджень в першу чергу очікують отримання нового інтелектуального продукту, який відрізняється науковою новизною і практичною цінністю. При цьому на цьому 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 званих «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 вимірювання не можуть бути виконані абсолютно точно, і завжди містять певну похибку. Потрібно тільки визначити її вірогідну 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 стенда (МВС) відділу поршневих енергоустановок (ПЕУ) Інституту проблем машинобудування імені А. М. Підгорного НАН України (ІПМаш НАНУ) для подальшого аналізу її як метрологічної системи [2].

Постановка задачі та її розв'язання

У відділі ПЕУ ІПМаш НАНУ розроблено модульний фільтр твердих частинок (ФТЧ) дизеля нової конструкції з насипкою з природного цеоліту в сітчастих касетах — ФТЧ ІПМаш. Декілька варіантів його конструкції виконані у вигляді діючих макетів фільтрувального елемента (ФЕ) ФТЧ ІПМаш. Їх робочі характеристики в реальних умовах експлуатації досліджені експериментально на моторному випробувальному стенді (МВС) відділу ПЕУ [2]. Стенд являє собою складну систему взаємопов'язаних енергетичних установок, його будова і особливості роботи описані в [3].

Для проведення стендових моторних досліджень ФТЧ ІПМаш випускну систему МВС модернізували шляхом доповнення її місцем установки експериментальних зразків ФТЧ ІПМаш (макетом-

утримувальною вставкою (МВ)), новими системами відбору проб ВГ на токсичність і димність та вимірювання газодинамічних параметрів потоку ВГ [2, 3].

Схема модернізованої випускної системи МВС показана 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.

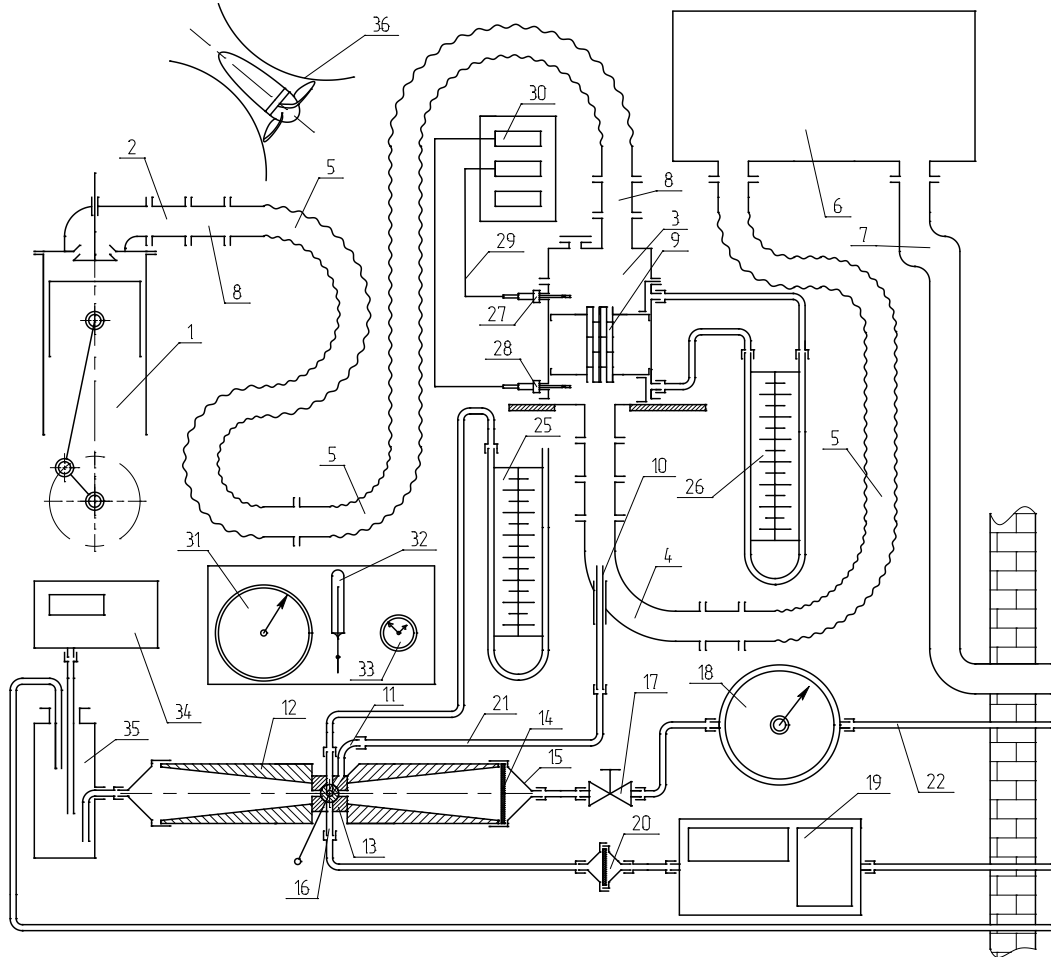


Рис. 1. Схема системи відбору проб ВГ моторного випробувального стенда:

1 — дизель 2Ч10,5/12; 2 — випускний колектор дизеля; 3 — макетотримуюча вставка; 4, 5, 21 — кутовий, гнучкий жароміцний, вивідний і з'єднувальний газопровід; 6 — глушник шуму випуску ВГ; 8 — перехідники; 9 — діючий макет ФЕ ФТЧ; 10 — пробовідбиральний зонд; 11, 12, 13, 15, 16 — вхідний штуцер, конус, чотириходовий 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

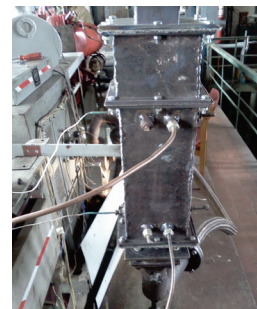
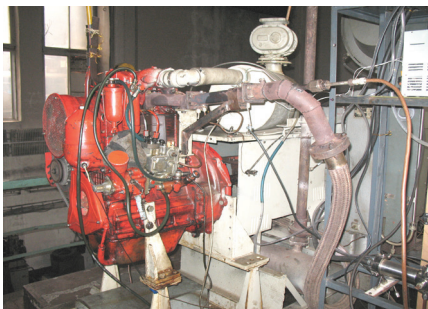


Рис. 2. Модернізована випускна система МВС, обладнана МВ і системою відбору проб ВГ на токсичність і димність: а — загальний вигляд; б — стояк з приладами; в — макетопідтримувальна вставка

Програми досліджень побудовані на основі стандартизованих випробувальних 13-ти і 8-ми режимних стаціонарних циклів, що являють 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].

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 стенда зведені у таблицю 1, [3, 12—21].

Таблиця 1

Засоби вимірювальної техніки та допоміжні пристрої моторного випробувального стенда 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, $n_{кв}$, $хв^{-1}$	0—5000 800—1800	Вимірювальний комплекс IDS-742 4/N чи відмітчик ВМТ і газоаналізатор п'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Крутний момент дизеля, $M_{кр}$, Н·м	0—250 0—120	Вимірювальний комплекс IDS-742 4/N з механічним ваговим динамометром
Час витрати навіски дизельного палива, t , с	0—10000 0—600	Ваги 1 кл. ВЛР-1 і навіска і електрогідролічний автоматичний клапан доливу палива і оптичний датчик і частотомір-хронометр Ф-5041
Об'ємні витрати повітря, $V_{пов}$, $м^3/год$	5—120 30—100	Лічильник газу РГ-100 і частотомір-хронометр Ф-5040
Перепад тиску повітря на впуску, $\Delta P_{вп}$, мм вод. ст.	0—1200 0—300	Дроселююча шайба і дифманометр типу ДМ
Перепад тиску ВГ на випуску, $\Delta P_{вип}$, мм вод. ст.	0—1500 0—300	Дифманометр типу ДМ
Температура ВГ, $t_{ог}$, °С	-50—1400 20—700	Прилад А566 і термopара типу ТХА
Температура моторної оливи, t_m , °С	-50—180 40—100	Датчик ТСМ100В і прилад А565 чи датчик і газоаналізатор п'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Температура палива, $t_{пал}$, °С	-50—180 10—40	Прилад А566, датчик 10011
Температура повітря на впуску, $t_{пов}$, °С	0—50 5—40	Ртутний термометр лабораторний ТЛ-4
Температура атмосферного повітря, t_0 , °С	0—50 0—35	Ртутний термометр лабораторний ТЛ-4
Атмосферний тиск, P_0 , кПа	80—106 90—104	Барометр-анероїд БАММ-1М
Вологість повітря відносна, ϕ_0 , %	0—100 0—100	Психрометр
Об'ємна концентрація у ВГ NO_x , C_{NO_x} , $млн^{-1}$	0—5000 0—3000	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Об'ємна концентрація у ВГ CO , C_{CO} , %	0—5 0—2	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Об'ємна концентрація у ВГ O_2 , C_{O_2} , %	0—21 0—10	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Об'ємна концентрація у ВГ CO_2 , C_{CO_2} , %	0—16 0—5	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Об'ємна концентрація у ВГ C_nH_m , C_{CH} , $млн^{-1}$	0—2000 0—150	П'ятикомпонентний Автотест-02.03П
Лінійні розміри експериментальних зразків, l , мм	0—500 1—250	Штангенциркуль ШЦ-1 і слюсарна лінійка
Час відбору проби, $\tau_{пр}$, с	0—60 15—50	Секундомір СОСпр-2а
Димність ВГ, коефіцієнт: ослаблення світлового потоку, N_D , %; поглинання світлового потоку, K , $м^{-1}$	0—100 10—75; 0— ∞ 0—5	Відбірник проб ВГ і фільтр у тримачі (алонжі) чи димомір ІИНФРАКАР-Д

Висновки

Розглянуто будову, склад і особливості системи відбору проб відпрацьованих газів на токсичність і димність моторного випробувального стенду 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 відпрацьованих газів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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» / Олександр Миколайович Кондратенко. — Харків, 2013. — 20 с.
9. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. (ISO/IEC 17025:2005, IDT) Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій [Текст]. — [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 // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : Матер. II Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (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. : Стандартиформ, 1994. — 11 с.
19. Прибор А 565. Руководство по эксплуатации 0273РЭ.
20. Счетчик газа ротационный РГ-100. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
21. Частотомер электронно-счетный Ф 5080. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, 1980. — 40 с.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 12.05.2015

Строков Олександр Петрович — д-р техн. наук, професор, завідувач відділом поршневих енергоустановок.

Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, Харків;

Кондратенко Олександр Миколайович — канд. техн. наук, старший викладач кафедри прикладної механіки; пров. інженер відділу поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, e-mail: kharkivjanun@i.ua;

Мищенко Ігор Вікторович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри прикладної механіки;

Бурменко Олександр Анатолійович — сержант служби цивільного захисту, курсант пожежної безпеки.

Національний університет цивільного захисту України, Харків.

O. P. Stokov¹
 I. V. Mishchenko²
 O. M. Kondratenko^{1,2}
 O. A. Burmenko²

System for taking samples of diesel exhaust gases of motor test bench as a object of metrological researches

¹A. M. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of the NAS of Ukraine, Kharkiv;

²National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv

There has been substantiated the urgency of the study of metrological aspects of research on the engine test bench. The features of construction, composition have been described, and a diagram of modernized system for taking samples of exhaust gases for obtaining their toxicity and smokiness and also characteristics of measuring instruments of the bench have been shown in the paper.

Keywords: motor bench research, diesel, metrology, civil protection, labor safety, ecological safety.

Stokov Oleksandr P. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Piston Power Plants;
Mishchenko Ihor V. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of Applied Mechanics of the Chair of Technogenic and Ecological Safety;
Kondratenko Oleksandr M. — Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecturer of the Chair of Applied Mechanics; Leading Engineer of the Department of Piston Power Plants, e-mail: kharkivjanyn@i.ua;
Burmenko Oleksandr A. — Sergeant of CDS, Cadet of Fire Safety

А. П. Строков¹
 И. В. Мищенко²
 А. Н. Кондратенко^{1,2}
 А. А. Бурменко²

Система отбора проб отработанных газов дизеля моторного испытательного стенда как объект метрологических исследований

¹Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков;

²Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

Обоснована актуальность исследования метрологических аспектов экспериментальных исследований на моторном испытательном стенде. Описаны особенности конструкции, состав и приведена схема модернизированной системы отбора проб отработавших газов на токсичность и дымность, а также приведены характеристики средств измерительной техники стенда.

Ключевые слова: стендовые моторные исследования, дизель, метрология, гражданская защита, охрана труда, экологическая безопасность.

Строков Александр Петрович — д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом поршневых энергоустановок;
Мищенко Игорь Викторович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры прикладной механики;
Кондратенко Александр Николаевич — канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры прикладной механики факультета техногенно-экологической безопасности, вед. инженер отдела поршневых энергоустановок, e-mail: kharkivjanyn@i.ua;
Бурменко Александр Анатолиевич — сержант службы гражданской защиты, курсант пожарной безопасности