

УДК 629.4; 621.436; 543.27

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ

Фалендиш А.П., Гатченко В.О., Клецька О.В.

THE ANALYSIS OF APPROACHES TO THE CALCULATION OF EMISSIONS FROM THE EXHAUST GASES OF DIESEL LOCOMOTIVES

Falendysh A., Hatchenko V., Kletska O.

У статті розглянуто питання про підходи до розрахунку викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизелів тепловозів. Виконано розрахунок викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних двигунів внутрішнього згорання за різними методиками. Розглянуто різні підходи до розрахунків. Визначено відповідність розрахункових даних нормам викидів нормативних документів різних країн.

Ключові слова: викиди забруднюючих речовин, відпрацьовані газы, режими випробувань, концентрації шкідливих речовин, двигуни внутрішнього згорання, дизелі тепловозів.

Вступ. На залізничному транспорті велика увага приділяється питанню підвищення екологічності рухомого складу. В той же час великі витрати пов'язані з проведенням випробувань рухомого складу в тому числі і екологічних, потребують пошуку нових рішень, щодо розробки раціональної моделі та методів розрахунків викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Підходи до проведення екологічних випробувань тепловозів в різних країнах дуже відрізняються. Кожна країна встановлює свої стандарти та методи розрахунку викидів шкідливих речовин пересувними джерелами забруднення.

Постановка проблеми. Для розробки раціональної моделі екологічних випробувань рухомого складу з двигунами внутрішнього згорання необхідно виконати ретельний аналіз та порівняння підходів до розрахунку викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням зменшення кількості викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів присвячено багато праць різних вчених. В основному це дослідження присвячені зменшенню викидів шкідливих речовин при реостатних випробуваннях тепловозних дизелів. Оцінки максимального значення приземної концентрації шкідливих речовин [1], методам визначення коефіцієнту надлиш-

ку повітря при спалюванні палива [2-4], методам визначення витрати газу у газоході з малим поперечним перетином [5], дослідженню параметрів газоповітряного потоку для розсіювання відпрацьованих газів тепловозів [6-7] та інших.

Питання зменшення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів актуальне не лише при випробуваннях дизелів а і при їх експлуатації. Встановлено, що вимоги стандартів різних країн, щодо нормування та методів визначення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів значно відрізняються. У нормах викидів забруднюючих речовин [8], у відмінності допустимих похибок при проведенні випробувань, режимах та циклах випробувань, різних підходах до розрахунків [9].

Для визначення оптимальних критеріїв при розробці моделі екологічних випробувань необхідно провести обчислення викидів різними методами представленими стандартами різних країн.

Мета статті – порівняння підходів до розрахунків викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів та їх аналіз.

Виклад основного матеріалу. Екологічні випробування тепловозу з дизелем потужністю 970 кВт та напрацюванням 92,7 мотогодин проводилися згідно вимог галузевого стандарту ГСТУ 32.001-94 Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення [10]. Параметри забруднюючих речовин, які нормуються, під час випробувань згідно з цим нормативним документом визначались на таких режимах тепловозних дизелів:

- Pe100 – режим номінальної потужності, кВт;
- Pe75 = 0,75 Pe100 ± 5 %, кВт;
- Pe50 = 0,5 Pe100 ± 5 %, кВт;
- Pe25 = 0,25 Pe100 ± 5 %, кВт;
- Rexx = Рдоп.мех. – режим холодного ходу, кВт, де Рдоп.мех. – сумарна потужність допоміжного обладнання та механізмів тепловозу, кВт.

Таблиця 1

Результати екологічних випробувань тепловозу

№ режиму	Режим роботи, %	Витрата палива, кг/год.	Потужність допоміжного устаткування, кВт	Потужність, кВт	α	C_{O_2} , ppm	C_{NO_x} , ppm	C_{NO_2} , ppm	C_{CO} , ppm	C_{NO_x} , ppm	C_{CH_4} , ppm
1	0	2,84	2,28	0	7,24	18,1	310	59	269	369	16
					8,4	18,6	287	53	295	340	15
					11,66	19,2	315	50	271	365	14
2	25	48,904	23,76	206	1,79	9,4	1242	189	194	1431	28
				207	1,84	9,7	1305	208	179	1513	29
				207	1,81	9,5	1280	197	187	1477	27
3	50	91,600	38,12	414	1,81	9,5	913	109	307	1022	31
				415	1,82	9,6	940	108	335	1048	31
				415	1,87	9,9	945	122	301	1067	31
4	75	136,045	61,64	620	2,16	11,4	844	109	65	953	32
				623	2,18	11,5	837	103	62	940	32
				622	2,16	11,4	838	114	65	952	32
5	100	205,311	137,70	830	2,18	11,5	844	111	44	955	28
				832	2,18	11,5	822	106	40	928	28
				828	2,14	11,3	847	111	41	958	28

Результати випробувань наведені в таблиці 1.

Питомі викиди забруднюючих речовин розраховувались за формулами 1, 2, 3 для оксиду азоту, оксиду вуглецю, вуглеводнів відповідно.

$$e_{NO_x} = \frac{5,72 \cdot 10^4 C_{NO_x} (G_{air} - 0,000974 G_f)}{P_{ej}}, \quad (1)$$

$$e_{CO_j} = \frac{3,475 \cdot 10^4 C_{CO} (G_{air} - 0,000974 G_f)}{P_{ej}}, \quad (2)$$

$$e_{CH_j} = \frac{5,46 \cdot 10^4 C_{CH} (G_{air} - 0,000974 G_f)}{P_{ej}}, \quad (3)$$

де j - номер режиму випробування;

G_{air} - витрата повітря, кг/с;

G_f - витрата палива, кг/с;

P_{ej} - ефективна потужність дизеля на режимі випробування;

C_{CO} - концентрація оксидів вуглецю, %

C_{NO_x} - концентрація оксидів азоту, %;

C_{CH} - концентрація вуглеводнів, %.

Витрата повітря через дизель тепловозу G_{air} , кг/с визначалась за формулою:

$$G_{air} = \frac{\alpha_{\Sigma} L_{air}^0 G_f}{1000}, \quad (4)$$

де L_{air}^0 - кількість повітря, теоретично необхідна для згорання 1 кг палива. (приймалася для середнього складу дизельного палива рівною 14,32 кг пов./кг палива)

α_{Σ} - сумарний коефіцієнт надлишку повітря, що визначався за результатами аналізу відпрацьованих газів.

Результати розрахунків по отриманим даним подані в таблиці 2.

Таблиця 2

Питомі викиди забруднюючих речовин тепловозу

№ режиму	Питомі викиди		
	$e(CO)$, г/(кВт·год)	$e(NO_x)$, г/(кВт·год)	$e(CH)$, г/(кВт·год)
1	43,095	91,110	3,644
2	0,9115	11,828	0,215
3	1,4767	8,074	0,228
4	0,353	8,588	0,277
5	0,2453	9,1649	0,259

Згідно [10] нормою викидів забруднюючих речовин повинна бути величина середньо експлуатаційних питомих значень. Середньо експлуатаційні питомі викиди забруднюючих речовин E , г/(кВт·год.) у залежності від режиму навантаження та часу роботи дизеля тепловозу на цьому режимі було обчислено за формулою:

$$E = \frac{e_{i100} P_{e100} \tau_{100} + e_{i75} P_{e75} \tau_{75} + e_{i50} P_{e50} \tau_{50} + e_{i25} P_{e25} \tau_{25} + e_{ixx} P_{exx} \tau_{xx}}{P_{e100} \tau_{100} + P_{e75} \tau_{75} + P_{e50} \tau_{50} + P_{e25} \tau_{25} + P_{exx} \tau_{xx}}, \quad (5)$$

де $e_{i100}, e_{i75}, e_{i50}, e_{i25}, e_{ixx}$ - питомі викиди ЗР з ВГ на режимах випробувань дизелів, г/(кВт·год.);

$\tau_{100}, \tau_{75}, \tau_{50}, \tau_{25}, \tau_{xx}$ - відносний час роботи дизеля у експлуатації на режимах випробувань, які нормуються, у % (приймаються згідно табл. 5 [2]).

Результати обчислення середньо експлуатаційних питомих викидів забруднюючих речовин та порівняння з гранично допустимими наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Порівняння розрахункових середньо експлуатаційних питомих викидів тепловозу з нормативними

Показник екологічної безпеки	Результати розрахунків, г/(кВт·год)	Норми ГСТУ 32.001-94, г/(кВт·год)	
		Дизель у експлуатації до 2-х років	Дизель у експлуатації більше 2-х років
E_{NOx}	10,778	18	18
E_{CO}	1,306	10	12
E_{CH}	0,246	4	4,5

Так, як результати розрахунків не перевищують встановлені нормативи, то зроблено висновок, що тепловоз відповідає екологічним нормам за викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів.

У Росії з 1997 р. діяв стандарт ГОСТ Р 50953-96. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения [11]. Даним стандартом регламентовано визначення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у об'ємних частках або масових концентраціях, г/нм³.

За результатами наших вимірювань, перерахуємо концентрації C_{NOx} , C_{CO} , C_{CH} , у об'ємні частки. Результати розрахунків та відповідність вимогам наведено в таблиці 4.

Отримані результати розрахунків C_{NOx} , об.%, C_{CO} , об.%, не перевищують встановлені нормативи, а C_{CH} , об.%, зовсім не регламентовано, тож робимо висновок, що тепловоз відповідає екологічним нормам за викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів за ГОСТ Р 50953-96.

З 1.01.2009 р. стандарт ГОСТ Р 50953-96 був змінений на ГОСТ Р 50953-2008 Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы определения [12] - діє по теперішній час.

Концентрації C_{NOx} , C_{CO} , C_{CH} , у об'ємних частках згідно розрахунків та відповідність вимогам ГОСТ Р 50953-2008 наведено в таблиці 5.

Отримані результати розрахунків C_{NOx} , об.%, перевищують гранично допустимий вміст на режимі 1, що відповідає 0 позиції контролера машиніста (холостий хід) при постановці у виробництво з 2011 року на 0,006 %. Розрахунок концентрацій C_{CO} , об.%, перевищують гранично допустимий вміст на режимі 1, що відповідає 0 позиції контролера машиніста (холостий хід) при постановці у виробництво з 2001 та 2006 р.р. на 0,01283 %, а при постановці з 2011 р. на 0,00783 %. Концентрація

Таблиця 4

Результати розрахунків та відповідність вимогам ГОСТ Р 50953-96

№ режиму*	Результати розрахунків			Гранично допустимий вміст С на режимах 1–5, згідно ГОСТ Р 50953-96 для маневрових тепловозів з електропередачею		
	C_{NOx} , об.%	C_{CO} , об.%	C_{CH} , об.%	C_{NOx} , об.%	C_{CO} , об.%	C_{CH} , об.%
1	0,036	0,02783	0,0015	0,06	0,045	-
2	0,147	0,01867	0,0028			
3	0,105	0,03143	0,0031			
4	0,095	0,0064	0,0032			
5	0,095	0,00417	0,0028			

*Прим. Згідно [11] випробування на режимах 1-5 повинно відповідати 0,2,4,6,8 позиції контролера машиніста відповідно. Що буде відповідати навантаженню на режимі холостого ходу, частковому та повному.

Таблиця 5

Результати розрахунків та відповідність вимогам ГОСТ Р 50953-2008

Шкідлива речовина	Режим випробування*	Концентрації, С, об.%, за результатами розрахунків	Об'ємна частка гранично допустимого вмісту С, %, згідно ГОСТ Р 50953-2008 для маневрових тепловозів з електропередачею			
			Рік постановки у виробництво			
			до 2001 р.	з 2001 р.	з 2006 р.	з 2011 р.
Оксиди азоту NOx (у перерахунку по NO_2)	1	0,036	0,060	0,050	0,040	0,030
	2	0,105	0,290	0,240	0,200	0,150
	3	0,095	0,270	0,230	0,190	0,140
Окис вуглецю CO	1	0,02783	0,045	0,015	0,015	0,020
	2	0,03143	0,190	0,060	0,060	0,070
	3	0,00417	0,175	0,055	0,055	0,065
Вуглеводні C_nH_m (у перерахунку по C_3H_8)	1	0,0015	0,050	0,020	0,020	0,010
	2	0,0031	0,070	0,030	0,030	0,014
	3	0,0028	0,060	0,025	0,025	0,013

*Прим. Згідно [12] випробування на режимах 1-3 повинно відповідати 0, 4, 8 позиції контролера машиніста відповідно. Що буде відповідати навантаженню на режимі холостого ходу, частковому та повному.

C_{CH} , об.% не перевищують встановлені нормативи на всіх режимах. Таким чином, робимо висновок, що даний тепловоз не може експлуатуватися відповідно до ГОСТ Р 50953-2008.

З 1.07.2014 р. введений в дію міждержавний стандарт ГОСТ 31967 - 2012 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения (для країн Білорусь, Казахстан, Киргизія, Молдавія, Росія, Таджикистан, Узбекистан) [13]. 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 згоряння (далі - двигуни) і встановлює їх норми і методи визначення.

Згідно з [13] випробувальні цикли та склад режимів випробувань повинні відповідати ГОСТ 30574-98. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Измерение выбросов вредных веществ с отработавшими газами. Циклы испытаний [14]. У даному стандарті рекомендовано три режими випробувань:

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

Питомий середньозважений викид i -ої шкідливої речовини розраховуємо за формулою:

$$e_i = 0,446 \mu_i \frac{\sum_{j=1}^m C_{ij} V_{exhj} W_j}{P_e \sum_{j=1}^m P_{ej} W_j}, \quad (6)$$

де μ_i - молекулярна маса i -ої шкідливої речовини або її еквівалента по приведенню, кг/кмоль;

C_{ij} - об'ємна концентрація в відпрацьованих газах i -ої шкідливої речовини, об.% ;

V_{exhj} - об'ємна годинна витрата відпрацьованих газів, приведена до нормальних атмосферних умов, у "вологому" або "сухому" стані, м³/год;

W_j - ваговий коефіцієнт j -го режиму;

P_e - номінальна або повна потужність двигуна, кВт;

$\overline{P_{ej}}$ - відносна потужність двигуна, %.

Об'ємну годинну витрату відпрацьованих газів, розраховуємо за вимірними значеннями витрати повітря та палива на кожному режимі за формулою:

$$V_{exhj} = V_{air} + F_f B, \quad (7)$$

де V_{air} - об'ємна годинна витрата повітря, приведена до нормальних атмосферних умов (тиск $p_a=101,3$ кПа, температура $T_a=273K$) м³/год;

F_f - коефіцієнт складу палива, м³/кг (для дизельного палива при «вологому» стані газів дорівнює 0,75, при «сухому» - 0,77);

B - масова витрата палива, кг/год.

Розрахунки питомих середньозважених викидів e_{NOx} , e_{CO} , e_{CH} та відповідність ГОСТ 31967 – 2012. наведено в таблиці 6.

Таблиця 6
Результати розрахунків та відповідність вимогам ГОСТ 31967 – 2012

Шкідлива речовина	Результати розрахунків	Норма питомих середньозважених викидів при поставці на виробництво	
		до 2016 р	з 2016 р.
Питомий середньозважений викид оксидів азоту (NOx) в приведенні до NO ₂ , e_{NOx} , г/(кВтгод)	11,7	12,0	7,4
Питомий середньозважений викид оксиду вуглецю (CO) e_{CO} , г/(кВтгод)	7,6	3,5	1,5
Питомий середньозважений викид вуглеводнів (CH) в приведенні до CH _{1,85} , e_{CH} г/(кВтгод)	0,92	1,0	0,4

Результати розрахунків питомих середньозважених викидів:

- e_{NOx} для дизеля тепловоза при постановці у виробництво до 2016 р. знаходяться в нормі, при постановці у виробництво після 2016 р. перевищують на 4,3 г/(кВтгод);

- e_{CH} для дизеля тепловоза при постановці у виробництво до 2016 р. знаходяться в нормі, при постановці у виробництво після 2016 р. перевищують на 0,52 г/(кВтгод);

- e_{CO} перевищують норму на 4,1 та 6,1 г/(кВтгод) до 2016 р. та після 2016р., відповідно.

Таким чином робимо висновок, що тепловоз з даним дизелем частково відповідає нормам вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизелів тепловозів за даним гостом.

Висновки. За результатами проведених випробувань та розрахунків за різними методиками встановлено, що дизель з потужністю 970 кВт та напрацюванням 92,7 мотогодин відповідає норма-

тивним вимогам галузевого стандарту ГСТУ 32.001-94 та стандарту Росії ГОСТ Р 50953-96. Даний дизель по отриманим результатам випробувань тільки частково відповідає стандартам Росії ГОСТ Р 50953-2008 та ГОСТ 31967 – 2012 таких країн, як Білорусь, Казахстан, Киргизія, Молдавія, Росія, Таджикистан, Узбекистан для локомотивів, які випускаються з 2011 та 2016 років відповідно.

Перевищення викидів шкідливих речовин спостерігається за викидами оксиду вуглецю та оксидів азоту в основному на 1 режимі випробувань при 0 позиції контролера машиніста, тобто режимі холостого ходу, що для всіх підходів по визначенню викидів шкідливих речовин є обов'язковим.

В подальшому необхідно удосконалити модель проведення екологічних випробувань та розробити відповідне програмне забезпечення для визначення параметрів викидів шкідливих речовин.

Література

- Черняк Ю.В. Оценка максимального значения приземной концентрации вредных веществ при реостатных испытаниях тепловозов/ Ю. В. Черняк, О. В. Трубихин, Н. Ф. Беспалов// Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2005.- Вип.1.- С. 55-62.
- Черняк Ю.В. Сравнение существующих зависимостей определения коэффициента избытка воздуха при сжигании топлива/ Ю. В. Черняк, О. В. Трубихин, А.М. Гушин// Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2005. - Вип.2.- С. 60-68.
- Черняк Ю.В. Определение коэффициента избытка воздуха по наличию в продуктах сгорания углекислого газа, сажи и составу топлива / Ю. В. Черняк, О. В. Трубихин, А.М. Гушин// Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2005.- Вип.3.- С. 75 - 84.
- Черняк Ю.В. Определение коэффициента избытка воздуха по концентрации в продуктах сгорания углекислого газа, кислорода и сажи / Ю.В. Черняк, Н.В. Сунцов, А.М. Гушин, А.Н. Сунцов, О.В. Трубихин // Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2006. - Вип.6.- С. 32 - 42.
- Трубихин О.В. К методу определения расхода газа в газоходе с малым поперечным сечением/ О.В. Трубихин, В. А. Гатченко, Н. Ф. Беспалов, К.А. Рябко // Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2005. - Вип.2.- С. 54-59.
- Черняк Ю.В. Визначення параметрів газоповітряного потоку для розсіювання відпрацьованих газів тепловозів / Ю. В. Черняк, М.В. Паламарчук, А.М. Гушин, О.А. Бондар, М. В. Володарець // Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2007.- Вип.9.- С. 125 - 135.
- Черняк Ю.В. Визначення параметрів газоповітряного потоку для розсіювання відпрацьованих газів тепловозів / Ю. В. Черняк, А.М. Гушин, О.А. Бондар // Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2007.- Вип.12.- С. 101 - 108.
- Каграманян А.О. Нормування викидів забруднюючих речовин від тепловозних двигунів/ А.О. Каграманян, А.В. Онищенко, Рукавишников П.В.// Зб. наук. праць ДонІЗТ, 2008.- Вип.16.- С. 94 - 106.
- Фалендиш А.П. Аналіз нормативних вимог, щодо визначення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних двигунів внутрішнього згорання/ А.П. Фалендиш, В.О. Гатченко, Ю.В. Черняк, О.В. Клецка//Зб. наук. праць ДЕУТ, 2016.- Вип.29.- С. 235-247.
- ГСТУ 32.001-94. Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення. Чинний від 01.01.1995 р.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

References

- Chernjak J.V. An estimation of the maximal value of ground concentration of harmful substances at rheostatic tests of diesel locomotives/ J.V. Chernjak, O.V.Trubihin, N.F. Bepalov // Collection of scientific articles - Donetsk: Donetsk institute of railway transport, 2005. - Digest 1. - P. 55-62.
- Chernyak Y.V. Comparison of existing dependences of definition of factor of surplus of air at burning fuel / J.V. Chernjak, A.M. Gushchin, O.V. Trubihin // Collection of scientific articles. – Donetsk: Donetsk institute of railway transport, 2005. – Digest 2. – P. 60-68.
- Chernjak J.V. Definition of factor of surplus of air on presence in products of combustion of carbonic gas, soot and to structure of fuel/ J.V. Chernjak, A.M. Gushchin, O.V. Trubihin // Collection of scientific articles - Donetsk: DonIRT, 2005.-Digest 3. - P. 75 – 84.
- Chernjak J.V. Definition of factor of surplus of air on concentration in products of combustion of carbonic gas, oxygen and soot/ J.V. Chernjak, N.V. Suncov, A.M. Gushchin, A.N. Suncov, O.V. Trubihin// Collection of scientific articles.-Donetsk: DonIRT, 2006. - Digest No 6.-P. 32 - 42.
- Trubihin O.V. To the method of determination of expense of gas in gas motion with the small crossrunner/ O.V. Trubihin, V.A. Gatchehko, N.F. Bepalov, K.A. Ryabko// Collection of scientific articles. – Donetsk: Donetsk institute of railway transport, 2005. – Digest 2. – p. 54-59.
- Chernyak Yu.V. Farmation of parameters of gas-air stream for dispersion of the fulfilled gases of diesel locomotives/ J.V.Chernjak, M.V. Palamarchuk, A.M. Gushchin, Ye.A. Bondar, N.V. Volodaretc // Collection of Transactions.-Donetsk: Donetsk Institute of Railway Transport, 2007. – Digest №9. – p. 125-135.
- Chernyak Yu.V. The combined decision of the equation of the ejecting device characteristics and the equation of gas dispersion in atmosphere/ J.V. Chernjak, A.M. Gushchin, Ye. A. Bondar // Collection of scientific articles.- Donetsk: DonIRT, 2007.-Digest № 12.-P. 101 - 108.
- Kagramanian A.O. Standertization surge polluting material from heat engines/ A.O. Kagramanian, A.V. Onischenko, P.V. Rukavishnikov//Collection of scientific works. - Donetsk: DonIRT, 2008. – Digest No. 16. - P. 94 - 106.

9. Falendysh A. The analysis of regulatory requirements for determining the emission of pollutants from exhaust gases from engines internal combustion diesel locomotives/ A.Falendysh, V. Hatchenko, Y. Cherniak, O. Kletska // Collection of scientific articles.- Kyiv: DETUT, 2016.- Digest № 29.-P. 235-247.
10. GSTU 32.001-94. 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.
11. GOST 50953-96 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.
12. GOST R 50953-2008. 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.
13. GOST 31967 – 2012. 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.
14. GOST 30574-98. 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.

Фалендыш А.П., Гатченко В.А., Клецка О.В.
Анализ подходов к расчету выбросов загрязняющих веществ с отработанными газами дизелей тепловозов.

В статье рассмотрен вопрос о подходах к расчету выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей тепловозов. Выполнен расчет выбросов вредных веществ с отработавшими газами тепловозных двигателей внутреннего сгорания по разным методикам. Рассмотрены разные подходы к расчетам. Определено соответствие расчетных данных нормам выбросов нормативных документов разных стран.

Ключевые слова: выбросы загрязняющих веществ, отработанные газы, режимы испытаний, концентрации

вредных веществ, двигатели внутреннего сгорания, дизели тепловозов.

Falendysh A., Hatchenko V., Kletska O.
The analysis of approaches to the calculation of emissions from the exhaust gases of diesel locomotives.

The article considers the issue of approaches to the calculation of emissions of harmful substances with exhaust gases of internal-combustion engines of locomotives.

Based on the ecological tests of the locomotive, the concentrations of harmful substances in the exhaust gases were determined. Based on the results of the tests, the calculation of carbon monoxide, nitrogen oxides and hydrocarbons emissions with the exhaust gases of diesel locomotives was done by different methods. In the article methods of calculating the maximum permissible concentrations of harmful substances in the exhaust gases of internal combustion piston engines were considered. The analysis and comparison of approaches to calculation of emissions of polluting substances with the full-filled gases is executed.

The compliance of the calculated data with the norms of the maximum permissible concentration of harmful substances in the exhaust gases of diesel locomotives according to normative documents of different countries is determined.

Keywords: emissions of pollutants, waste gases, test modes, concentration of harmful substances, internal combustion engines, diesel locomotives.

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

Гатченко В. О., докторант, к.т.н., доцент – доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць» Державного економіко-технологічного університету транспорту.

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

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

Стаття подана 01.04.2017