

Колодницька Р.В., доцент кафедри АіТТ, к.т.н., доц.  
Державний університет «Житомирська політехніка»

## ВІДНОВЛЮВАЛЬНЕ ДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО ЯК ЗАМІННИК ВИКОПНОГО ПАЛИВА ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Відновлювальні джерела енергії є потребою часу в умовах нинішнього дефіциту енергії у світі. Вчені та дослідники шукають шляхи заміни традиційних енергоресурсів відновлюваними, особливо це актуально для транспортного сектору, де витрачається третина енергії, що виробляється. Майже вся ця енергія походить від викопних палив, які містять вуглеводні в їх складі, що приводить до шкідливих викидів та викидів вуглекислого газу. Отже, потрібно замінити викопні палива на палива з відновлювальних джерел енергії. У зв'язку з цим в якості заміни дизельних палив для транспортного сектору розглядають біопалива [1].

Житомирська політехніка, кафедра автомобілів і транспортних технологій займається дослідженнями заміників дизельного палива для автомобільного транспорту, починаючи з 2000 року. Більшість досліджень було присвячено використанню в автомобільному транспорті біодизельних палив (БД) з різної сировини. Дана робота присвячена аналізу складових частин відновлювального дизельного палива (renewable diesel, RD). Це паливо ще називають HVO (hydrotreated vegetable oil). RD вже комерційно виробляють у США, Фінляндії, Швеції та інших країнах світу. У порівнянні з дизельним паливом (ДП) відновлювальне паливо має нижчу густину, порівняну в'язкість, але яка менша, ніж у біодизельного палива [2].

В роботі [3] досліджено випаровування БД та його сумішей у порівнянні з ДП. Враховуючи, що тиск насиченого пару для ДП становить біля 1000 Па, а тиск пару для БД - біля 1 Па, очікується, що ДП буде випаровуватися швидше, ніж біодизельне. Моделювання випаровування біодизельного палива показує, що великий вплив на процес випаровування має склад палива.

Відомо, що до складу палива RD входять в основному алкани. В роботі [4] проведено детальний аналіз структури RD. В таблиці 1 [5] показано складову частину палива, що має назву «адамтан» та її похідні.

Таблиця 1.

Compounds	Речовина	Код	Емпірична формула	Молекулярна маса
Adamantane	Адамтан (трициклодекан)	A	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136
1-Methyladamantane	1-Метиладамтан	1-MA	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub>	150
1,3-Dimethyladamantane	1,3-Диметиладамтан	1,3-DMA	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub>	164
1,3,5-Trimethyladamantane	1,3,5-триметиладамтан	1,3,5-TMA	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub>	178
1,3,5,7-Tetramethyladamantane	1,3,5,7-тетраметиладамтан	1,3,5,7-TeMA	C <sub>14</sub> H <sub>24</sub>	192
2-Methyladamantane	2-метиладамтан	2-MA	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub>	150
1,4-Dimethyladamantane, <i>cis</i>	1,4-Диметиладамтан, <i>цис</i>	1,4-DMA, <i>cis</i>	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub>	164
1,4-Dimethyladamantane, <i>trans</i>	1,4-Диметиладамтан, <i>пер</i>	1,4-DMA, <i>trans</i>	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub>	164
1,3,6-Trimethyladamantane	1,3,6-триметиладамтан	1,3,6-TMA	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub>	178
1,2-Dimethyladamantane	1,2-Диметиладамтан	1,2-DMA	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub>	164
1,3,4-Trimethyladamantane, <i>cis</i>	1,3,4-Триметиладамтан, <i>цис</i>	1,3,4-TMA, <i>cis</i>	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub>	178
1,3,4-Trimethyladamantane, <i>trans</i>	1,3,4-Триметиладамтан, <i>пер</i>	1,3,4-TMA, <i>trans</i>	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub>	178
1,2,5,7-Tetramethyladamantane	1,2,5,7-тетраметиладамтан	1,2,5,7-TeMA	C <sub>14</sub> H <sub>24</sub>	192
1-Ethyladamantane	1-Етиладамтан	1-EA	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub>	164
1-Ethyl-3-methyladamantane	1-етил-3-метиладамтан	1-E-3-MA	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub>	178

Оскільки в молекулі адамантану просторове розташування атомів вуглецю повторює розташування атомів в кристалічній решітці алмазу, то назва сполуки походить від грецького слова  $\alpha\delta\beta\alpha\varsigma$ , що значить «незламний» і також «алмаз». Температура плавлення адамантану складає 268 °С.

На рис. 1 показана концентрація адамантану (мікрограм/грам) та його похідних у відновлювальному паливі (Renewable diesel) у порівнянні в двома дизельними паливами з 5% біодизельного палива, та з трьома дизельними паливами для морських перевезень.

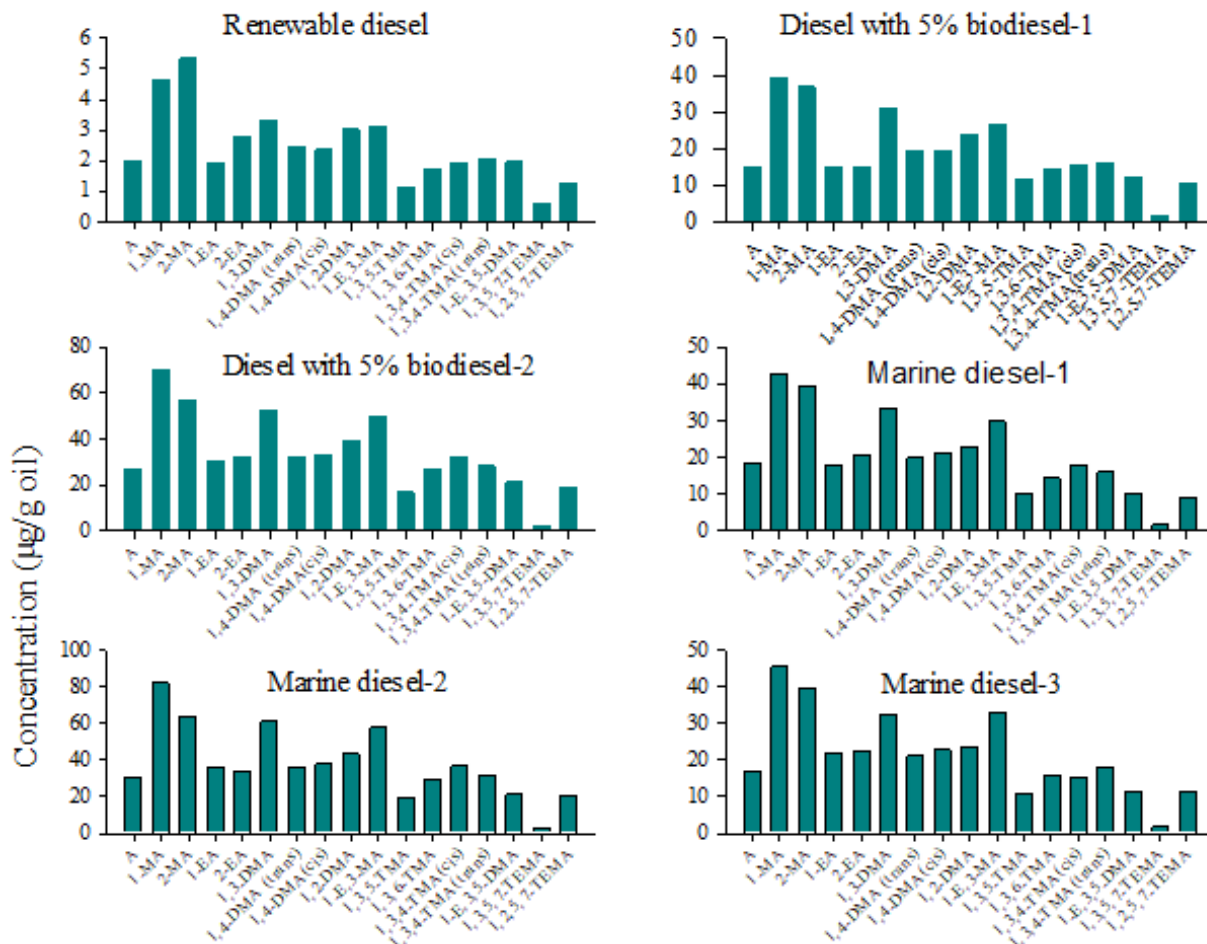


Рисунок 1. Вміст адамантанів в паливах, що випробовувалися (адаптовано з [4])

Хроматографічні характеристики адамантанів в RD і дизельних паливах, що досліджувались в [4], були схожими, що вказує на схожі моделі розподілу. Однак вміст адамантанів у всіх дизельних паливах з переважанням викопних палив, був значно вищим, ніж у RD. Адамантан і його похідні утворюються на ранній діагенетичній стадії органічної речовини в нафтових оліях, так як вони зустрічаються в незрілих і низькозрілих торфах і осадових породах або при високотемпературному крекінгу в процесах переробки нафти [4].

Наявність адамантанів в RD пояснюється процесом ізомеризації парафінового палива в процесі каталітичної гідроочистки вихідних продуктів, вироблених з біомаси при високій температурі [4]. Структура адамантанів надає паливу термічну та мікробну стабільність, роблячи їх стійкими до деградації. Однак адамантани мають температуру кипіння приблизно 190–235 °С, що можна порівняти з температурами кипіння n-алканів у діапазоні від n-C11 до n-C13.

Щоб перевірити це припущення в [4] було досліджено вміст адамантанів у RD. Вміст адамантанів не відрізнявся між свіжим (fresh) RD і W1 RD (втрата маси на 3,13%). Однак з подальшим вивітрюванням чисельність адамантану зменшилася в W2 RD з втратою маси 6,26%. Крім того, адамантани в більш легкому кінці спектру, такі як адамантан, 1,4-диметиламантан (дис), повністю випарувались в W3 RD з втратою маси 9,70%. Нарешті, всі адамантани випарувались в W4 RD, втративши масу на 15,7%.

На рис. 2 показано порівняння випаровування різних видів палив, що досліджувались [4], у порівнянні з відновлювальним паливом.

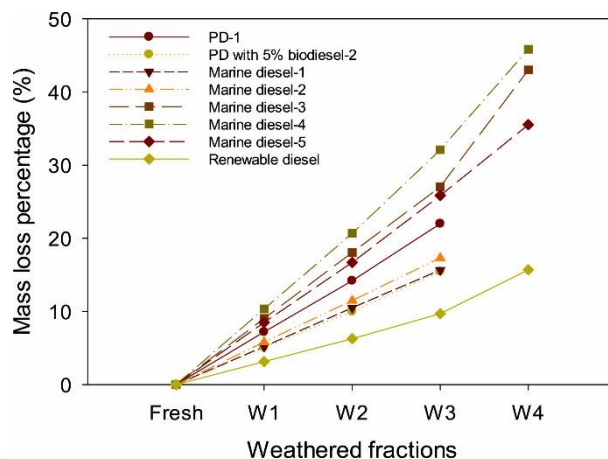


Рисунок 2. Втрата маси в результаті випаровування різних видів палива у порівнянні з відновлювальним паливом [4].

Як видно з рисунку 2 втрати маси RD внаслідок вивітрювання (в основному це було випаровування) були загалом нижчими, ніж у всіх досліджуваних дизельних палив. Ця закономірність свідчить про те, як вважають в [4], що звичайні ДП містять більш високі рівні летких речовин. RD містить набагато менше летких компонентів, ніж ДП-1 і ДП з 5% біодизеля-1.

Отже, актуальною задачею на майбутнє є моделювання випаровування відновлювального палива у ДВЗ автомобільного транспорту.

#### Література

1. Khan M. A. P., Durez A. and Khan L. A.. Comparison of Evaporation in Conventional Diesel and Bio-Fuel Droplets in Engine Cylinder. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110683>.
2. Колодницька Р.В., Кравченко О. П. Відновлювальне дизельне паливо та синтетичне паливо як альтернатива для дизельного палива. //Вісник Житомирського державного технологічного Університету – 2019. – № 1 (83). Технічні науки. – С. 3– 11.
3. Saha K., Abu-Ramadan E., Li H. (2012). Multicomponent evaporation model for pure and blended biodieseldroplets in high temperature convective environment. *Applied Energy* 93, 71-79.
4. Yang Z., Shah K., Pilon-McCullough C. Characterization of renewable diesel, petroleum diesel and renewable diesel/biodiesel/petroleum diesel blends. *Renewable Energy* 224 (2024) 120151.
5. Wang Z., Yang C., Yang Z., Brown, C.E., Hollebhone, B.P., Stout, S.A. (2016). Petroleum biomarker fingerprinting for oil spill characterization and source identification. in: Stout, S.A., Wang, Z. (Eds.). *Standard handbook oil spill environmental forensics-fingerprinting and source identification*. Elsevier Inc., London, UK, pp. 131-254.