

УДК 629.4; 621.436; 543.27

А. П. Фалендиш, д.т.н., професор

(завідувач кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни» Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків)

В. О. Гатченко, к.т.н., доцент

(доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць» Державного економіко-технологічного університету транспорту, м. Київ)

Ю. В. Черняк, к.т.н., доцент

(завідувач кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць» Державного економіко-технологічного університету транспорту, м. Київ)

О. В. Клецька

(асистент кафедри «Теплотехніка та теплові двигуни» Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків)

АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ, ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ ТЕПЛОВИЗНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

В статті виконано аналіз вимог нормативних документів, щодо нормування та методів визначення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згорання поршневих, зокрема теплових у різних країнах.

Ключові слова: Двигуни внутрішнього згорання, викиди забруднюючих речовин, відпрацьовані гази, димність, режими випробувань.

В статье выполнен анализ требований нормативных документов, по нормированию и методам определения выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания поршневых, в частности тепловых в разных странах.

Ключевые слова: Двигатели внутреннего сгорания, выбросы загрязняющих веществ, отработанные газы, дымность, режимы испытаний.

Постановка проблеми. Згідно з даними Державної служби статистики України за період з 2003-2015 р.р. в середньому за рік в країні в атмосферне повітря потрапляє 564,14 тис.т. оксиду азоту, 2838,46 тис.т. оксиду вуглецю та 612,06 тис.т. зважених часток [1]. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря в Україні за період з 2003-2015 рр. рис. 1.

На пересувні джерела забруднення (автомобільний, залізничний, авіаційний, водний транспорт та виробнича техніка) приходить значна частка всіх викидів, так оксид азоту складає – 44,8%, оксид вуглецю – 86,7%, а зважені частки – 5%.

Згідно з Транспортною стратегією України на період до 2020 р. одним з основних принципів є забезпечення екологічної безпеки, обов'язкового дотримання екологічних стандартів і нормативів під час провадження діяльності у галузі транспорту [2].

© Фалендиш А. П., Гатченко В. О., Черняк Ю. В., Клецька О. В., 2016

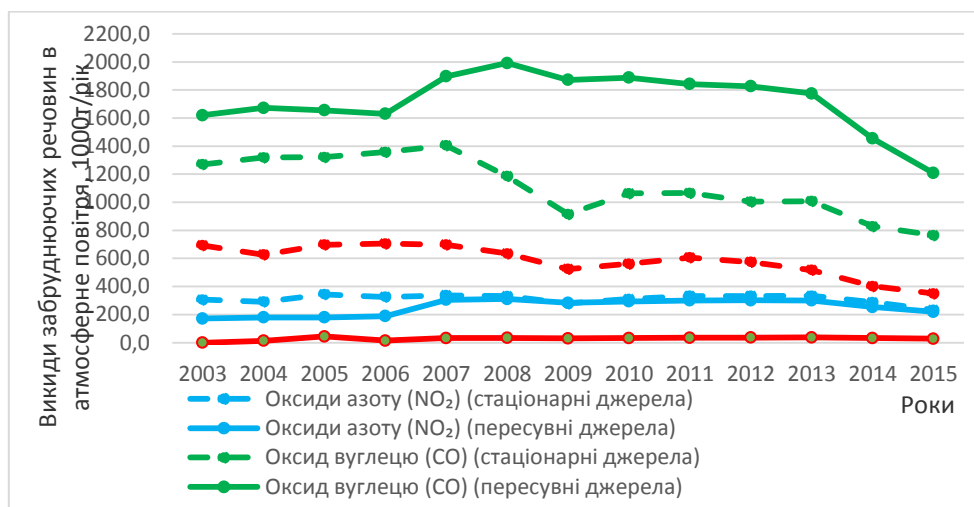


Рис. 1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря в Україні за період з 2003-2015 р.р.

На залізничному транспорті основними джерелами забруднення атмосферного повітря є дизелі (двигуни внутрішнього згоряння поршневі) тепловозів.

При здійсненні міжнародних перевезень вимоги до викидів забруднюючих речовин дизелями тепловозів повинні відповідати міжнародним стандартам.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Велика кількість праць присвячена проблемам нормування, інструментального контролю, методам визначення забруднюючих речовин з відпрацьованими газами (ВГ) двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) та відповідність національних стандартів європейським. Однак основна маса цих праць стосується викидів автомобільним транспортом [3-4]. В галузі залізничного транспорту в країні діє низка стандартів, що регламентують норми викидів забруднюючих речовин з ВГ тепловозних дизелів, вимоги до газоаналізаторів для контролю викидів транспортних засобів та інші [5-8]. В багатьох країнах норми викидів забруднюючих речовин з ВГ двигунів транспортних засобів зазнали значних змін, тому необхідно виконати порівняння вимог нормативних документів, щодо норм, методів визначення викидів забруднюючих речовин з ВГ тепловозних дизелів.

Мета статті – проаналізувати вимоги нормативних документів, щодо нормування та методів визначення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згоряння поршневих, зокрема тепловозних у різних країнах.

Виклад основного матеріалу. В Україні в частині залізничного транспорту з забезпечення екологічної безпеки діє галузевий стандарт ГСТУ 32.001-94 Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення [5]. Згідно даного стандарту, норми викидів, це величини середньоексплуатаційних питомих значень E_{CO} , E_{CH} , E_{NOx} , E_{TCH} , г/(кВт*год), значення яких, відповідно до терміну експлуатації дизеля подані у табл. 1.

У Росії з 1.07.1997 р. був введений в дію стандарт ГОСТ Р 50953-96. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения [9]. Цей стандарт встановлював норми і методи визначення викидів шкідливих речовин (ВВ) з відпрацьованими газами (ОГ) і димності ВГ нових (після побудови), а також що знаходяться в експлуатації тепловозів на сталих режимах їх роботи.

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І БЕЗПЕКА ТРАНСПОРТУ

Таблиця 1. Норми викидів

Найменування забруднюючої речовини	Норми викидів (величини середньоексплуатаційних питомих значень, г/(кВт. год))	
	Дизель у експлуатації до 2-х років	Дизель у експлуатації більше 2-х років
Оксиди азоту (у переліку на диоксид азоту)	18	18
Оксид вуглецю	10	12
Вуглеводні	4	4,5
Тверді частинки	0,4	0,2

Норми гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин (ШР) в ВГ нових (після побудови) тепловозів на режимах випробувань згідно з ГОСТ Р 50953-96 наведені в табл.2.

Таблиця 2. Норми гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин (ШР) в ВГ нових (після побудови) тепловозів на режимах випробувань згідно з ГОСТ Р 50953-96

Шкідливі речовини	Гранично допустимий вміст С на режимах 1 – 5												Примітка
	Об'ємна частка, %						Масова концентрація, г / н × м ³						
	магістральні тепловози			маневрові тепловози			магістральні тепловози			маневрові тепловози			
	режим(и)			режим(и)			режим(и)			режим(и)			
	1	2-4	5	1	2-4	5	1	2-4	5	1	2-4	5	
Для тепловозів з електропередачею													
Оксиди азоту NOx	0,065	0,310	0,290	0,060	0,275	0,260	1,33	6,36	5,95	1,23	5,65	5,33	Перерахунок по NO ₂
Окис вуглецю CO	0,050	0,210	0,195	0,045	0,170	0,160	0,63	2,63	2,44	0,56	2,13	2,00	-
Вуглеводні C _n H _m	0,028	0,039	0,036	-	-	-	0,55	0,77	0,71	-	-	-	Перерахунок по C ₃ H ₈
Для тепловозів з гідропередачею													
Оксиди азоту NOx	-	-	-	0,055	-	-	-	-	-	1,13	-	-	Перерахунок по NO ₂
Окис вуглецю CO	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	0,63	-	-	-

Норми димності ВГ нових (після будови) тепловозів на режимах випробувань наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Норми димності ВГ нових (після будови) тепловозів на режимах випробувань згідно з ГОСТ Р 50953-96

Граничне значення коефіцієнта ослаблення світлового потоку $N, \%$								
для магістральних тепловозів			для маневрових тепловозів					
з електропередачею			з електропередачею			з гідропередачею		
режиму 1	режимів 2-4	режиму 5	режиму 1	режимів 2-4	режиму 5	режиму 1	режимів 2-4	режиму 5
15	45	40	20	50	45	25	-	-

Для тепловозів, які перебувають в експлуатації, норми вмісту ШР (крім оксидів азоту) і димності ВГ, зазначені в таблицях 2 і 3, збільшують при пробігах, відповідних:

- першому ПР1 на 20%;
- першому ПР2 на 30%;
- другого ПР1 на 35%.

З 1.01.2009 р. у Росії замінили стандарт ГОСТ Р 50953-96 на новий стандарт ГОСТ Р 50953-2008. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения [10]. Цей стандарт встановлює норми і методи визначення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами та димності відпрацьованих газів тепловозів на сталих режимах їх роботи.

Значення гранично допустимого вмісту викидів шкідливих речовин в ВГ нових (після побудови) тепловозів, а також модернізованих (з заміною двигуна) на режимах випробувань наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Значення гранично допустимого вмісту викидів шкідливих речовин в ВГ нових (після побудови) тепловозів, а також модернізованих (з заміною двигуна) на режимах випробувань

Шкідливі речовини	Об'ємна доля гранично допустимого вмісту С,% на режимах 1 – 3												Примітка
	при постановці на виробництво												
	до 2001 р.			з 2001 р.			з 2006 р.			з 2011 р.			
	режим			режим			режим			режим			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Для тепловозів з електропередачею													
Оксиди азоту NOx	0,06	0,29	0,27	0,05	0,24	0,23	0,04	0,2	0,19	0,03	0,15	0,14	Перерахунок по NO ₂
Окис вуглецю CO	0,045	0,19	0,175	0,015	0,06	0,055	0,015	0,06	0,055	0,02	0,07	0,065	-
Вуглеводні CnHm	0,05	0,07	0,06	0,02	0,03	0,025	0,02	0,03	0,025	0,01	0,014	0,013	Перерахунок по C ₃ H ₈

Гранично допустимі значення коефіцієнта ослаблення світлового потоку (димності) ВГ нових (після будови) тепловозів, а також модернізованих (з заміною дизеля) на режимах випробувань при стандартній базі димоміра 0,43 м, згідно з ГОСТ Р 50953-2008 наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Значення гранично допустимого вмісту викидів шкідливих речовин в ВГ нових (після побудови) тепловозів, а також модернізованих (з заміною двигуна) на режимах випробувань

Режими випробувань тепловоза	Граничне допустиме значення коефіцієнта ослаблення світлового потоку $N, \%$, при постановці на виробництво			
	до 2001 р.	з 2001 р.	з 2006 р.	з 2011 р.
1	8	7	6	5
2	25	20	17	15
3	20	15	12	10

Для тепловозів, які перебувають в експлуатації, виробництва (модернізації) з 2001 р. норми вмісту викидів ШР (крім оксидів азоту) і димності ВГ, зазначені в таблицях 4 і 5, збільшують:

- на 15% – при пробігу магістрального тепловоза понад 100 тис.км або напрацюванню маневрового тепловоза більше 7,5 міс.;
- на 25% – при пробігу магістрального тепловоза понад 200 тис.км або напрацюванню маневрового тепловоза більше 15 міс.;
- на 30% – при пробігу магістрального тепловоза понад 500 тис.км або напрацюванню маневрового тепловоза більше 37,5 міс.

Для тепловозів, які перебувають в експлуатації, виробництва (модернізації) до 2001 р. норми вмісту викидів ШР (крім оксидів азоту) і димності ВГ збільшують на 15% по відношенню до норм для тепловозів, виробництва яких здійснюється з 2001р.

З 1.07.2014 р. в країнах Білорусь, Казахстан, Киргизія, Молдавія, Росія, Таджикистан, Узбекистан введений в дію міждержавний стандарт ГОСТ 31967. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения [11]. Цей стандарт поширюється на викиди газоподібних шкідливих речовин з відпрацьованими газами при проведенні стендових випробувань нових та капітально відремонтованих судових, тепловозних і промислових поршневих двигунів внутрішнього згорання (далі – двигуни) і встановлює їх норми і методи визначення. Згідно з ним гранично допустимі значення питомих середньозважених викидів шкідливих речовин у ВГ двигунів при їх стендових випробуваннях в залежності від року постановки двигуна на виробництво подані у табл. 6.

Таблиця 6. Гранично допустимі значення питомих середньозважених викидів шкідливих речовин у ВГ двигунів при їх стендових випробуваннях

Критичний параметр	Призначення двигуна	Норма питомих середньозважених викидів при постановці на виробництво	
		до 2016 р	з 2016 р
Питомий середньозважений викид оксидів азоту (NO_x) в приведенні до NO_2 , e_{NO_x} , г/(кВт.год)	Тепловозний	12,0	7,4
	Промисловий	10,0	6,0
	Судовий	Наведені в таблиці 7	
Питомий середньозважений викид оксиду вуглецю (CO), e_{CO} , г/(кВт.год)	Будь-яке	3,5	1,5
Питомий середньозважений викид вуглеводнів (CH) у приведенні до $\text{CH}_{1,85}$, e_{CH} , г/(кВт.год)	Будь-яке	1,0	0,4

Норми викидів оксидів азоту для суднових двигунів наведені в таблиці 7.

Гранично допустимі значення питомих середньозважених викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів, $(e_i)_{\text{рем}}$ які пройшли капітальний ремонт, встановлюють на основі даних таблиць 6 і 7 з використанням коригуючих коефіцієнтів $\kappa_{\text{рем}}$ за формулою

$$(e_i)_{\text{рем}} = \kappa_{\text{рем}} e_i \quad (1)$$

$$\kappa_{\text{рем}}(CO)=1,2, \kappa_{\text{рем}}(NOx)=0,95, \kappa_{\text{рем}}(CH)=1,25.$$

Таблиця 7. Норми викидів оксидів азоту для суднових двигунів

Постановка на виробництво	Норми питомих середньозважених викидів оксидів азоту при номінальній частоті обертання		
	$n \leq 130$	$130 < n \leq 2000$	$n > 2000$
До 01.01.2011 р.	17,0	$45 n^{-0,2}$	9,8
Після 01.01.2011р.	14,4	$44 n^{-0,23}$	7,7

Згідно з ГОСТ 31967 викиди твердих часток (димність ВГ) визначаються окремим стандартом ГОСТ 24028-2013. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения. (Армения, Беларусь, Киргизия, Молдова, Россия, Узбекистан) введен в действие с 1.07.2014 р [12].

Гранично допустимі значення натурального показника ослаблення світлового потоку і відповідні їм значення коефіцієнту ослаблення світлового потоку, а також гранично допустимі значення димового числа фільтра згідно з ГОСТ 24028 наведені в табл. 8.

Таблиця 8. Гранично допустимі значення натурального показника ослаблення світлового потоку і відповідні їм значення коефіцієнту ослаблення світлового потоку, а також гранично допустимі значення димового числа фільтра згідно з ГОСТ 24028

Витрата ВГ Vexh, л/ с	Натуральний показник ослаблення світлового потокy K,м ⁻¹ , не більше		Коефіцієнт ослаблення світлового потокy N, % (L=0,43м), не більше		Димове число фільтру FSN, ум.од., (L _F =0,405 м), не біль- ше	
	Норма димності ВГ двигунів, що поставлені у виробництво					
	До 2016 р	Після 2016 р	До 2016 р	Після 2016 р.	До 2016 р	Після 2016 р.
1	2	3	4	5	6	7
До 75 вкл.	1,36	1,01	44	35	3,4	2,7
Понад 75 до 95 вклоч.	1,23	0,9	41	32	3,2	2,5
Понад 95 до 140 вклоч.	1,07	0,8	37	29	3,0	2,4
Понад 140 до 210 вкл.	0,9	0,7	32	26	2,7	2,2
Понад 210 до 350 вкл.	0,73	0,58	27	22	2,4	2,0

Закінчення табл. 8

1	2	3	4	5	6	7
Понад 350 до 600 включ.	0,58	0,46	22	18	2,2	1,8
Понад 600 до 1150 включ.	0,46	0,35	18	14	1,8	1,4
Понад 1150 до 3000 включ.	0,32	0,25	13	10	1,4	1,1
Понад 3000	0,23	0,19	10	8	1,0	0,8
Для двигунів після капітального ремонту максимально допустимі норми димності збільшують на 29%.						

Порівнюючи стандарти можна сказати, що у ГСТУ 32.001 подані норми (це величини середньоексплуатаційних питомих значень E , г/(кВт*год) по чотирьох шкідливих речовинах це оксиди азоту (у переліку на диоксид азоту), оксид вуглецю, вуглеводні та тверді частинки, причому норма їх пов'язана з роботою дизеля в експлуатації.

У стандарті ГОСТ Р 50953-96 подані норми гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин (ШР) в ВГ нових (після побудови) тепловозів у об'ємних частках, % та масовій концентрації, г / н × м³ в залежності від роду служби та типу передачі при випробуванні на п'яти режимах. Також передбачається збільшення норми для тепловозів, що знаходяться в експлуатації в залежності від пробігу між ПР.

У оновленому стандарті ГОСТ Р 50953-2008 р. подані значення гранично допустимого вмісту викидів шкідливих речовин в ВГ нових (після побудови) тепловозів, а також модернізованих (з заміною двигуна) на трьох режимах у об'ємних долях С, % в залежності від року постановки на виробництво, незалежно від роду служби та типу передачі. Також передбачається збільшення норми для тепловозів, що знаходяться в експлуатації в залежності від пробігу або напрацювання за родом служби та роком виробництва або модернізації.

У ГОСТ 31967 подані гранично допустимі значення питомих середньозважених викидів шкідливих речовин, е, г/кВтгод, по трьох шкідливих речовинах це оксиди азоту, оксид вуглецю, вуглеводні та норма їх пов'язана не з терміном роботи дизеля в експлуатації, а з постановкою двигуна у виробництво до та після 2016 року. Крім того, в цьому документі регламентується перерахунок гранично допустимих значень питомих середньозважених викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів, які пройшли капітальний ремонт з урахуванням коригувальних коефіцієнтів.

Відрізняються також **режими та цикли** проведення випробувань. Згідно з ГСТУ 32.001 випробувальні цикли та склад режимів випробувань повинні відповідати ГОСТ 10448. Двигатели судовые, тепловозные и промышленные. Приемка. Методы испытания и «Техническим требованиям на реостатных испытаниях тепловозов при выпуске из текущего и планового ремонтов». Параметри забруднюючих речовин, які нормуються, визначаються на таких режимах випробувань тепловозних дизелів:

- Pe_{100} – режим номінальної потужності, кВт;
- $Pe_{75} = 0,75 Pe_{100} \pm 5,0$, кВт
- $Pe_{50} = 0,5 Pe_{100} \pm 5,0$, кВт
- $Pe_{25} = 0,25 Pe_{100} \pm 5,0$, кВт
- $Re_{x.h.} = R_{доп.мех.}$ – режим тепловозного холостого ходу, кВт.

Середні значення відносних часів завантаження дизеля у залежності від виду виконуємої роботи подано в табл. 9.

Таблиця 9. Середні значення відносних часів завантаження дизеля залежно від виду роботи, що виконується

Вид виконуємої роботи	Відносний час роботи дизеля у експлуатації на нормованих режимах випробувань, у %				
	τ_{xx}	τ_{25}	τ_{50}	τ_{75}	τ_{100}
Магістральна	60	10	11	13	6
Вивозна	67	2	3	3	25
Маневрова	46	40	12	1,5	0,5

Згідно з ГОСТ Р 50953-96 режими випробувань тепловозів при вимірах змістів ШР і димності ВГ при роботі їх дизелів на сталих режимах по тепловозних характеристиках наведені в табл.10.

Таблиця 10. Режими випробувань тепловозів при вимірах змістів ШР і димності ВГ при роботі їх дизелів на сталих режимах по тепловозних характеристиках (ГОСТ Р 50953-96)

Режим випробувань тепловозів	Тепловози з 16-позиційним контролером		Тепловози з 9-позиційним контролером	
	Навантаження	Позиція	Навантаження	Позиція
1	Нульове (холостий хід)	0	Нульове (холостий хід)	0
2	Часткове	IV	Часткове	II
3	Часткове	VIII	Часткове	IV
4	Часткове	XII	Часткове	VI
5	Повне	XV	Повне	VIII
Для тепловозів з 16-позиційним контролером і встановленими на них дизелями ЧН26/26 (типу Д49) вводиться додатковий режим випробувань 2а з частковим навантаженням на VI позиції контролера.				
Для тепловозів з гідропередачею вимірювання вмісту ШР і димності ВГ проводять тільки на режимі I (холостий хід)				

У стандарті ГОСТ Р 50953-2008 р. режими випробувань тепловозів при вимірах змістів ШР і димності ВГ при роботі їх дизелів на сталих режимах по тепловозних характеристиках наведені в табл. 11.

Таблиця 11. Режими випробувань тепловозів при вимірах змістів ШР і димності ВГ при роботі їх дизелів на сталих режимах по тепловозних характеристиках (ГОСТ Р 50953-2008)

Режим випробувань тепловозів	Тепловози з 16-позиційним контролером		Тепловози з 9-позиційним контролером	
	Навантаження	Позиція	Навантаження	Позиція
1	Нульове (холостий хід)	0	Нульове (холостий хід)	0
3	Часткове	VIII	Часткове	IV
5	Повне	XV	Повне	VIII
Для тепловозів, що не мають спроможності навантаження на реостат вимірювання вмісту ШР і димності ВГ проводять тільки на режимі I (холостий хід)				

Згідно з ГОСТ 31967 випробувальні цикли та склад режимів випробувань повинні відповідати ГОСТ 30574 [7].

Для тепловозних дизелів це три режими:

Режим 1 – частота обертання – номінальна, обертальний момент – 100%, ваговий коефіцієнт- 0,25;

Режим 2 – частота обертання – проміжна, обертальний момент – 50%, ваговий коефіцієнт- 0,15;

Режим 3 – частота обертання – мінімальна холостого ходу, обертальний момент – 0%, ваговий коефіцієнт- 0,6.

Причому, ваговий коефіцієнт це умовна величина, яка відображає статистичну частку часу роботи двигунів даного призначення в районі даного режиму.

Порівнюючи вимоги стандартів до режимів випробування можна спостерігати, що за стандартами ГСТУ 32.001 та ГОСТ Р 50953-96 випробування відбуваються по п'яти режимах. За ГОСТ Р 50953-96 в залежності від позиції контролера машиніста та навантаження, а за ГСТУ 32.001 в залежності від навантаження та відносних часів завантаження дизеля тепловозу та від виду виконуємої роботи.

У ГОСТ Р 50953-2008 зменшено кількість режимів випробувань з 5-ти до 3-х.

У ГОСТ 31967 та ГОСТ 30574 регламентовано три режими випробувань. Причому зазначено частоту обертання, обертальний момент та ваговий коефіцієнт.

Викиди твердих частинок, $C_{тч}$ вимірюють прийнятою в європейських країнах «Системою визначення змісту твердих частинок у відпрацьованих газах» згідно ГСТУ 32.001. Допускається визначати викиди твердих частинок шляхом вимірювання димності відпрацьованих газів з подальшим переводом показника димності у викиди на основі встановлених взаємозв'язків між ними та перерахунком на середньоексплуатаційні питомі викиди.

Вимірювання димності відпрацьованих газів допускається проводити одним з таких методів:

- оптичним методом з вимірюванням натурального показника K ослаблення світлового потоку і коефіцієнта N ослаблення світлового потоку;
- фільтраційним методом з вимірюванням димового числа FSN фільтра [5].

Наприклад при вимірюванні оптичним методом, вимірюють натуральний показник ослаблення світлового потоку K , m^{-1} , а зв'язок даного показника з коефіцієнтом ослаблення світлового потоку N , %, заданий графічно лінійною залежністю. Залежність викидів твердих частинок $C_{тч}$, $г/м^3$ від коефіцієнта ослаблення світлового потоку N , % теж задана графічно. Для приведення викидів твердих частинок $C_{тч}$, $г/м^3$ до питомих викидів $e_{тч}$, $г/(кВт год)$, що нормуються, наведена залежність:

$$e_{тч} = \frac{3600 C_{тч} V_z}{P_e} \quad (2)$$

У ГОСТ Р 50953-96 та ГОСТ Р 50953-2008 р. для вимірювання димності ВГ тепловозів використовують метод, заснований на поглинанні променя світла при пропущенні його через частину потоку газів. При цьому вимірюють коефіцієнт ослаблення світлового потоку.

У ГОСТ 24028 [10] двигун вважають відповідним вимогам цього стандарту, якщо на всіх режимах випробувань кожне виміряне значення натурального показника ослаблення світлового потоку K , m^{-1} (при оптичному методі вимірювання) або димового числа фільтра FSN , *ум.од.* (при фільтраційному методі вимірювання) не більше відповідного гранично допустимого значення натурального показника ослаблення світлового потоку або димового числа фільтра.

Тобто, критерієм норми є натуральний показник ослаблення світлового потоку K , м^{-1} або димове число фільтра FSN , ум.од. в залежності від витрати відпрацьованих газів V_{exh} , л/с., приведеної до нормальних умов (температура 273 К і тиск 101,3 кПа), а також часу постановки двигуна на виробництво.

Витрату відпрацьованих газів V_{exh} , л/с., розраховують за формулою:

$$V_{exh} = 775(G_{air} + G_f), \quad (3)$$

де G_{air} - витрата повітря, кг/с;

G_f - витрата палива, кг/с.

За методикою визначення димності за ГСТУ 32.001, може спостерігатися велика похибка при розрахунках через те, що зв'язки основних параметрів: натурального показника ослаблення світлового потоку K , м^{-1} , коефіцієнта ослаблення світлового потоку N , % та викидів твердих частинок $Стч$, $\text{г}/\text{м}^3$ задані графічною залежністю. Крім того розрахунки димності приводяться до питомих викидів $e_{тч}$, $\text{г}/(\text{кВт год})$ твердих часток.

За методикою визначення димності за ГОСТ 24028 приводяться залежності натурального показника ослаблення світлового потоку K , м^{-1} , або димового числа фільтра FSN , ум.од. від витрати відпрацьованих газів V_{exh} , л/с., а також часу постановки двигуна на виробництво. При цьому відповідність двигуна вимогам цього стандарту, є достатньою якщо на всіх режимах випробувань кожне виміряне значення натурального показника ослаблення світлового потоку K або димового числа фільтра FSN не більше відповідного гранично допустимого значення.

При проведенні випробувань **похибка вимірювальних параметрів складу ВГ** за ГСТУ 32.001, ГОСТ Р 50953-96, ГОСТ Р 50953-2008 та ГОСТ 31967 повинна відповідати таблиці 12.

Таблиця 12. Похибка вимірювальних параметрів складу ВГ за ГСТУ 32.001-94, ГОСТ Р 50953-96, ГОСТ Р 50953-2008 та ГОСТ 31967 – 2012

Вимірювальний параметр	Межі похибки вимірювань, %		
	ГСТУ 32.001-94	ГОСТ Р 50953-96 ГОСТ Р 50953-2008	ГОСТ 31967 – 2012
Концентрація оксиду вуглецю, C_{co}	$\pm 10,0$	$\pm 5,0$	$\pm 5,0$
Концентрація оксиду азоту в приведенні до NO_2 , C_{NOx}	$\pm 10,0$	$\pm 10,0$	$\pm 10,0$
Концентрація вуглеводнів в приведенні до $CH_{1,85}$, C_{CH}	$\pm 10,0$	$\pm 5,0$	$\pm 5,0$

З таблиці 12 ми бачимо, що за ГОСТами 50953-96, 50953-2008 та 31967- 2012 вимоги більш жорсткі до точності вимірювальних параметрів, стосовно концентрації оксиду вуглецю та концентрації вуглеводнів на 5%.

Вимоги до газоаналізаторів згідно з ГСТУ 32.001-94, ГОСТ Р 50953-96, ГОСТ Р 50953-2008 та ГОСТ 31967 – 2012 наведені в таблиці 13.

Таблиця 13. Вимоги до газоаналізаторів згідно ГСТУ 32.001-94, ГОСТ Р 50953-96, ГОСТ Р 50953-2008 та ГОСТ 31967 – 2012

Вимірювальний параметр	Газоаналізатор		
	ГСТУ 32.001-94	ГОСТ Р 50953-96 ГОСТ Р 50953-2008	ГОСТ 31967 – 2012
Оксид вуглецю	Повинен забезпечувати вимірювання концентрації в діапазоні від 0,01% до 2,0%.	Число зразків газових сумішей повинно бути не менше одного для кожного піддіапазону вимірювання.	Повинен мати недисперсійний інфрачервоний детектор і забезпечувати вимірювання концентрації СО в діапазоні від 0,01% до 0,50%.
Вуглеводні	Повинен забезпечувати надійне вимірювання концентрації вуглеводнів (СН) у діапазоні від 0 до 5000 ppm.	Зразки газових сумішей повинні містити вимірюваний компонент з вмістом, відповідним $(95 \pm 5)\%$ кожній кінцевій межі вимірювань, і з похибкою вимірів не більше $\pm 2,0\%$.	Повинен мати полум'яно-іонізаційний детектор, що нагрівається до температури (453 ± 1) К і забезпечувати вимірювання концентрації вуглеводнів за еквівалентом $\text{CH}_{1,85}$ в діапазоні від 0,001% до 0,200%.
Оксиди азоту	Повинен забезпечувати надійне вимірювання концентрації у діапазоні від 0,01 до 50% по еквіваленту NO_2 при будь-якому складі індивідуальних оксидів		Повинен мати хемілюмінесцентний детектор або нагріваємий хемілюмінесцентний детектор (при «вологовому» стані проби відпрацьованих газів з перетворювачем NO_x в NO). Вимірювальним компонентом повинна бути сума всіх оксидів азоту NO_x , виражена через еквівалентну об'ємну частку оксидів виду NO_2 . Газоаналізатор повинен забезпечувати вимірювання в діапазоні від 0,005% до 0,500% за еквівалентом NO_2 при будь-якому складі індивідуальних оксидів

Аналізуючи таблицю 13 встановлено, що ГОСТами висуваються різні вимоги до газоаналізаторів ГОСТ 31967 висуває більш жорсткі вимоги до діапазонів вимірювання концентрації шкідливих речовин та окрім цього в ньому прописуються конкретні типи детекторів.

Висновки та пропозиції.

1. Проаналізовано та розглянуто вимоги стандартів різних країн, щодо нормування та методів визначення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів.

2. Порівнювалися стандарти по таких критеріях: норми викидів, режими та цикли проведення випробувань, вимірювання димності ВГ та визначення викидів твердих частинок, похибка вимірювальних параметрів, вимоги до газоаналізаторів.

3. В результаті аналізу встановлено великі розбіжності у нормах викидів забруднюючих речовин, у відмінності допустимих похибок при проведенні випробувань, режимах та циклах випробувань, різних підходах до розрахунків та технічних вимог до обладнання випробувальних стендів.

4. Це у свою чергу спонукає до пошуку шляхів приведення норм та методів розрахунків до єдиних стандартів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Транспортна стратегія України на період до 2020 року, що затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України (КМУ) від 20.10.2010 р. № 2174-р. [Електронний ресурс]. – <http://zakon5.rada.gov.ua/>
3. Приміський, І.В. Нормування викидів відпрацьованих газів автомобілів та перехід до стандартів Євро [Текст] / І. В. Приміський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014– № 4/11(70). – С. 43-49.
4. Звонов, В.А. Оценка выброса твердых частиц с отработавшими газами автотракторного дизеля [Текст] / А. В. Звонов, А. П. Марченко, И. В. Парсаданов, А. П. Поливянчук // «Двигатели внутреннего сгорания» сб.ст. НТУ ХПИ – 2006– № 2 – С. 64-67.
5. ГСТУ 32.001-94. Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення. Чинний від 01.01.1995 р.
6. 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.
7. 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.
8. ГОСТ 10448-80 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Правила приемки. Методы испытаний. – Введ. 1981–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1980. – 16 с.
9. ГОСТ Р 50953-96. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения. – Введ. 1997–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 17 с.
10. ГОСТ Р 50953-2008. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения. – взамен ГОСТ Р 50953-96; Введ. 2009–01–01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.
11. ГОСТ 31967 – 2012. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения. – Введ. 2014–07–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 28 с.
12. ГОСТ 24028-2013. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения. – Введ. 2014–07–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

Anatoly Falendysh, Doctor of Science (Technical Science), Professor
(Head of the department Heat Engineering and Heat Engines, Ukrainian State University of Railway Transport)

Victoriia Hatchesko, Ph.D., Associate Professor
(Associate Professor at the Department of Traction railway rolling stock, State Economy and Technology University of Transport)

Yuriy Cherniak, Ph.D., Associate Professor
(Head of the Department of Traction railway rolling stock, State Economy and Technology University of Transport)

Olha Kletska
(Assistant at the Department Heat and heat engines, Ukrainian State University of Railway Transport)

**THE ANALYSIS OF REGULATORY REQUIREMENTS FOR DETERMINING
THE EMISSION OF POLLUTANTS FROM EXHAUST GASES FROM ENGINES
INTERNAL COMBUSTION DIESEL LOCOMOTIVES**

In rail transport, the main sources of air pollution are diesel engines (internal combustion piston engine) locomotives. In the field of railway transport in Ukrainian there are several of standards norms that regulate emission of pollutants with exhaust gases diesel locomotive engines, the requirements for gas analyzers to monitor emissions from transport and others.

In many countries, the norm of pollutant emissions with exhaust gases from engine of vehicles have undergone significant changes, so we must perform a comparison require-

ments of regulations regarding the norms methods of determining emissions of pollutants with exhaust gases from diesel locomotive engines.

In the article analyzed and considered the requirements of the standards of different countries for regulation and methods of determining emissions of pollutants exhaust gases from diesel locomotive engines.

Standards was compared on the following criteria: emission standards, modes and cycles of testing, measuring of exhaust for smoke and determination of particulate emissions, the error of measurement parameters, requirements for gas analyzers.

Based on the analysis found large differences in standards of pollutant emissions, unlike acceptable error during testing, and test cycle modes, different approaches to the calculation and technical requirements for equipment test stands. This in turn leads to finding ways to bring the standards and methods of calculation to common standards.

Keywords: Internal combustion engines, pollutant emissions, exhaust gases, test modes.

REFERENCES

1. Derzhavna sluzhba staty'sty'ky` Ukrayiny [State Statistics Service of Ukraine], Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Transportna strategiya Ukrayiny` na period do 2020 roku, shho zatverdzhena rozporядzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrayiny` [Transport Strategy of Ukraine till 2020, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine], 20.10.2010. № 2174-p., Available at <http://zakon5.rada.gov.ua/>
3. Pry'mis'ky`j, I.V. Normuvannya vy'ky'div vidpracz'ovany`x gaziv avtomobiliv ta perexid do standartiv Yevro [Rationing exhaust emission of vehicles and transition to Euro standards], *Vostochno-Evropejsky`j zhurnal peredovix texnologij`* [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies], 2014, issue 4/11(70), pp. 43-49.
4. Zvonov, V.A. Otsenka vyibrosa tverdyih chastits s otrabotavshimi gazami avtotraktornogo dizelya [Estimates of emissions of particulate matter from the exhaust gases of diesel tractor]. «Dvigateli vnutrennego sgoraniya» *sbornik statey Natsionalnogo tehnikeskogo universiteta Harkovskiy Politehnicheskij Institut* [Internal combustion engines collection of articles by the National Technical University of Kharkov Polytechnic Institute], 2006, issue 2, pp. 64-67.
5. GSTU 32.001-94. Vy'ky'dy` zabrudnyuyuchy`x rechovy`n z vidpracz'ovany`my` gazamy` teplovozny`x dy`zeliv. Normy` ta metody` vy`znachennya. [Industry standard 32.001-94 Emissions of pollutants from exhaust gases diesel locomotive engines. Norms and determination methods] Kyiv, Derzhpozhyvstandart Ukrainy Publ., 1995. 22 p.
6. DSTU 2501-94. Analizatory` gaziv dlya kontrolyu vy'ky'div transportny`x zasobiv. Zagal'ni texnichni vy'mogy` i metody` vy`probuvan` [State Standard 2501-94 Gas analyzers for control of emissions of vehicles. General technical requirements i test methods]. Kyiv, Derzhpozhyvstandart Ukrainy Publ., 1994.
7. GOST 30574-98. Dizeli sudovyye, teplovoznyye i promyshlennyye. Izmerenie vyibrosov vrednyih veshchestv s otrabotavshimi gazami. Tsiklyi ispytaniy. [State Standard 30574-98. diesel engines of ships, locomotives and industrial. Measurement of emissions of harmful substances in exhaust gases. Cycles of tests]. Moscow, Standartinform Publ., 2000. 27 p.
8. GOST 10448-80 Dizeli sudovyye, teplovoznyye i promyshlennyye. Pravila priemki. Metodyi ispytaniy. [State Standard 10448-80 Marine, locomotive and commercial diesels. Acceptable rules and test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 1981. 16 p.
9. GOST 50953-96 Vyibrosyi vrednyih veshchestv i dyimnost otrabotavshih gazov magistralnyih i manevrovyyih teplovoznov. Normyi i metodyi opredeleniya.[State Standard 50953-96 Emission of the exhaust gas pollutants by the main line and shunting diesel locomotives. Norms and determination methods]. Moscow, Standartinform Publ., 1996. 17 p.
10. GOST R 50953-2008. Vyibrosyi vrednyih veshchestv i dyimnost otrabotavshih gazov magistralnyih i manevrovyyih teplovoznov. Normyi i metodyi opredeleniya.[State Standard R 50953-2008 Emission of the exhaust gas pollutants by the main line and shunting diesel locomotives. Norms and determination methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. – 12 p.
11. GOST 31967 – 2012. Dvigateli vnutrennego sgoraniya porshnevyie. Vyibrosyi vrednyih veshchestv s otrabotavshimi gazami. Normyi i metodyi opredeleniya [Interstate standard 31967 – 2012 Internal combustion reciprocating engines. Emissions of harmful substances with the exhaust gases. Limit values and test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. – 28 p.
12. GOST 24028-2013. Dvigateli vnutrennego sgoraniya porshnevyie. Dyimnost otrabotavshih gazov. Normyi i metodyi opredeleniya. [Interstate standard 24028-2013 Internal combustion reciprocating engines. Visible pollutants. Limit values and test methods] Moscow, Standartinform Publ., 2014. – 12 p.