

УДК 614.842

Т.М. Скоробагатько, А.В. Антонов, канд. тех. наук, ст. наук. співр., М.І. Копильний

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАСІННЯ БІНАРНИХ СУМІШЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ТОНКОРОЗПИЛЕНИМИ ВОДНИМИ ВОГНЕГАСНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Експериментально визначено дисперсність краплин досліджуваних водних вогнегасних речовин. Отримано значення критичних інтенсивностей подавання деяких тонкорозпиленних водних вогнегасних речовин для гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом. Визначено найефективніші з досліджуваних тонкорозпилені водні вогнегасні речовини, придатні для гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом.

Ключові слова: клас пожежі, тонкорозпилені водні вогнегасні речовини, експериментальна установка, дисперсність краплин, критична інтенсивність, ефективність гасіння.

T. Skorobagatko, A. Antonov, Cand. Of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., N. Kopylniy

EFFICIENCY OF DIESEL AND BIO DIESEL BINARY MIXTURES EXTINGUISHING WITH FINE SPRAYED WATER-BASED FIRE EXTINGUISHING SUBSTANCES

Dispersion of droplets of water-based fire extinguishing substances being researched has been determined experimentally. Values of the critical application rates of some fine sprayed water-based fire extinguishing substances for bio diesel and its mixtures with diesel fuel have been derived. Fine sprayed water-based fire extinguishing substances being the most effective among the researched ones suitable for bio diesel and its mixtures with diesel fuel extinguishing have been determined.

Keywords: fire class, fine sprayed water-based fire extinguishing substances, experimental setup, droplets dispersion, critical application rate, extinguishing efficiency.

Горіння дизельного та біодизельного палива відповідно до [1] класифікується як пожежа класу В (горіння рідин), підклас В1 (горіння рідких речовин, нерозчинних у воді, наприклад: бензину, ефіру, нафтового палива, тощо).

На теперішній час однією із найефективніших вогнегасних речовин, що застосовується для гасіння пожеж, як класу А, так і класу В, є тонкорозпилена вода, яка останнім часом широко застосовується у системах протипожежного захисту об'єктів різного функціонального призначення.

Перевагами води є її дешевизна і доступність, відносно висока питома теплоємність, висока питома теплота випаровування, хімічна інертність по відношенню до більшості речовин і матеріалів.

Найбільш ефективним способом подачі води є її розпилення під високим тиском з отриманням крапель певного розміру. Крім того, з метою підвищення вогнегасної ефективності води, а відповідно і з метою зменшення її кількості для потреб пожежогасіння, до складу води нерідко додають різноманітні добавки, у результаті чого утворюються відповідні водні розчини.

Аналіз нормативних документів, довідкової літератури та інших джерел інформації вказує на те, що застосування тонкорозпиленої води для цілей пожежогасіння в Україні, щонайменше, передбачено відповідними нормами. Так, наприклад, нормативний документ [2] для об'єктів складів нафти та нафтопродуктів у п. 17.2.15 передбачає застосування автоматичних систем пожежогасіння тонкорозпиленою водою та регламентує

відповідні інтенсивності подавання вогнегасної речовини для гасіння бензину, дизельного палива, а також нафти та нафтопродуктів з температурою спалаху понад 28 °С.

Виходячи з вищезазначеного, питання можливості застосування тонкорозпиленої води або її розчинів для гасіння біодизельного палива за допомогою автоматичних систем пожежогасіння, первинних засобів пожежогасіння, спеціальної пересувної техніки є актуальним та потребує вирішення.

Вирішення даного питання можливе за рахунок проведення експериментальних вогневих випробувань та внесення відповідних змін та доповнень до нормативних документів, що діють у цій сфері.

Метою досліджень, описаних у цій роботі, є експериментальне визначення параметрів подавання тонкорозпилених водних вогнегасних речовин для гасіння модельних вогнищ пожеж класу В у разі горіння біодизельного палива [3] та його сумішей з дизельним паливом [4].

Об'єкт досліджень – вогнегасна ефективність тонкорозпилених водних вогнегасних речовин під час гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом.

Предмет досліджень – вплив добавок до води на значення критичних інтенсивності її подавання тонко розпиленими струменями під час гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом.

Дослідження проводились за допомогою експериментальної установки, схема якої представлена на рисунку 1.

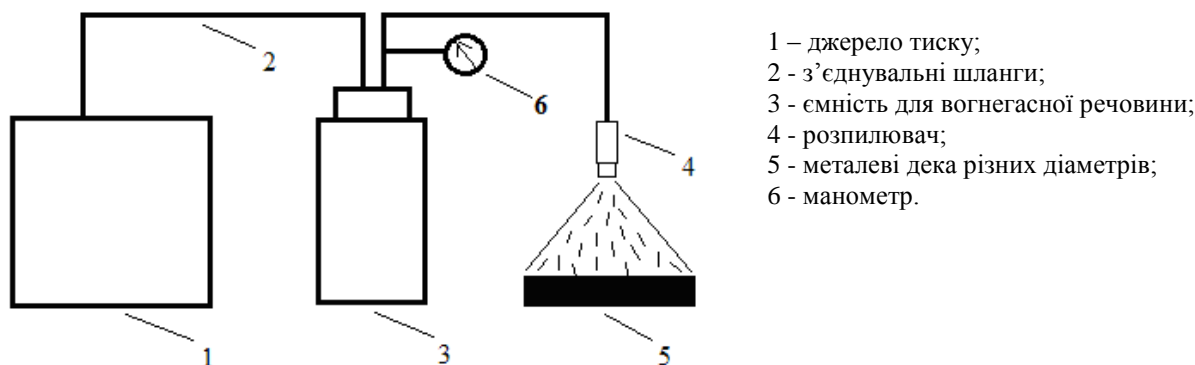


Рисунок 1 – Установка з експериментального визначення вогнегасної ефективності тонкорозпилених водних вогнегасних речовин

Сутність методики проведення експериментальних досліджень полягає у визначенні критичної інтенсивності подавання вогнегасної речовини, як відношення витрати для максимальної площі модельного вогнища пожежі класу В, який вдалося погасити за період часу не більше 30 с. У якості пального застосовували біодизельне паливо та його суміші з дизельним паливом.

Тиск в ємності для вогнегасної речовини складав $P=6$ Атм, витрата вогнегасної речовини через розпилювач (рідкопаливна форсунка “Danfoss” OD, S, 45°) $q=0,391\div 0,421$ мл/с, час вільного горіння горючої речовини $T=30$ с, діаметри модельних вогнищ пожежі класу В $d=0,100\div 0,250$ м.

Розрахунок інтенсивності подавання вогнегасної речовини проводили за формулою (1):

$$I = \frac{q}{S} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{q}{d^2} = 1,27 \cdot \frac{q}{d^2}, \quad (1)$$

де: q – витрата вогнегасної речовини, мл/с;

S – площа поверхні модельного вогнища пожежі, м²;

d – діаметр модельного вогнища пожежі, м.

Перед початком проведення випробувань з визначення критичних інтенсивностей

подавання тонкорозпилених водних вогнегасних речовин, для мінімальних концентрацій кожного з досліджуваних водних розчинів, за допомогою методу, регламентованого [5], були виміряні та розраховані середні значення показника розміру краплин ($D_{v0,9}$).

Результати досліджень дисперсності тонкорозпилених водних вогнегасних речовин наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювань та розрахунку середніх значень показника $D_{v0,9}$ для досліджуваних тонкорозпилених водних вогнегасних речовин

Вогнегасна речовина	Середнє значення показника $D_{v0,9}$, мкм	Критерій оцінки за [5] (для тонкорозпиленої води $D_{v0,9} \leq 1000$, мкм)
Вода	145,3	відповідає
Водний розчин K_2CO_3 1,0%	110,0	відповідає
Водний розчин “АFFF” (плівкоутворюючий фторсинтетичний піноутворювач) 0,1%	97,3	відповідає
Водний розчин “Пірена-1” (піноутворювач загального призначення) 0,1%	103,1	відповідає
Водний розчин K_2CO_3 (2,5%) та “АFFF” (0,25%)	124,8	відповідає

Як видно із табл. 1, дисперсність водних вогнегасних речовин, вогнегасна ефективність яких досліджувалась у даній роботі, відповідає вимогам європейського нормативного документа, що регламентує критерії віднесення води до тонкорозпиленої.

У табл. 2 наведено деякі фізико-хімічні властивості та показники пожежної небезпеки дизельного та біодизельного палива, які використовувались у якості палива під час проведення експериментальних досліджень. Показники пожежної небезпеки сумішей дизельного та біодизельного палива були визначені раніше під час проведення досліджень, описаних у [6].

Таблиця 2 – Основні фізико-хімічні властивості та показники пожежної небезпеки горючих речовин, які використовувались як паливо під час проведення експериментальних досліджень

Найменування показника, розмірність	Вид палива					
	Дизельне паливо (ДП) [4] (дані визначені експериментально)	Біодизельне паливо (БД) [3] (дані визначені експериментально)	Вміст БД у ДП, (% відн.)			
			10:90	15:85	30:70	50:50
Густина за температури 15-20 °C, кг/м ³ , у межах	820-845	860-900	835	838	847	868
Кінематична в'язкість за температури 40 °C, мм ² /с, у межах	2,0-4,5	3,5-5,0	3,3	3,4	3,5	4,2
Нижча теплота згорання, МДж/кг	43,5	37,8	43,0	42,7	41,8	40,6
Температура спалаху у закритому тиглі, °C, не менше	55 (60)	120 (145)	(71)	(74)	(77)	(78)
Температура спалаху у відкритому тиглі, °C, не менше	(64)	(164)	(72)	(75)	(87)	(97)
Температура займання, °C, не менше	(86)	(194)	(92)	(93)	(111)	(115)
Температура самозаймання, °C, не менше	(227)	(228)	(225)	(225)	(225)	(226)

На рисунку 2 відображено характер зміни пожежонебезпечних властивостей дизельного та біодизельного палива у разі їх змішування в певних пропорціях.

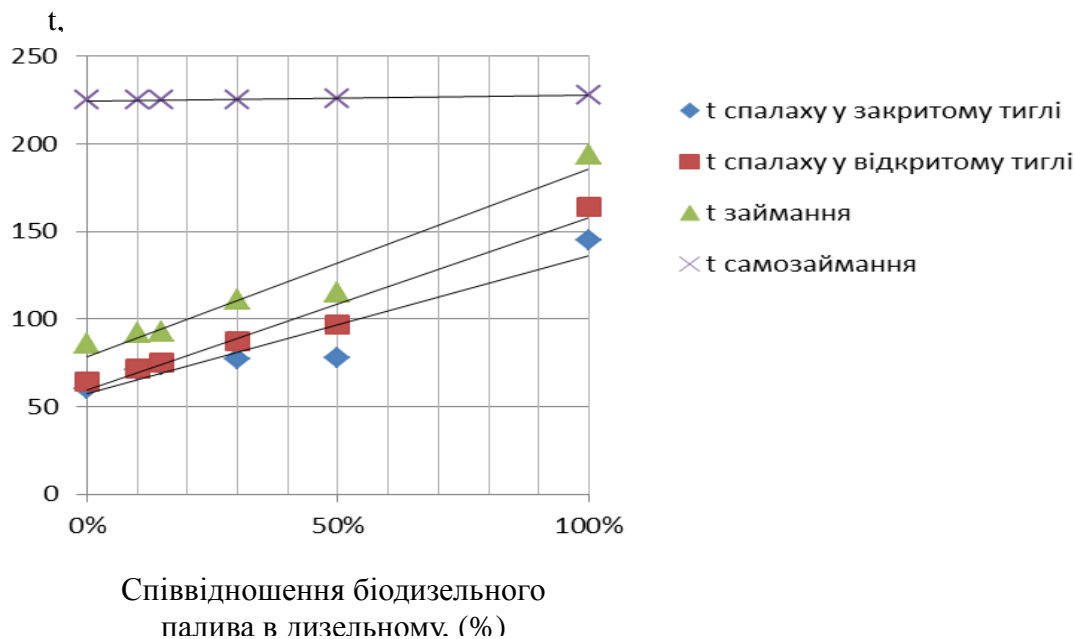


Рисунок 2 – Основні пожежонебезпечні характеристики дизельного та біодизельного палива

Як видно з рисунку 2 температури спалаху у відкритому та закритому тиглях, а також температура займання для сумішей дизельного та біодизельного палива мають адитивний характер. Температура самозаймання дизельного палива, із додаванням до його складу біодизельного палива, не міняється.

У таблиці 3 та на рис. 3, 4 представлено результати експериментальних досліджень з визначення вогнегасної ефективності досліджуваних тонкорозпиленних водних вогнегасних речовин під час гасіння біодизельного та дизельного палива, а також їх сумішей.

Таблиця 3 – Результати експериментальних досліджень з визначення критичних інтенсивностей подавання тонкорозпиленних водних вогнегасних речовин під час гасіння біодизельного та дизельного палива, а також їх сумішей

Вогнегасна речовина	Горюча речовина (співвідношення ДП% : БД%)	Густина вогнегасної речовини, г/см ³	Діаметр погашеного модельного вогнища пожежі класу В, м	Критична інтенсивність подавання вогнегасної речовини, л/с·м ²
1	2	3	4	5
Вода	ДП	1,000	0,130	0,031
	БД		0,100	0,052
	90:10		0,120	0,036
	85:15		0,120	0,040
	70:30		0,110	0,043
5,0% водний розчин К ₂ СО ₃	ДП	1,042	0,250	0,013
	БД		>0,200	<0,013
	90:10		0,190	0,015
	85:15		0,200	0,014
	70:30		0,200	0,013

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
2,5% водний розчин K_2CO_3	ДП	1,019	0,160	0,019
	БД		>0,180	<0,016
	90:10		0,160	0,019
	85:15		0,160	0,019
	70:30		0,170	0,018
1,0% водний розчин K_2CO_3	ДП	1,008	0,150	0,024
	БД		0,170	0,018
	90:10		0,150	0,024
	85:15		0,150	0,020
	70:30		0,160	0,020
0,5% водний розчин "АFFF" (плівкоутворюючий фторсинтетичний піноутворювач)	ДП	1,002	0,150	0,022
	БД		0,190	0,014
	90:10		0,150	0,022
	85:15		0,160	0,016
	70:30		0,170	0,017
0,25% водний розчин "АFFF" (плівкоутворюючий фторсинтетичний піноутворювач)	ДП	1,002	0,150	0,022
	БД		0,190	0,014
	90:10		0,150	0,022
	85:15		0,160	0,019
	70:30		0,170	0,017
0,1% водний розчин "АFFF" (плівкоутворюючий фторсинтетичний піноутворювач)	ДП	1,000	0,150	0,026
	БД		0,190	0,014
	90:10		0,150	0,022
	85:15		0,160	0,020
	70:30		0,170	0,018
0,5% водний розчин "Пірена-1" (піноутворювач загального призначення)	ДП	1,002	0,170	0,017
	БД		0,200	$\leq 0,012$
	90:10		0,170	0,017
	85:15		0,170	0,017
	70:30		0,180	0,015
0,25% водний розчин "Пірена-1" (піноутворювач загального призначення)	ДП	1,002	0,150	0,022
	БД		0,190	0,014
	90:10		0,160	0,019
	85:15		0,160	0,019
	70:30		0,170	0,017
0,1% водний розчин "Пірена-1" (піноутворювач загального призначення)	ДП	1,002	0,150	0,021
	БД		0,190	0,013
	90:10		0,160	0,019
	85:15		0,160	0,019
	70:30		0,170	0,016
Водний розчин K_2CO_3 (2,5%) та "АFFF" (0,25%)	ДП	1,022	0,160	0,019
	БД		0,200	<0,013
	90:10		0,160	0,019
	85:15		0,160	0,019
	70:30		0,170	0,017

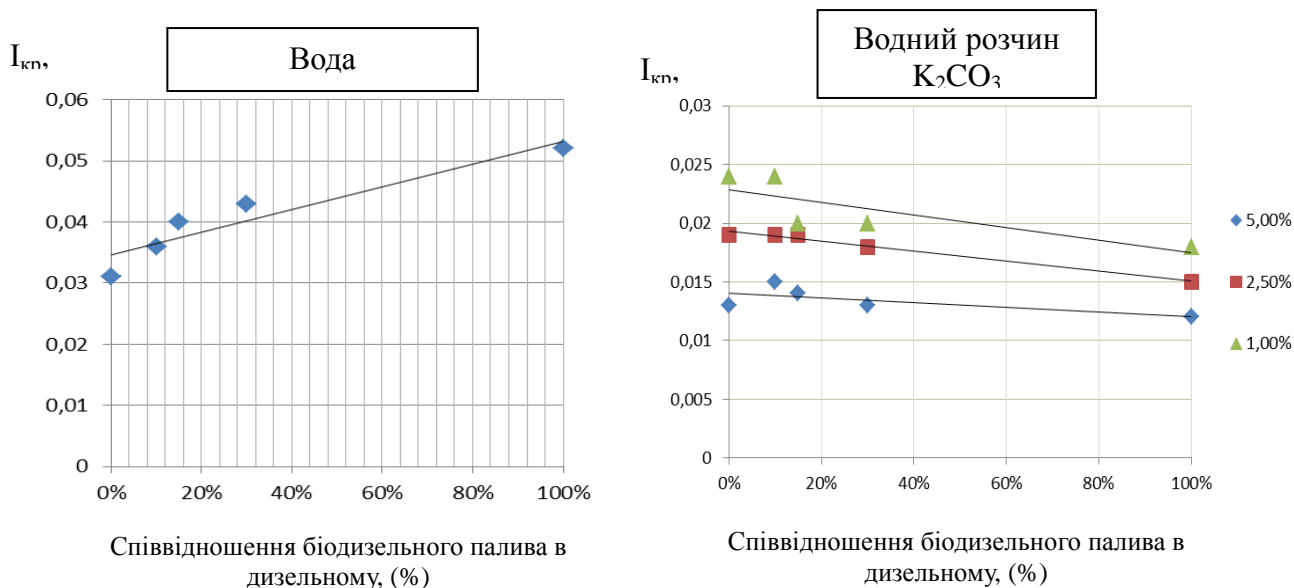


Рисунок 3 – Результати експериментальних досліджень вогнегасної ефективності тонкорозпиленої води та водного розчину K_2CO_3 під час гасіння біодизельного палива, дизельного палива та їх сумішей

З рисунку 3 видно, що критична інтенсивність подавання тонкорозпиленої води ($I_{кр}$) під час гасіння біодизельного палива складає $0,031 \text{ (л/с}\cdot\text{м}^2)$. У порівнянні з аналогічним показником по дизельному паливу, її значення більше на 40 %. Тобто, гасіння біодизельного палива тонкорозпиленою водою без будь-яких добавок можливе, але менш ефективне, ніж гасіння дизельного палива.

Крім того, з додаванням біодизельного палива до дизельного палива, значення критичних інтенсивностей подавання, досліджуваних тонкорозпилених водних вогнегасних речовин, за виключенням води, зменшується.

У разі гасіння біодизельного палива водним розчином 5,0%, 2,5% та 1,0% K_2CO_3 критична інтенсивність подавання вогнегасної речовини складає $0,013 \text{ (л/с}\cdot\text{м}^2)$, $0,016 \text{ (л/с}\cdot\text{м}^2)$ та $0,018 \text{ (л/с}\cdot\text{м}^2)$ відповідно. Тобто, додавання до води певної кількості K_2CO_3 дозволяє підвищити її вогнегасну ефективність під час гасіння біодизельного палива у декілька раз.

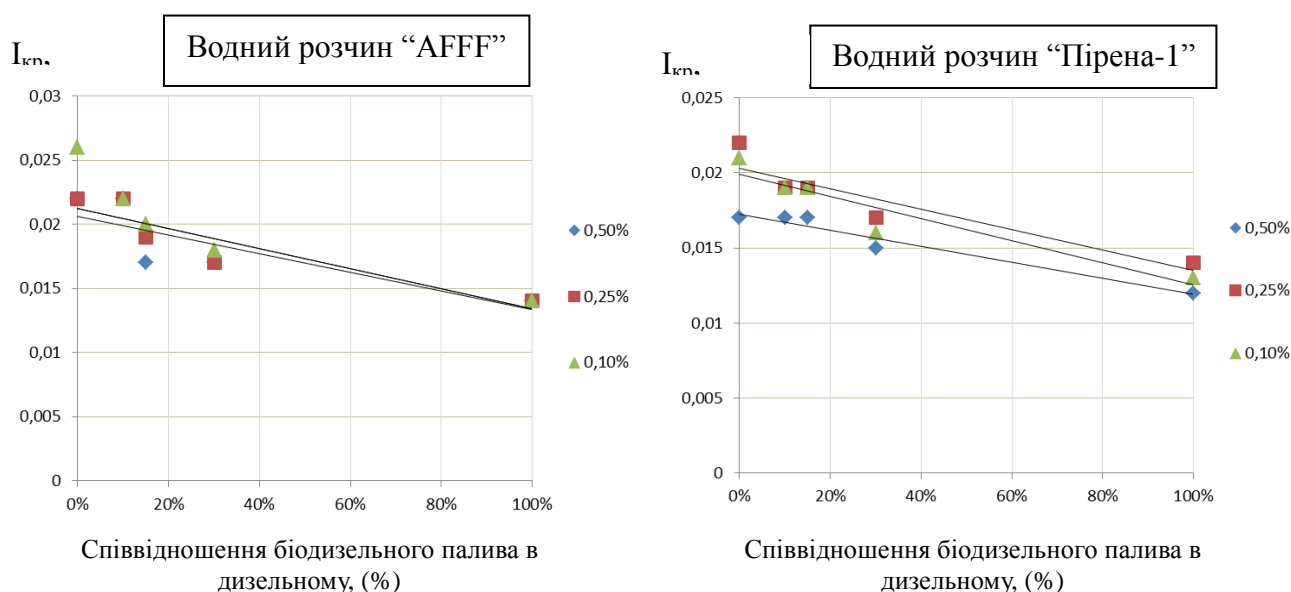


Рисунок 4 – Результати експериментальних досліджень вогнегасної ефективності водних розчинів “AFFF” та “Пірена-1” під час гасіння біодизельного палива, дизельного

палива та їх сумішей

У разі гасіння біодизельного палива водним розчином 0,5%, 0,25% та 0,1% плівкоутворюючого фторсинтетичного піноутворювача “AFFF” критична інтенсивність подавання вогнегасної речовини складає 0,014 (л/с·м²) для всіх трьох концентрацій.

Критична інтенсивність подавання водного розчину 0,5%, 0,25% та 0,1% піноутворювача загального призначення “Пірена-1” під час гасіння біодизельного палива складає 0,012 (л/с·м²), 0,014 (л/с·м²) та 0,013 (л/с·м²) відповідно.

Тобто, як і у випадку з водним розчином K₂CO₃, додавання до води піноутворювачів у певній кількості, у порівнянні з тонкорозпиленою водою без будь-яких добавок, також дозволяє підвищити її вогнегасну ефективність під час гасіння біодизельного палива у декілька раз.

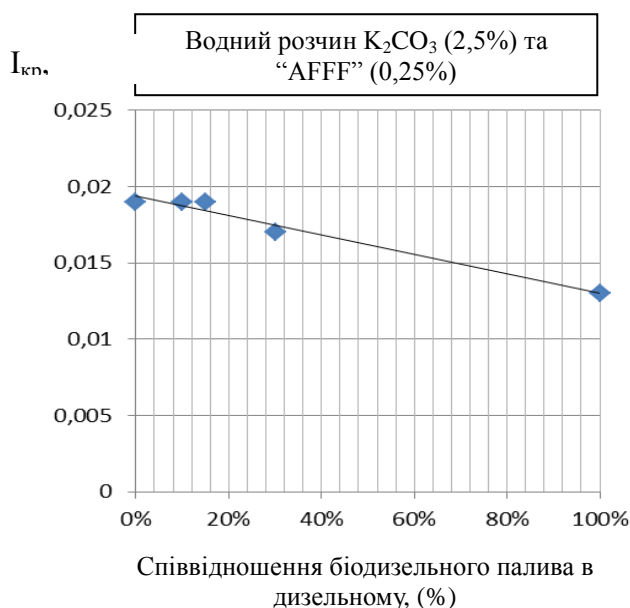


Рисунок 4 – Результати експериментальних досліджень вогнегасної ефективності водного розчину K₂CO₃ (2,5%) та “AFFF” (0,25%) під час гасіння біодизельного палива, дизельного палива та їх сумішей

У разі гасіння біодизельного палива водним розчином K₂CO₃ (2,5%) та “AFFF” (0,25%) критична інтенсивність подавання вогнегасної речовини складає 0,013 (л/с·м²). Для даного водного розчину спостерігається ефект синергізму, оскільки значення критичної ефективності зменшилось, у порівнянні зі значеннями критичних інтенсивностей водних розчинів, що входять до його складу.

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1) тонкорозпилена вода придатна для гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом. Критична інтенсивність подавання тонкорозпиленої води для гасіння біодизельного палива складає 0,031 (л/с·м²), для гасіння дизельного палива – 0,052 (л/с·м²);

2) найбільш ефективною водною вогнегасною речовиною для гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом тонкорозпиленними струменями, серед досліджених, є водний розчин K₂CO₃ 5%, критична інтенсивність подавання якої менша 0,013 (л/с·м²);

3) додавання до води 0,1% піноутворювача загального або спеціального призначення дозволяє підвищити її вогнегасну ефективність, до рівня водного розчину K₂CO₃ 5%. Критична інтенсивність подавання водного розчину “AFFF” 0,1% та “Пірена-1” складає 0,014 (л/с·м²) та 0,013 (л/с·м²) відповідно;

4) експериментально підтверджено можливість підвищення вогнегасної ефективності за значенням критичної інтенсивності подавання тонкорозпиленої води під час гасіння

біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом у чотири рази, шляхом додавання до її складу K_2CO_3 або піноутворювачів “AFFF” та “Пірена-1”.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 27331-87 Пожарная техника. Классификация пожаров.
2. ВБН В.2.2-58.1-94 Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.
3. ДСТУ 6081:2009 Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги.
4. ДСТУ 4840:2007 Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови.
5. CEN/TS 14972:2011 Fixed firefighting systems — Watermist systems — Design and installation (Стаціонарні системи пожежогасіння. Системи пожежогасіння тонкорозпиленими водними вогнегасними речовинами).
6. Скоробагатько Т.М. Шляхи забезпечення протипожежного захисту процесів виробництва рідкого моторного біопалива та об'єктів з його наявністю /
7. Т.М. Скоробагатько, В.О. Боровиков, Д.Г. Білкун // Науковий вісник. – К.:УкрНДІПБ, 2011 – № 2 (24). – С. 124-131.

