

Вамболь С.О., д.т.н., професор
Дейнеко Н.В., к.т.н.
Національний університет цивільного захисту України
Кондратенко О.М., к.т.н.
Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

МОТОРНИЙ ВИПРОБУВАЛЬНИЙ СТЕНД ЯК ДЖЕРЕЛО ФАКТОРІВ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Обґрунтовано актуальність дослідження факторів виробничої, екологічної, пожежної та вибухової безпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді лабораторії відділу поршневих енергоустановок Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України. Описано особливості конструкції, склад і наведено схему стенда, що містить такі енергетичні установки: електричну навантажувальну машину фірми VSETIN з динамометром постійного струму типу DS 742/4-N, у складі якої є шафа управління типу VH 136, двомашинний агрегат (мотор-генератор) типу IDP 942-1 і пульт керування; автотракторний дизель Д21А; систему засобів вимірювальної техніки; трансмісію, фундаментну раму. Визначено, що доцільно виявляти й аналізувати ці фактори для окремих агрегатів стенда.

Ключові слова: *стендові моторні дослідження, дизель, фактори небезпеки, цивільний захист, охорона праці, екологічна безпека.*

Вамболь С.А., д.т.н., професор
Дейнеко Н.В., к.т.н.
Національний університет громадянської захисту України
Кондратенко А.Н., к.т.н.
Інститут проблем машиностроєння ім. А.Н. Подгорного НАН України

МОТОРНИЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД КАК ИСТОЧНИК ФАКТОРОВ ОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обоснована актуальність дослідження факторів виробничої, екологічної, пожежної та вибухової безпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді лабораторії відділу поршневих енергоустановок Інституту проблем машиностроєння ім. А.Н. Підгорного НАН України. Описано особливості конструкції, склад і наведено схему стенда, який складається з таких енергетичних установок: електрична навантажувальна машина фірми VSETIN з динамометром постійного струму типу DS 742/4-N, в складі якої є шафа управління типу VH 136, двомашинний агрегат (мотор-генератор) типу IDP 942-1 і пульт управління; автотракторний дизель Д21А1; систему засобів вимірювальної техніки; трансмісію, фундаментну раму. Визначено, що доцільно виявляти й аналізувати ці фактори для окремих агрегатів стенда.

Ключевые слова: *стендовые моторные исследования, дизель, факторы опасности, гражданская защита, охрана труда.*

MOTOR TEST BENCH AS A SOURCE OF DANGER FACTORS AT CARRYING OUT OF EXPERIMENTAL RESEARCHES

Laboratory of Piston Power Plants Department of A.M. Pidgorny Institute for Mechanical Engineering Problems of National Academy of Science of Ukraine equipped with engine test bench and autotractor diesel engine 2Ch10.5/12. In present paper substantiated urgency of the study of industrial, ecological, fire and explosion safety factors during carrying out of experimental researches on the engine test bench. Also the article describes the features of construction, composition of the bench and shows its diagram. It was concluded that the most appropriate strategy for solving the problem is identification and analysis of these factors for individual units (power plants) of the bench.

Engine test benches are unique products that have highly scientific capacity, energy concentration and variety of individual units operation principles. For these units, as well as for laboratory room, developed safety requirements at processes of work, measures and also developed means and their implementation.

However, scientific researches aimed a comprehensive and, most importantly, complex investigations of industrial, ecological, fire and explosion safety aspects of engine experimental studies carried out obviously not enough.

For this study, first of all, necessary to obtain input data concerning the list and values of such danger factors. These aspects of the subject of several studies, the first part of which is reflected in this article.

Bench consists of the following power plants: electric load machine of firm VSETIN which is composed of the direct current dynamometer type DS 742/4-N, control cabinet type VH 136, two-machine unit (motor-generator) type IDP 942-1 and control panel; autotractor diesel engine 2Ch10.5/12 (D21A1); system of measuring equipment; transmission; base steel frame on concrete fundament.

D21A1 is the autotractor naturally aspirated air-cooled four-stroke piston internal combustion engine with two in-line cylinders, internal mixture formation and compression ignition, traditional trunk axial crank mechanism. Its cylinder diameter is 105 mm, piston stroke – 120 mm, connecting rod length – 270 mm, working volume – 2.0 l, compression ratio – 16.5, nominal power (at maximum crankshaft speed 1800 min^{-1}) – 21.3 kW , maximum torque (at maximum crankshaft speed 1200 min^{-1}) – $111.16 \text{ N}\cdot\text{m}$, effective specific fuel consumption – $235 \text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$. It has undivided semi-spherical combustion chamber in piston, direct fuel injection, single-plunger high-pressure fuel pump of distributing type, hydro-mechanical fuel nozzles and all-regimes mechanical regulator. Its mass is 280 kg, overall dimensions – $693 \times 687 \times 855 \text{ mm}$. The engine has an electric starter. Diesel D21A1 made by Vladimir Tractor Plant and using for tractors, automotive chassis, selective agriculture combines, asphalt pavers, concrete pavers, mobile electric welding stations, water pumps, air compressors.

This study correlates with the subject of research of the Faculty of Technogenic and Ecological Safety of the National University of Civil Defense of Ukraine.

Keywords: motor bench researches, diesel, hazards, civil protection, labor safety.

Вступ. Як відомо, метою будь-яких наукових досліджень є створення нового інтелектуального продукту фундаментального чи прикладного характеру, що вирізняється науковою новизною і практичною цінністю. При цьому такий продукт на шляху від початкової ідеї до її втілення у вигляді впровадженого у серійне виробництво конкурентоспроможного виробу певного найменування обов'язково проходить стадію експериментальних досліджень його робочих характеристик. Остання обставина зумовлює потребу в розробленні відповідних програм і методик, проектуванні й виготовленні експериментальних зразків та створенні й удосконаленні відповідної матеріальної бази – стендів, установок, засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) та ін. Однак будь-які експериментальні дослідження об'єктів, що мають відношення до енергетичних установок, крім так званого мисленого експерименту, характеризуються тими чи іншими факторами небезпеки. Тому роботи, направлені на виявлення, аналіз та максимальне зниження або повне виключення факторів небезпеки, джерелами яких можуть бути експериментальні установки і стенди, є актуальними, оскільки здоров'я і життя дослідника – це цінності більш значно порядку, аніж нові наукові знання.

Аналіз останніх джерел досліджень та публікацій. У відділі поршневих енергоустановок (ПЕУ) Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України (ІПМаш НАНУ) розроблено модульний фільтр твердих частинок (ФТЧ) дизеля нової нетрадиційної конструкції з насипкою з природного цеоліту в сітчастих касетах [1, 4, 8]. Декілька варіантів його конструкції втілено у вигляді діючих макетів фільтрувального елемента (ФЕ) ФТЧ ІПМаш. Їх робочі характеристики у реальних умовах експлуатації досліджено на моторному випробувальному стенді (МВС) лабораторії відділу ПЕУ [1 – 4, 8]. Зовнішній вигляд МВС подано на рисунку 1, а його схему – на рисунку 2.

Метою дослідження є описання будови МВС для подальшого виявлення й аналізу факторів виробничої, екологічної, пожежної та вибухової безпеки проведення експериментальних моторних досліджень на ньому.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Як зазначено у вступі, моторні дослідницькі стенди є унікальними виробами, що вирізняються високою наукоємністю, енергонасиченістю та різноманіттю принципів роботи окремих агрегатів. Для цих агрегатів, як і для самого приміщення лабораторії, вироблено вимоги техніки безпеки при роботі та заходи і засоби їх реалізації. Проте науково-дослідницьких робіт, що мають на меті всебічне й, головне, комплексне дослідження аспектів виробничої, екологічної, пожежної та вибухової безпеки проведення експериментальних моторних досліджень, вочевидь виконується недостатньо. Для такого дослідження перш за все необхідні вихідні дані щодо переліку і значень факторів такої небезпеки. Цьому аспекту й присвячено серію досліджень, першу частину якого відображено у цій статті.

Основний матеріал і результати. МВС являє собою складну систему взаємопов'язаних енергетичних установок. Перелік та описання установок подано далі.

1) Стенд має електричну навантажувальну машину фірми VSETIN з динамометром постійного струму типу DS 742/4-N, у складі якої є шафа управління типу VH 136, двомашинний агрегат (мотор-генератор) типу IDP 942-1 і пульт керування [2].

2) На МВС встановлено автотракторний дизель 2Ч10,5/12 (Д21А1) [3] як об'єкт дослідження (див. рисунок 3). У випадку дослідження робочих характеристик ФТЧ ІПМаш дизель є генератором аерозолію твердих частинок у відпрацьованих газах.

Коротка характеристика дизеля така. Д21А1 – це автотракторний безнаддувний двоциліндровий рядний чотиритактний двоклапанний поршневий двигун внутрішнього згоряння із внутрішнім сумішоутворенням та займанням від стискування, з традиційним тронковим аксіальним кривошипно-шатунним механізмом (КШМ), діаметром

циліндра 105 мм, ходом поршня 120 мм і довжиною шатуна 270 мм, з робочим об'ємом 2,0 л та ступенем стиску 16,5, номінальною потужністю (при 1800 хв⁻¹) 21⁻³ кВт і максимальним крутним моментом (при 1200 хв⁻¹) 111⁻¹⁶ Н·м, питомими ефективними витратами палива 235 г/(кВт·год), повітряного охолодження, з нерозділеною напівсферичною камерою згоряння у поршні й безпосереднім упорскуванням палива, одноплунжерним паливним насосом високого тиску розподільного типу, гідромеханічними форсунками та всережимним механічним регулятором, масою 280 кг і з габаритними розмірами 693 × 687 × 855 мм, з пуском від електростартера. Дизель вироблено на Володимирському тракторному заводі. Він застосовується на тракторах, самохідних шасі й селекційних комбайнах, асфальто- і бетоноукладачах, пересувних електрозварювальних, водонасосних й повітрокомпресорних станціях.

3) Система ЗВТ стенда, що містить датчики, прилади та інформаційні канали, які надають інформацію щодо регульованих і режимних параметрів роботи дизеля, навантажувальної машини й інших агрегатів стенда та їх контролюють [4].

4) Дизель і навантажувальна машина встановлені на зварній сталевій фундаментній рамі, що спирається на бетонну основу.

5) Трансмісія стенда, яка сполучає шліцьовим валом з карданними шарнірами маховик дизеля і фланець мотор-генератора, закритий захисним кожухом.

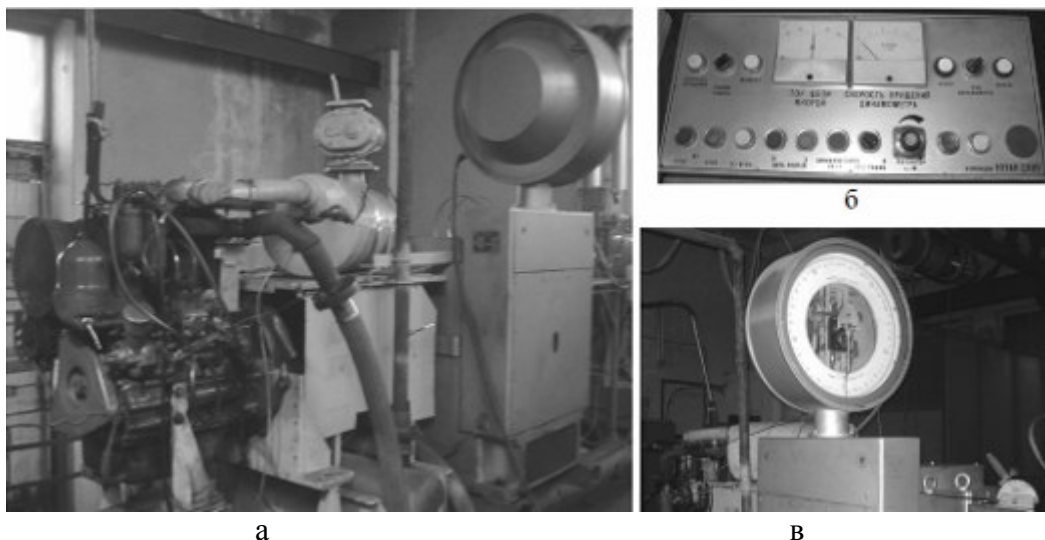


Рисунок 1 – Моторний випробувальний стенд:
а – загальний вигляд стенда; б – пульт керування стендом;
в – навантажувальна машина з динамометром

Усі перелічені структурні складові МВС характеризуються певним набором факторів виробничої, екологічної, пожежної та вибухової небезпеки. Випробування на стенді здійснюються відповідно до програм і методик відділу ПЕУ ІПМаш НАНУ, а також положень стандартів [5, 6]. Програми досліджень побудовано на основі стандартизованих випробувальних 13- та 8-режимних циклів, що являють собою моделі експлуатації автомобільних і тракторних дизелів відповідно та описані у Правилах ЄЕК ООН № 49 і № 96. Їх адаптовано до можливостей матеріальної бази лабораторії відділу ПЕУ, особливості адаптації описано у роботі [1]. Для забезпечення проведення стендових моторних досліджень ФТЧ ІПМаш випускну систему МВС модернізовано шляхом доповнення її місцем установа експериментальних зразків (макетоутримувальною вставкою – МВ), новими системами відбору проб вихлопних газів (ВГ) на токсичність і димність та вимірювання газодинамічних параметрів потоку ВГ. Схему модернізованої випускної системи МВС наведено у роботах [1, 4].

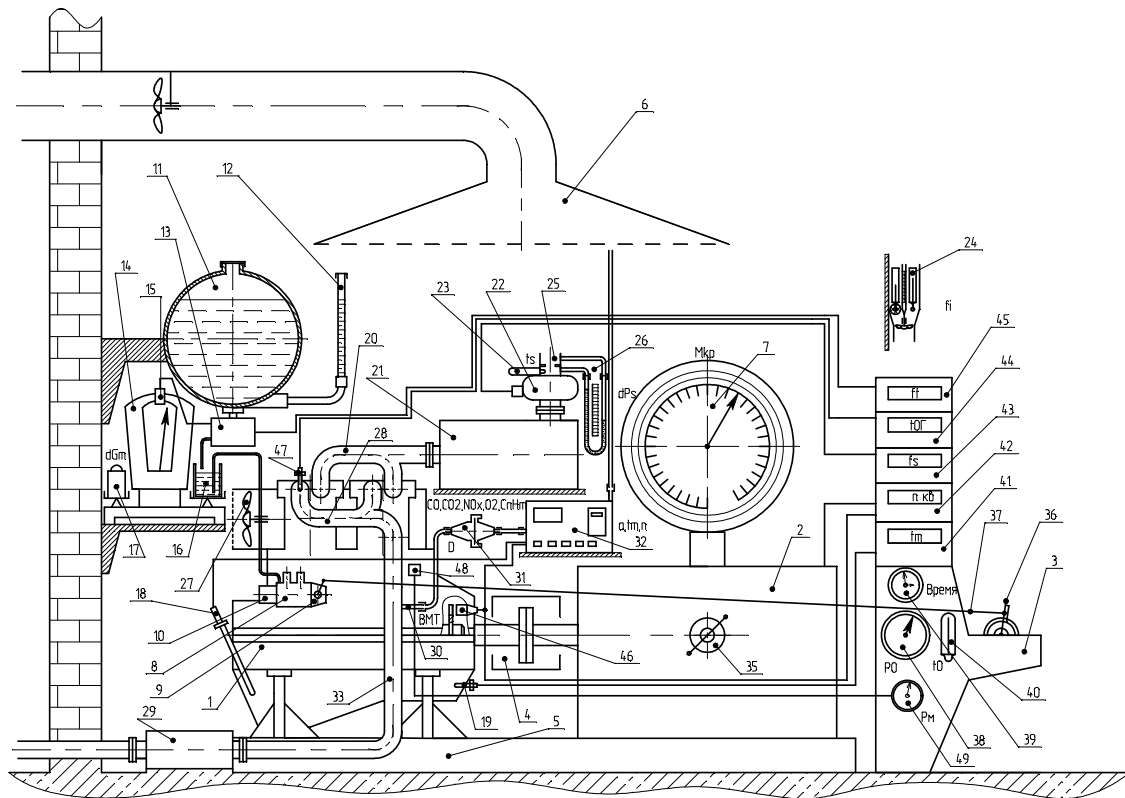


Рисунок 2 – Схема моторного випробувального стенда:

- | | |
|---|---|
| 1 – дизель Д21А1; | 23, 40 – термометр ТЛ-4 №2 (0 – 50 °С); |
| 2 – навантажувальна машина (мотор-генератор ІРР 924-4); | 24 – психрометр; |
| 3 – пульт керування; | 25 – дросельна шайба вимірювача витрат повітря на впуску; |
| 4 – карданний вал із захисним кожухом; | 26, 34 – диференційний U-подібний манометр ДМ; |
| 5 – фундаментна рама; | 27 – вентилятор системи охолодження дизеля; |
| 6 – витяжна вентиляція; | 28 – випускний колектор; |
| 7 – динамометр DS 742-4/N; | 29 – глушник шуму ВГ; |
| 8 – паливний насос високого тиску; | 30 – відбірник проб ВГ на токсичність; |
| 9 – всережимний регулятор частоти обертання колінчастого вала; | 31 – тримач фільтра для визначення димності ВГ; |
| 10 – муфта зміни кута випередження впорскування; | 32 – газоаналізатор п'ятикомпонентний Автотест-02.03П; |
| 11 – бак паливний; | 33 – випускний тракт; |
| 12 – указівник рівня палива у баку; | 35 – від'єднувальна муфта навантажувальної машини; |
| 13 – електрогідравлічний автоматичний клапан доливання палива; | 36, 37 – ручка і канат керування; |
| 14 – ваги лабораторні 2-го кл. ВЛР-200; | 38 – барометр-анероїд БАММ-1М; |
| 15 – оптичний датчик; | 39 – таймер; |
| 16 – витратна місткість вимірювача витрат палива; | 41 – прилад А-565; |
| 17 – навіска (еталонна вага); | 42, 43, 45 – частотомір-хронометр Ф-5040 чи Ф-5041; |
| 18 – щуп-масломір чи датчик температури масла у піддоні дизеля; | 44 – прилад А-566; |
| 19 – датчик температури масла у піддоні дизеля ТМ100В; | 46 – відмітчик ВМТ; |
| 20 – випускний колектор; | 47 – термометр опору ТСМ; |
| 21 – впускний ресивер; | 48 – датчик тиску масла; |
| 22 – лічильник газу ротаційний РГ-100; | 49 – манометр МО |

Фактори небезпеки досліджень МВС доцільно розглянути для агрегатів МВС окремо один від одного, що і буде предметом подальших досліджень [7].

МВС з модернізованою випускною системою використовувався для досліджень у роботах [4, 8]. Попередні їх результати наведено у роботах [9 – 13].

Фактори небезпеки, джерелом яких є трансмісія стенда, докладно описано і проаналізовано у роботі [14].

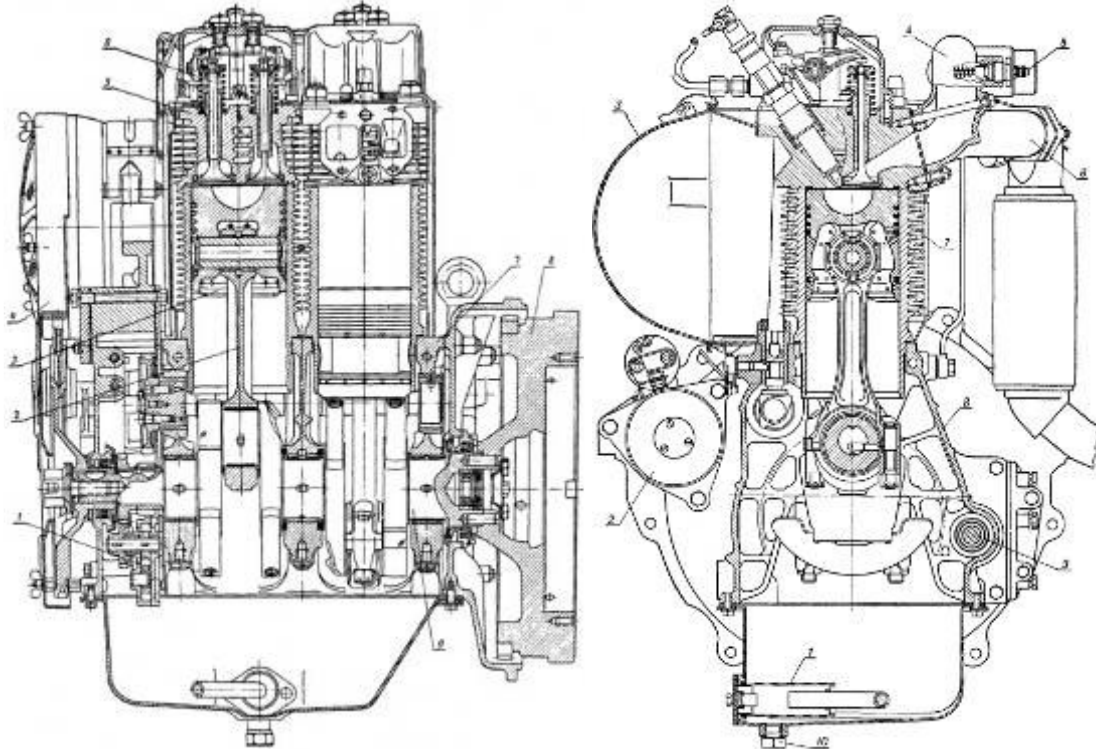


Рисунок 3 – Дизель Д21А1 (2С10,5/12) – поздовжній і поперечний переріз

Стенд як унікальний виріб являє собою достатньо складний об'єкт метрологічних досліджень. У роботі [15] ці його особливості проаналізовано.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У дослідженні розглянуто будову, склад і особливості моторного випробувального стенда лабораторії відділу ПЕУ ІПМаш НАНУ як джерела факторів виробничої, екологічної, пожежної та вибухової небезпеки. У подальших дослідженнях буде виявлено і проаналізовано вказані вище фактори небезпеки для окремих агрегатів стенда: навантажувальної машини, трансмісії, засобів вимірювальної техніки, дизеля 2С10,5/12 та експериментальних зразків ФТЧ ІПМаш. Також буде наведено перелік заходів щодо забезпечення виробничої, екологічної, пожежної й вибухової безпеки досліджень на стенді.

Література

1. Вамболь С. О. Стендові випробування автотракторного дизеля 2С10,5/12 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. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 10 (1053). – С. 11 – 18.
2. Измерительный комплекс IDS-742 4/N. Руководство по эксплуатации РР 478 и РР 932. – 20 с.
3. Дизели с воздушным охлаждением Владимирского тракторного завода / В. В. Эфрос [и др.]. – М. : Машиностроение, 1976. – 277 с.

4. Разработка малозатратной технологии и автоматизированной системы очистки отработавших газов дизеля от твёрдых частиц: отчет о НИР / ИПМаш НАНУ; рук. А.П. Строков. – № ГР 0111U001762. – Х. : ИПМаш НАНУ, 2011 – 2012. – 131 с.
5. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 78 с.
6. ГОСТ 14846-87. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М. : Издательство стандартов, 1987. – 42 с.
7. Грибан В.Г. Охорона праці: навч. посібник / В. Г. Грибан, О. В. Негодченко. – К. : Центр навчальної літератури, 2009. – 280 с.
8. Кондратенко А. Н. Снижение выброса твёрдых частиц транспортных дизелей, находящихся в эксплуатации: дис. кандидата техн. наук: 05.05.03 «Двигатели и энергетические установки» / Александр Николаевич Кондратенко. – Х. : Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, 2013. – 288 с.
9. Кондратенко О. М. Факторы небезпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді. Дизель 2Ч10,5/12 / О.М. Кондратенко, Д. О. Плужніченко, К. Ю. Мусієнко // Сучасні проблеми машинобудування: тези доповідей конф. молодих вчених та спеціалістів, присвяч. 115-річчю з дня народж. акад. НАН України А. П. Філіппова. – Х. : ИПМаш НАНУ, 2014. – С. 36.
10. Кондратенко О. М. Факторы небезпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді. Навантажувальній пристрій / О. М. Кондратенко, О. В. Єжелій, К. В. Семянніков // Сучасні проблеми машинобудування: тези доповідей конф. молодих вчених та спеціалістів, присвяч. 115-річчю з дня народж. акад. НАН України А.П. Філіппова. – Х. : ИПМаш НАНУ, 2014. – С. 34.
11. Кондратенко О. М. Факторы небезпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді. ФТЧ ИПМаш / О. М. Кондратенко, Ю. В. Маложон, О. І. Філіпов // Сучасні проблеми машинобудування: тези доповідей конф. молодих вчених та спеціалістів, присвяч. 115-річчю з дня народж. акад. НАН України А.П. Філіппова. – Х. : ИПМаш НАНУ, 2014. – С. 35.
12. Кондратенко О. М. Факторы небезпеки експериментальних досліджень на моторному випробувальному стенді. Засоби виміральної техніки / О. М. Кондратенко, Н. В. Хохлова, Д.І. Жигер // Матеріали VI Міжн. наук.-практ. конф. «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій». – Черкаси : ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2014. – С 334 – 335.
13. Моторний випробувальний стенд як джерело факторів небезпеки експериментальних досліджень [Електронний ресурс] / С. О. Вамболь, О. П. Строков, О. М. Кондратенко, Н. В. Хохлова, Г. С. Стельмах // Матеріали III Міжнародної науково-технічної Інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту». – Вінниця : ВНТУ, 2015. – С. 38 – 41. – Режим доступу: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2015.pdf>
14. Система відбору проб відпрацьованих газів дизеля моторного випробувального стенду як об'єкт метрологічних досліджень / О. П. Строков, І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко, О. А. Бурменко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – № 4. – С. 113 – 117.
15. Кондратенко А. Н. Факторы опасности экспериментальных исследований на моторном испытательном стенде. Ч. 1 [Электронный ресурс] / А. Н. Кондратенко, С. А. Вамболь, А. С. Стельмах // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – М.: АГПС МЧС РФ, 2015 – Вып. 2 (60). – С. 1 – 6. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-2>, <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-2/09-02-15.ttb.pdf>

© Вамболь С.О., Кондратенко О.М., Дейнеко Н.В.
Надійшла до редакції 1.12.2015 р.