

УДК 629.4; 621.436

## МОДЕЛЬ ВИБОРУ СТЕНДУ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ДИЗЕЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Фалендиш А.П., Гатченко В.О., Клецька О.В., Сулежко Д.Е.

## MODEL OF STAND SELECTION FOR ECOLOGICAL-ENERGY TESTS OF DIESEL ROLLING STOCK

Falendysh A., Hatchenko V., Kletska O., Sulezhko D.

*У статті розглянуті основні проблеми діяльності залізничного транспорту з дизельною тягою. Проаналізовані випробувальні лабораторії та дослідження, щодо оцінки еколого-енергетичних показників роботи двигунів внутрішнього згорання. Проведений аналіз ринку випробувальних стендів, газоаналізаторів та димомірів. Визначені головні критерії вибору стенду та приладів вимірювання. Розроблена модель вибору випробувального стенду, газоаналізатору та димоміру за певним критерієм для проведення еколого-енергетичних випробувань.*

**Ключові слова:** еколого-енергетичне випробування, випробувальний стенд, газоаналізатор, димомір.

**Вступ.** Діяльність залізничного транспорту відіграє важливу роль у функціонуванні економіки держави. Проте, у процесі роботи залізниці також є негативні фактори, одним з яких є шкідливі викиди у атмосферу. Це пов'язане, насамперед, з переважною кількістю тягового рухомого складу з дизельною енергетичною установкою. Локомотивний парк маневрових тепловозів, режим роботи яких є найбільш нестабільним, є домінуючим джерелом забруднення. У зв'язку з цим, не втрачає актуальності проведення заходів щодо покращення екологічних та економічних показників роботи двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

Питанням покращення еколого-енергетичних показників дизельної тяги приділяється дуже велика увага не тільки залізницею, але й всіма підприємствами, робота яких певним чином пов'язана з використанням поршневих двигунів. Обґрунтування дієвості нових розробок, щодо підвищення еколого-енергетичних показників, повинне бути підтверджено певними випробуваннями. Ці випробування виконують випробувальні лабораторії, які мають спеціальні стенди та прилади, що здатні надати необхідні параметри, на основі яких можна зробити оцінку впливу на роботу ДВЗ певних змін.

**Постановка проблеми.** Для вибору оптимального варіанту проведення випробувань по виміру шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ), потужності ДВЗ та витрат палива, необхідно провести детальний аналіз існуючих на сьогодні методів та розробити відповідну методологію проведення еколого-енергетичних випробувань дизельного рухомого складу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Еколого-енергетичні випробування ДВЗ, в основному, проводяться у спеціальних випробувальних лабораторіях, що мають необхідні стенди, газоаналізatori, димоміри тощо. На території України існує достатня кількість лабораторій, де проводяться дослідження щодо покращення екологічних та економічних показників двигунів.

Так, у випробувальній лабораторії Науково-дослідного та проектно-конструкторського інституту «Молнія» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» виконувались дослідження [1,2] щодо формування на поверхні поршня каталітичного покриття, яке призведе до більш повного згорання палива і, як наслідок, покращення еколого-енергетичних показників ДВЗ. Експериментальне дослідження впливу регулювання температурного стану поршнів [3] показало, що відключення струминного охолодження поршнів позитивно впливає на еколого-економічні показники двигуна, навіть при керуванні кутом випередження подачі палива. Результат випробування дизельного двигуна [4], при додаванні у паливо 1-2% водню, показав на підвищення паливної економічності на 2-6%, за рахунок компенсації негативного впливу підвищення температури повітря, що подається у циліндри.

Експериментальне дослідження [5], що проводилось на базі випробувально-діагностичної лабораторії Харківського Національного автомобільного університету, підтвердило

ефективність використання наносекундного розряду в якості ініціатора процесу займання в ДВЗ, що забезпечує зниження витрат палива при одночасному зниженні токсичності ВГ.

Питаннями покращення еколого-енергетичних показників ДВЗ також займаються: Випробувальна лабораторія рухомого складу Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна; Науково-дослідна лабораторія Національного транспортного університету; Випробувальний центр ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» та інші.

За межами України випробувальні лабораторії існують майже в усіх країнах, де певною мірою розвинута галузь промисловості, що пов'язана з використанням ДВЗ. До найбільш масштабних лабораторій можна віднести наступні: The Testing Institute «ISP» (Німеччина, Франція, Китай), «SGS» (Німеччина, Франція, Іспанія, США та ін.), «Intertek» (Німеччина, Італія, Франція та ін.), The School of Engineering and Materials Science (Англія) та ін. В цих лабораторіях, як і у вітчизняних, пріоритетними є питання покращення екологічних та економічних показників ДВЗ.

**Мета статті.** Метою статті є розробка моделі та визначення раціональної комплектації стенду для проведення еколого-енергетичних випробувань дизельних локомотивів.

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз досліджень ДВЗ показав на те, що найбільше уваги приділяється таким параметрам двигуна як потужність, витрата палива, вміст шкідливих речовин та димність ВГ. Таким чином, необхідно проаналізувати існуючі на сьогодні випробувальні стенди та прилади з визначення енергетичних та екологічних показників дизельного рухомого складу.

Розглянемо варіанти випробувальних стендів, що дають можливість отримати дані, щодо потужності та витрати палива ДВЗ.

Характеристики різних типів випробувальних стендів наведено в таблиці 1.

З таблиці 1 можна визначити головні критерії вибору випробувального стенду: вартість, час проведення випробувань та вага стенду. Значення цих критеріїв наведено у таблиці 2.

Другою групою показників, які необхідно визначити, є екологічні показники.

Таблиця 1

Технічні характеристики випробувальних стендів

Модель стенду	Контрольовані параметри	Максимальна потужність ДВЗ, кВт	Напруга електроживлення стенду, В	Габаритні розміри, мм	Вага, кг	Вартість, тис. долар США
КС276-03	Потужність; крутний момент; витрата палива; температура масла; температура охолоджуючої рідини.	110	380	3020x1010x1400	1230	95
КОПИС КСС-1000	Потужність; крутний момент; витрата палива; температура масла; температура охолоджуючої рідини та ін.	1000	380	6000x2000x2000	6200	180
КОПИС КСС-5000	Потужність; крутний момент; витрата палива; температура масла; температура охолоджуючої рідини та ін.	5000	380	6000x2000x2000	6200	270
ОТС-1	Потужність; крутний момент; витрата палива; температура масла; температура охолоджуючої рідини та ін.	110	380	6000x2000x2000	7000	110
ОТС-4	Потужність; крутний момент; витрата палива; температура масла; температура охолоджуючої рідини та ін.	800	380	6000x2000x2000	7000	265
ОТС-5	Потужність; крутний момент; витрата палива; температура масла; температура охолоджуючої рідини та ін.	1300	690	6000x2000x2000	7000	330

Таблиця 2

## Значення критеріїв вибору випробувального стенду

№	Модель стенду	Вартість, тис. дол. США	Час роботи, хв.	Вага, кг
1	КС276-03	95	20	1230
2	КОПИС КСС-1000	180	50	6200
3	КОПИС КСС-5000	270	50	6200
4	ОТС-1	110	40	7000
5	ОТС-4	265	40	7000
6	ОТС-5	330	40	7000

Серед шкідливих газів, що містять відпрацьовані гази ДВЗ є: діоксид сірки ( $SO_2$ ); оксид вуглецю ( $CO$ ); діоксид вуглецю ( $CO_2$ ); оксиди азоту ( $NO_x$ ); вуглеводні ( $C_nH_n$ ); сажа. Оксид вуглецю утворюється в результаті неповного згоряння вуглецю в пальному і складає 2-10% від всієї кількості викидів. Вуглеводні являють собою незгорілі складники палива, концентрація у викидах яких дорівнює 0,1-1,0%. Оксиди азоту, вміст яких складає 0,1-0,5%, утворюються при згорянні будь-яких видів палива, та у поєднанні з вуглеводнями утворюють небезпечні токсичні нітроолефіни [6].

Аналіз продуктів згоряння дає змогу отримати ряд важливих відомостей про робочий процес, зокрема:

- встановити кінцеві результати процесу згоряння та визначити величини хімічної та фізичної неповноти згоряння, втрати тепла з відпрацьованими газами та ін.;

- дослідити закономірності процесів сумішоутворення, газообміну та продувки;

- з'ясувати вплив різних факторів на протікання процесу згоряння палива з метою ефективного управління окремими стадіями цього процесу.

Методи газового аналізу також можуть бути корисними й при вирішенні інших питань, наприклад, при досліді окремих видів зносу деяких деталей двигуна, дієвості присадок до палива і мастила та ін.

Для вимірювання вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах існують спеціальні прилади – газоаналізатори. Залежно від конструкції, газоаналізатори можуть вимірювати один або декілька компонентів відпрацьованих газів (однокомпонентні і багатокомпонентні).

Характеристики різних типів газоаналізаторів наведено в таблиці 3.

При проведенні випробувань, щодо вмісту шкідливих речовин у ВГ, необхідно обирати газоаналізатор, який відповідає певним критеріям. До головних критеріїв слід віднести вартість приладу, час виконання виміру та вагу. Значення критеріїв кожної моделі газоаналізатору наведено у таблиці 4.

Важливим показником екологічності роботи двигуна внутрішнього згоряння також є рівень димності. Цей показник напряму залежить від кількості у ВГ твердих частинок – сажі. Саме сажа дає найбільшу частину шкідливих викидів у ВГ дизельних двигунів. При спалюванні одного кг дизельного палива виділяється 8-10 г сажі.

Визначення димності ВГ зазвичай доповнює результати газового аналізу, але має й самостійні значення, полегшуючи оцінку технічного стану робочого процесу двигуна.

Для визначення рівня димності ВГ ДВЗ використовується спеціальний прилад – димомір. Принцип роботи димоміра при контролі димності відпрацьованих газів полягає в тому, що вимірюється зниження інтенсивності спрямованого світлового потоку внаслідок поглинання і розсіювання світлового потоку частками диму у відпрацьованих газах.

Таблиця 3

## Технічні характеристики газоаналізаторів

Модель приладу	Вимірювані компоненти	Час на прогрів та аналіз, хв.	Напруга живлення, В	Споживана потужність не більше, Вт	Розміри, мм	Вага, кг	Вартість, долар США
АНКАТ-7664М	$O_2$ , $CO$ , $CO_2$ , $SO_2$ , $CH_4$ , $NO_x$ та інші	15+0,5	220	20	110x210x80	1,2	525
ГИАМ-29М-3	$O_2$ , $CO$ , $CO_2$ , $CH_4$ , $NO_x$	10+0,5	220	40	350x250x150	6	2530
Инфракар М-2	$O_2$ , $CO$ , $CO_2$ , $CH_4$	30+1	220	30	355x330x190	10	940
Инфралайт 11П	$O_2$ , $CO$ , $CO_2$ , $SO_2$ , $CH_4$ , $NO_x$	15+0,2	220	25	260x190x350	6	2350
МАГ-6 С	$O_2$ , $CO$ , $CO_2$ , $CH_4$	5+1	220	15	178x180x75	0,4	1400
ФСТ-03В	$O_2$ , $CO$ , $CO_2$ , $CH_4$ та інші	20+0,5	207-253	25	220x160x110	4,3	700
Altair 4X	$O_2$ , $CO$ , $CO_2$ , $SO_2$ , $NO_x$ та інші	5+0,5	220	5	112x76x35	0,25	1000
Premier 701A	$O_2$ , $CO$ , $CO_2$ , та інші	5+0,5	12/220	10	240x180x90	3	1800
Testo 330i	$O_2$ , $CO$ , $NO_x$	5+0,5	220	10	270x160x57	0,72	2700

Таблиця 4

## Значення головних критеріїв

Модель газоаналізатору	Вартість, дол. США	Час роботи, хв.	Вага приладу, кг
АНКАТ-7664М	525	15,5	1,2
ГИАМ-29М-3	2530	10,5	6
Инфракар М-2	940	31	10
Инфралайт 11П	2350	15,2	6
МАГ-6 С	1400	6	0,4
ФСТ-03В	700	20,5	4,3
Altair 4X	1000	5,5	0,25
Premier 701A	1800	5,5	3
Testo 330i	2700	5,5	0,72

Характеристики різних типів димомірів наведено в таблиці 5.

Проведення випробувань двигунів внутрішнього згоряння, з вимірів рівня димності ВГ, також потребує економічно-доцільного вибору димоміру. Головними критеріями вибору є вартість приладу, час проведення виміру та вага приладу.

Значення головних критеріїв димомірів наведено у таблиці 6.

Вимірювання шкідливих речовин і димності у ВГ нових (після побудови) тепловозів проводяться при приймальних, типових (при зміні конструкції, матеріалів і технологічного процесу, що впливають на викиди ВГ і димність), кваліфікаційних, сертифікаційних і періодичних випробуваннях.

Вимірювання шкідливих речовин і димності у ВГ експлуатованих тепловозів слід проводити після поточних ремонтів і після кожного ремонту (в тому числі аварійного) агрегатів, вузлів і систем тепловозів, що впливають на зміст і димність ВГ.

Перед початком вимірювань вмісту шкідливих речовин і димності у ВГ проводять обов'язковий контроль відповідності частоти обертання колінчастого вала дизеля і потужності (для тепловозів з електропередачею) тепловоза вимогам ТУ на тепловози конкретних типів на режимі повного навантаження і на одному з режимів часткового навантаження.

На пункті екологічного контролю газоаналізатори забезпечуються газовідбірним зондом і магістраллю, яка подає відпрацьовані гази до газоаналізатора. Перед початком вимірювань газоаналізатори прогриваються і перевіряються по зразковим газовим сумішам відповідно до інструкцій підприємств-виробників газоаналізаторів. Димомір прогривається і тарируется відповідно до інструкції з експлуатації підприємства-виробника.

До газоаналізаторів, газовідборних зондів і подаючих трубопроводів ставляться такі вимоги:

- газоаналізатори повинні мати показуючі або записуючі пристрої. Шкали газоаналізаторів повинні бути проградуировані в масових або об'ємних одиницях;

- вимірюваним компонентом газоаналізатора оксиду азоту повинна бути сума всіх оксидів азоту, крім закису азоту  $N_2O$ , сума всіх оксидів азоту виражається через еквівалентну об'ємну частку оксидів виду  $NO_x$ ;

Таблиця 5

## Технічні характеристики димомірів

Модель приладу	Діапазон виміру димності, %	Напруга живлення, В	Час, необхідний для прогріву та аналізу, хв.	Похибка вимірювань, %	Автономність	Споживана потужність не більше, Вт	Габаритні розміри, мм	Вага, кг	Вартість, долар США
МЕТА-01МП 0.2Т	0-100	12,6	10+5	0,5	Так	5	220x75x40	1,3	700
Инфракар Д 1-3.01	0-100	12/220	10+1	2,5	Так	40	355x220x220	6	740
СМОГ-1М	0-100	12/220	10+5	2	Так	20	365x195x70	3,8	645
ОМД-21	0-100	12/220	10+1	2	Так	25	235x380x90	4,5	800
АВГ-1Д-4.01	0-100	12/220	10+5	2	Так	40	355x220x220	6	600
МАНА MDO 2 LON	0-100	12/220	3+5	1	Так	35	550x245x240	13	500
RTM 430	0-100	12/220	4+5	2	Так	30	520x100x90	6	750

Таблиця 6

## Значення головних критеріїв димомірів

№	Модель димоміру	Вартість, дол. США	Час роботи, хв.	Вага приладу, кг
1	АВГ-1Д-4.01	600	10,5	6
2	Инфраклар Д 1-3.01	740	11	6
3	МЕТА-01МП 0.2Т	700	10,5	1,3
4	ОМД-21	800	11	4,5
5	СМОГ-1М	645	10,5	3,8
6	МАНА MDO 2 LON	500	3,5	13
7	RTM 430	750	4,5	6

- аналізуюча газова суміш повинна повністю відповідати за складом вимогам експлуатації газоаналізаторів, які вказані в паспортах на них;

- газоаналізатори і допоміжне обладнання повинні бути забезпечені комплектом технічної документації заводу-виготовлювача, який містить: паспорт; інструкцію з експлуатації; чинне свідоцтво про метрологічну атестацію; методику перевірки, розроблену заводом-виробником; діючий паспорт повірочних газових сумішей;

- для обов'язкової періодичної повірки та налагодження газоаналізаторів, вони повинні бути забезпечені перевірочними газовими сумішами;

- газоаналізатори повинні утримувати перевищення концентрації вимірюваних компонентів не менше 30 хвилин - 30%, і забезпечувати герметичність газового тракту при надмірному тиску не більше 800 мм. вод. ст. ;

- газовідбірний зонд необхідно розміщувати у вихлопній трубі тепловоза на глибині не менше 300 мм від її верхнього зрізу;

- прохідні перетини газовідбірного зонда і газопідвідні магістралі повинні забезпечувати умови роботи газоаналізаторів, які вказані в паспорті на них на будь-якому режимі випробування тепловозів;

- газовідбірний зонд і газопідвідна магістраль виготовляються з матеріалу, який не змінює хімічний склад аналізованих газів;

- система відбору і підготовки проб газоаналізаторів повинна забезпечувати нормальну безперебійну роботу під час випробувань тепловозних дизелів і повинна забезпечувати подачу проб відпрацьованих газів на відстань до 16 м.

Вимірювання показань газоаналізаторів і димоміра проводяться на кожному режимі не менше трьох разів з інтервалами в 1 хв. причому перше вимірювання проводиться не раніше ніж через 2 хв. після встановлення температурного стану дизеля на режимі випробувань.

Результати трьох вимірювань не повинні відрізнятися один від одного більш ніж на 10%. За

результат вимірювань приймають середньоарифметичне значення трьох вимірів.

Результати вимірювань шкідливих речовин і димності у ВГ заносять в протоколи випробувань, які слід додавати до інструкцій заводу-виробника тепловозів і експлуатуючих організацій.

Крім результатів вимірювань вмісту шкідливих речовин і димності ВГ тепловозів на кожному режимі, в протоколи випробувань можуть бути занесені:

- тип і номер тепловоза;
- модель і номер дизеля або дизель-генератора;
- дата випробувань;
- вид випробувань;
- тип і марка газоаналізаторів і димоміра;
- зміст визначених компонентів в зразкових газових сумішах;
- відмітка про перевірку газоаналізаторів по зразковим газовим сумішам;
- відмітка про тарировку димоміра;
- частота обертання колінчастого валу.

Для вибору оптимального варіанту проведення випробувань ДВЗ щодо вимірів потужності, витрат палива, концентрації шкідливих речовин та димності у ВГ слід орієнтуватися на головні критерії вибору випробувальних стендів, газоаналізаторів та димомірів, до яких відносяться: вартість, час проведення вимірів та вага.

Кожний випробувальний стенд, газоаналізатор та димомір мають свій шифр:  $C_n$ ,  $G_n$  та  $D_n$  відповідно.

На основі інформації таблиць 2, 4, 6, для кожної моделі пристрою слід визначити чотири коефіцієнти: коефіцієнт ціни –  $K_u$ , коефіцієнт часу –  $K_v$ , коефіцієнт ваги –  $K_g$  та загальний коефіцієнт –  $K_z$ .

Наприклад, значення коефіцієнту ціни ( $K_u$ ) для випробувальних стендів ( $C_1-C_6$ ) буде складати:

$$K_u C_n = \frac{Ц(C_n)}{\sum_{n=1}^6 Ц(C_n)} \cdot 0,01 \quad (1)$$

де  $Ц(C_n)$  – вартість конкретної моделі стенду;

$\sum_{n=1}^6 Ц(C_n)$  – сумарна вартість всіх порівнювальних

моделей стендів.

Наприклад, за формулою 1, коефіцієнт ціни  $K_u$  для випробувального стенду  $C_1$  (КС276-03) буде дорівнювати:

$$K_u C_1 = \frac{95000}{1250000 \cdot 0,01} = 7,6.$$

За таким принципом виконуються розрахунки коефіцієнтів для критеріїв всіх порівнювальних моделей стендів та приладів. Результати розрахунку коефіцієнтів для випробувальних стендів, газоаналізаторів та димомірів наведено у таблиці 7.

Таблиця 7

Результати розрахунку коефіцієнтів					
Випробувальні стенди					
Шифр	Модель стенду	$K_u$	$K_v$	$K_g$	$K_z$
$C_1$	КС276-03	7,6	8,33	3,55	19,48
$C_2$	КОПИС КСС-1000	14,4	20,83	17,91	53,14
$C_3$	КОПИС КСС-5000	21,6	20,83	17,91	60,34
$C_4$	ОТС-1	8,8	16,67	20,21	45,68
$C_5$	ОТС-4	21,2	16,67	20,21	58,08
$C_6$	ОТС-5	26,4	16,67	20,21	63,28
Газоаналізатори					
Шифр	Модель газоаналізатору	$K_u$	$K_v$	$K_g$	$K_z$
$\Gamma_1$	АНКАТ-7664М	3,77	13,46	3,77	21
$\Gamma_2$	ГИАМ-29М-3	18,14	9,12	18,83	46,09
$\Gamma_3$	Инфракар М-2	6,74	26,91	31,37	65,02
$\Gamma_4$	Инфралайт 11П	16,85	13,19	18,83	48,87
$\Gamma_5$	МАГ-6 С	10,04	5,21	1,26	16,51
$\Gamma_6$	ФСТ-03В	5,02	17,8	13,49	36,31
$\Gamma_7$	Altair 4X	7,17	4,77	0,78	12,72
$\Gamma_8$	Premier 701A	12,91	4,77	9,41	27,09
$\Gamma_9$	Testo 330i	19,36	4,77	2,26	26,39
Димоміри					
Шифр	Модель димоміру	$K_u$	$K_v$	$K_g$	$K_z$
$D_1$	АВГ-1Д-4.01	12,67	17,07	14,78	44,52
$D_2$	Инфракар Д 1-3.01	15,63	17,89	14,78	48,3
$D_3$	МЕТА-01МП 0.2Т	14,78	17,07	3,2	35,05
$D_4$	ОМД-21	16,9	17,89	11,08	45,87
$D_5$	СМОГ-1М	13,62	17,07	9,36	40,05
$D_6$	МАНА MDO 2 LON	10,56	5,69	32,02	48,27
$D_7$	RTM 430	15,84	7,32	14,78	37,94

Оптимальним поєднанням пристроїв за певним критерієм стане умова, коли результуючий коефіцієнт буде приймати мінімальне значення, тобто

$$K_p = \lambda_c \cdot K_n(C_n) + \lambda_z \cdot K_n(\Gamma_n) + \lambda_d \cdot K_n(D_n) \Rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $\lambda_c, \lambda_z, \lambda_d$  - вагові коефіцієнти показників.

Таким чином, найбільш економним варіантом проведення еколого-енергетичних випробувань стане таке поєднання стендів та приладів: [ $C_1; \Gamma_1; D_6$ ] – випробувальний стенд КС276-03, газоаналізатор – АНКАТ-7664М та димомір МАНА MDO 2 LON.

Найбільш швидке проведення випробувань дозволить зробити поєднання [ $C_1; \Gamma_7(\Gamma_8, \Gamma_9); D_6$ ] – випробувальний стенд КС276-03, газоаналізатор – Altair 4X (Premier 701A, Testo 330i) та димомір МАНА MDO 2 LON.

За ваговим критерієм найбільш зручним варіантом стане поєднання [ $C_1; \Gamma_7; D_3$ ] – випробувальний стенд КС276-03, газоаналізатор – Altair 4X та димомір МЕТА-01МП 0.2Т.

Загальний коефіцієнт вказує на те, що оптимальним варіантом проведення еколого-енергетичних випробувань стане використання випробувального стенду КС276-03, газоаналізатору Altair 4X та димоміру МЕТА-01МП 0.2Т.

**Висновки.** Проведений аналіз випробувальних стендів та приладів показав на те, що сьогодні існує достатньо варіантів проведення випробувань двигунів внутрішнього згоряння. Для проведення випробувань з виміру шкідливих речовин у ВГ та димності, достатньо використовувати портативний газоаналізатор або димомір. Для проведення випробувань по виміру потужності та витрат палива, необхідно використовувати спеціальні випробувальні стенди.

Виконані розрахунки раціональних коефіцієнтів ціни, часу та ваги для кожної моделі випробувального стенду, газоаналізатору та димоміру

Зроблена модель вибору стенду для проведення еколого-енергетичних випробувань рухомого складу з дизельною тягою.

В подальшому необхідно проводити періодичні моніторинги ринку випробувальних стендів та приладів, на предмет появи нових або модернізації існуючих.

#### Література

1. Парсаданов І.В. Підвищення екологічності дизелів шляхом внутрішньоциліндрової нейтралізації токсичних речовин відпрацьованих газів / І.В. Парсаданов, М.Д. Сахненко, В.О. Хижняк, Г.В.

- Каракуркчі / Двигатели внутреннего сгорания: сб. ст. НТУ «ХПИ». – 2016. – Вып. 2. – С. 63–67.
2. Ведь М.В. Организация рабочего процесса в камере сгорания ДВС в присутствии каталитических материалов / М.В. Ведь, Н.Д. Сахненко, Е.В. Богоявленская / Двигатели внутреннего сгорания: сб. ст. НТУ «ХПИ». – 2013. – Вып. 2. – С. 109–111.
  3. Клименко О.М. Експериментальне дослідження можливості покращення еколого-економічних показників та надійності транспортного дизеля / О.М. Клименко, В.О. Пильов, С.В. Обозний, О.М. Ломакін / Двигатели внутреннего сгорания: сб. ст. НТУ «ХПИ». – 2015. – Вып. 2. – С. 35–41.
  4. Сирота А.А. Повышение экономичности судовых ДВС путем использования водорода в качестве добавок к топливу / А.А. Сирота / Двигатели внутреннего сгорания: сб. ст. НТУ «ХПИ». – 2006. – Вып. 1. – С. 63–67.
  5. Тропина А.А. Снижение токсичности двигателей путем совершенствования процесса воспламенения / А.А. Тропина, А.П. Кузьменко, В.И. Стаценко, Г.В. Майстранко / Автомобильный транспорт. – 2009. – Вып. 24. – С. 50–56.
  6. Приміський І.В. Нормування викидів відпрацьованих газів автомобілів та перехід до стандартів Євро / І.В. Приміський / Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Вып. 4. – С. 43–49.
  7. Фалендиш А.П. Аналіз підходів до розрахунку викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами дизелів тепловозів / А.П. Фалендиш, В.О. Гатченко, О.В. Клецька / Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2017. – Вып. 3. – С. 228–233.
  8. Фалендиш А.П. Аналіз нормативних вимог, щодо визначення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних двигунів внутрішнього згоряння / А.П. Фалендиш, В.О. Гатченко, Ю.В. Черняк, О.В. Клецька / Зб. наук. праць ДЕТУТ. – 2016. – Вып. 29. – С. 235–247.
  9. Falendysh A. Software analysis for modeling the parameters of shunting locomotives chassis / Falendysh A., Volodarets M., Hatchenko V., Vykhopen I. / MATEC Web of Conferences. – 2017 – 116.
  10. ДСТУ 32.001-94. Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення. Чинний від 01.01.1995 р.
  11. ДСТУ 2501-94 Аналізатори газів для контролю викидів транспортних засобів. Загальні технічні вимоги і методи випробувань. – надано чинності 1994-05-25. – К.: Держспоживстандарт України, 1994.
  12. ДСТУ ГОСТ 30574-98. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Измерение выбросов вредных веществ с отработавшими газами. Циклы испытаний. – Введ. 2000-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 27 с.
  13. ДСТУ ГОСТ Р 50953-2008. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения. – Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 12 с.
  14. ДСТУ ГОСТ 31967 – 2012. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения. – Введ. 2014-07-01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 28 с.
- ### References
1. Parsadanov I.V. Improving the environmental performance of engines by intra-cylinder neutralization of toxic exhaust gases/ I.V. Parsadanov, M.D. Sakhnenko, V.O. Khyzhniak, G.V. Karakyrchi // Dvyguny vnutrishn`ogo zgorjannja. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2016. – Digest №2. – P. 63-67.
  2. Ved M.V. Organization of the working process in the combustion chamber of ice with a catalytic materials/ M.V. Ved, N.D. Sahnenko, E.V. Bogojavlenskaja // Dvyguny vnutrishn`ogo zgorjannja. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2013. – Digest №2. – P. 109-111.
  3. Klymenko O.M. Experimental study of the possibility of improvement ecological and economic indicators and reliability of transport diesel engines/ O.M. Klymenko, V.O. Pyl`ov, S.V. Oboznyi, O.M. Lomakin // Dvyguny vnutrishn`ogo zgorjannja. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2015. – Digest №2. – P. 35-41.
  4. Syrota A.A. Increasing the efficiency of marine ICE by using hydrogen as fuel additives/ A.A. Syrota // Dvyguny vnutrishn`ogo zgorjannja. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2006. – Digest №1. – P. 63-67.
  5. Tropina A.A. Reduction of engine toxicity by improving the ignition process/ A.A. Tropina, A.P. Kuzmenko, V.I. Statsenko, G.V. Majstranko / Avtomobil`nyy transport/ - 2009. – Digest №24. – P. 50-56.
  6. Prymyskij I.V. Ratio of exhaust emissions of cars and transition to Euro standards/ I.V. Prymyskij // Eastern European Journal of Advanced Technology. – 2014. – Digest №4. – P. 43-49.
  7. Falendysh A.P. The analysis of approaches to the calculation of emissions from the exhaust gases of diesel locomotives/ A.P. Falendysh, V.O. Hatchenko, O.V. Kletska // Visnyk Shkhidnoukrayins`okoho natsional`noho universytetu imeni Volodymyra Dalya. – Severodonetsk: SNU imeni V. Dalya, 2017. – Digest №3. – P. 228-233.
  8. Falendysh A.P. The analysis of regulatory requirements for determining the emission of pollutants from exhaust gases from engines internal combustion diesel locomotives/ A.P. Falendysh, V.O. Hatchenko, Y.V. Cherniak, O.V. Kletska // Collection of scientific articles. – Kyiv: DETUT, 2016. - Digest №29. – P. 235-247.
  9. Falendysh A. Software analysis for modeling the parameters of shunting locomotives chassis / Falendysh A., Volodarets M., Hatchenko V., Vykhopen I. // MATEC Web of Conferences. – 2017 – P. 116.
  10. DSTU 32.001-94. Emissions of pollutants from exhaust gases diesel locomotive engines. Norms and determination methods. Kyiv, Derzhpozhyvstandard Ukrainy Publ., 1995. 22p.
  11. DSTU 2501-94. Gas analyzers for monitoring of vehicle emissions. General technical requirements and test methods. Kyiv, Derzhpozhyvstandard Ukrainy Publ., 1994. 18p.
  12. DSTU GOST 30574-98. Diesel ships, diesel and industrial. Measurement of emissions of harmful substances with exhaust gases. Cycles of tests. Moscow, Izdatel`stvo standartov, 2000. 27p.
  13. DSTU GOST 50953-2008. Emissions of harmful substances and smoke of exhaust gases of main and maneuvering locomotives. The norms and methods for determining. Moscow, Standartinform, 2008. 12p.
  14. DSTU GOST 31967-2008. Engines of internal combustion. Emissions of harmful substances with exhaust gases. Norms and methods of determination. Moscow, Standartinform, 2014. 28p.

**Фалендыш А.П., Гатченко В.О., Клецкая О.В., Сулежко Д.Э. Модель выбора стенда для проведения эколого-энергетических испытаний дизельного подвижного состава.**

*В статье рассмотрены основные проблемы деятельности железнодорожного транспорта с дизельной тягой. Проанализированы испытательные лаборатории и исследования относительно эколого-энергетических показателей работы двигателей внутреннего сгорания. Проведен анализ рынка испытательных стендов, газоанализаторов и дымомеров. Определены главные критерии выбора стенда и прибора. Разработана модель выбора испытательного стенда, газоанализатора и дымомера по определенному критерию для проведения эколого-энергетических испытаний.*

**Ключевые слова:** эколого-энергетическое испытание, испытательный стенд, газоанализатор, дымомер.

**Falendysh A., Hatchenko V., Kletska O., Sulezhko D. Model of stand selection for ecological-energy tests of diesel rolling stock.**

*The main problems of railway transport with diesel traction are considered. Recent studies on the environmental and energy performance of diesel engines are analyzed. Some of the main testing laboratories of Ukraine are determined. The analysis of the market of test benches, gas analyzers and smokemeters is carried out. The tables with the most important technical parameters of the stands and instruments are made. The main criteria for choosing the stand and the*

*device are determined. The coefficients for each criterion of each model of the device are calculated. A model for selecting a test bench, gas analyzer and smokemeters for environmental and energy testing has been developed. A combination of models of stands, gas analyzers and smokemeters for carrying out the most economical, fastest or most convenient test is determined. The total coefficient, which determines the optimal version of the internal combustion engine test is calculated. Recommendations for further improvement of the stand selection model for carrying out environmental and energy tests of rolling stock with diesel traction are given.*

**Keywords:** environmental and energy test, test bench, gas analyzer, smokemeter.

**Фалендиш А.П.** – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни», Українського державного університету залізничного транспорту.

**Гатченко В.О.** – к.т.н., доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць» Державного університету інфраструктури та технологій, [vogatchenko@gmail.com](mailto:vogatchenko@gmail.com)

**Клецкая О.В.** – асистент кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни», Українського державного університету залізничного транспорту.

**Сулежко Д.Е.** – аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Українського державного університету залізничного транспорту.

*Рецензент:* д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 15.03.2018.