

**Девіз «Екологія»**

**Вплив застосування кисню в містких компонентах та екологічні  
показники дизельного двигуна**

<b>ЗМІСТ</b>	<b>Стор.</b>
ВСТУП	3
1. Біопалива та їх використання	4
2. Світове виробництво та використання біоетанолу	6
3. Потенціал виробництва біоетанолу в Україні	8
3.1 Вихідний потенціал для виробництва рідкого біопалива	10
4. Можливі схеми використання біоетанолу в дизельному двигуні	12
4.1. Присадки для підвищення цитанового числа	13
4.2. Спиртово-дизельні емульсії	13
4.3. Фумігація	15
4.4. Подвійне введення	17
4.5. Нагріті поверхні	17
4.6. Запалення від іскри	17
5. Система живлення	18
6. Економічне обґрунтування	21
ВИСНОВКИ	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	25

## ВСТУП

На сьогоднішній день двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) є найрозповсюдженішими.

Їх широке поширення обумовлено тим, що в результаті багаторічного розвитку, який став можливим завдяки загальному науково-технічному прогресу, успіхів металургії і машинобудування, вони досягли досить високих енергетичних і економічних показників, володіють достатньою надійністю і добре освоєні у виробництві.

До їх недоліків слід віднести те, що відпрацьовані гази містять велику кількість шкідливих речовин, які завдають непоправної шкоди здоров'ю людини, зведеним їм будівель і споруд, навколишньої природи у сучасному двигунобудування поліпшення екологічних показників, що завдається ДВЗ, є найважливішою самостійною задачею.

Тому актуальним є забезпечення відповідності дизелів чинним і перспективним нормам по токсичності шкідливих речовин .

Одним з ефективних засобів поліпшення екології є застосування альтернативних палив, у тому числі біопалива. Їх привабливість полягає в невичерпності сировинної бази для їх виробництва і хорошими екологічними якостями.

В даний час біодизельне паливо є одним з найпоширеніших біопалив у світі. Відповідно до стандартів у більшості країн, біологічне дизельне паливо - це метилові складні ефіри рослинних олій, які виготовляються з реп'яхової, пальмової, соєвої, соняшникової, кукурудзяної, арахісової та інших олій. Також можуть використовуватися тваринні жири.

Ще одним альтернативним джерелом палива є етанол. Етанол (етиловий спирт,  $C^2H^5OH$ ), який витягується з цукрової патоки, його використовують для приготування паливних сумішей в двигунах внутрішнього згорання. Добавка етанолу дозволяє поліпшити якісні показники, сумішоутворення і згорання.

## **1. Біопалива та їх використання**

До основних показників двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) відносять паливну економічність і токсичність відпрацьованих газів. Мобільні енергетичні засоби (МЕЗ) є основним джерелом викидів токсичних речовин в атмосферу. Так, наприклад транспортні викиди шкідливих речовин становлять 60,6%, в США. Тому до пріоритетних напрямів відносять поліпшення їх екологічних показників ДВЗ.

Одним з ефективних засобів поліпшення екології є застосування альтернативних палив, у тому числі біопалива. Їх привабливість полягає в невичерпності сировинної бази для їх виробництва і хорошими екологічними якостями. Біодизель можна виготовити з будь-якого рослинного масла або тваринного жиру. Рослинні олії можуть використовуватися як паливо для дизельних двигунів як у сирому вигляді, так і у вигляді метилових ефірів рослинних масел. Найпопулярніший у світі стандарт біодизеля – європейський.

В даний час біодизельне паливо є одним з найпоширеніших біопалив у світі. Відповідно до стандартів у більшості країн, біологічне дизельне паливо - це метилові складні ефіри рослинних олій, які виготовляються з реп'яхової, пальмової, соєвої, соняшникової, кукурудзяної, арахісової та інших олій. Також можуть використовуватися тваринні жири.

Як правило, собівартість біодизеля вище, ніж нафтового палива, однак ключовими аспектами є доступність а не ціна. За останіми даними ріпакова олія та кукурудза є найважливішими джерелами сировини у виробництві біодизеля. Найбільша кількість біодизеля виробляється та використовується в Німеччині та США. Це досягається за допомогою державної політики, спрямованої на збільшення використання відновлюваної енергії. Найбільшим експортером біодизеля є Аргентина. В останні роки його частка на зовнішньому ринку становить 50-60%.

Виробництво біодизеля стало комерційним на початку 90-х років ХХ століття, особливо в тих країнах, які оцінюють реальні довгострокові вигоди від його використання та приймають відповідні рішення щодо його реалізації.

Організація виробництва біопалива є перспективним напрямком для зменшення енергетичної залежності від постачальників нафти та природного газу. Використання біопалива зменшує тиск людини на навколишнє середовище та зберігає природні ресурси шляхом переробки відновлюваної сільськогосподарської сировини та відходів переробних галузей агропромислового комплексу.

Ще одним альтернативним джерелом палива є етанол. Етанол (етилловий спирт,  $C^2H^5OH$ ), який витягується з цукрової патоки, його використовують для приготування паливних сумішей в двигунах внутрішнього згорання. Додаток етанолу дозволяє поліпшити якісні показники, сумішоутворення і згорання. Однак існує проблема, погана змішуваність з дизельним паливом. Вона може бути вирішена шляхом використання безводного етанолу. Роздільне використання емульсій етанолу поліпшить процеси розпилювання палива, сумішоутворення і згорання.

Найбільш важливим джерелом сировини для виробництва біоетанолу є кукурудза. США на сьогодні є найважливішим виробником біоетанолу.

Сучасний етап розвитку енергетики характеризується неминучим виснаженням світових запасів корисних копалин при одночасному збільшенні енергоспоживання. За прогнозами до 2020 році споживання енергоресурсів складе 18-20 млрд. тонн на рік в нафтовому еквіваленті. Очікується, що до середини нинішнього століття зростання споживання первинних ресурсів у порівнянні з 2010 р подвоїться і складе близько 28 млрд. тонн в нафтовому еквіваленті. При цьому зросте роль поновлюваних енергетичних ресурсів. Планується, що через найближчі 10 років частка поновлюваних джерел енергії в енергобалансі провідних промислових країн складе від 10 до 30%. Так, відповідно до даних роботи до 2019 року обсяг ринку «чистих» технологій складе 325,9 млрд дол. США

У всьому світі використовується декілька поширених етанольних сумішей палива. Використання чистого водного або безводного етанолу в двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ) можливе лише в тому випадку, якщо

двигуни розроблені або модифіковані для цієї мети і використовуються лише в автомобілях, легкових автомобілях і мотоциклах. Етанол може бути як безводним, так і «водним», з об'ємним вмістом води до 4%. Етанольні паливні суміші мають "Е" числа, які описують відсотковий вміст етанольного палива в суміші за обсягом, наприклад, Е85 становить 85% безводного етанолу та 15% бензину. Для приготування етаноло-бензинової суміші, що використовується в якості моторного палива, етанол додають від 5% до 85%. Можна також використовувати чистий етанол.

Безводний етанол може бути змішаний з бензином для використання в бензинових двигунах, але з високим вмістом етанолу лише після незначних модифікацій двигуна. Об'ємна частина етанолу, доданого до бензину, залежить від багатьох факторів. Додавання 6-8% етанолу не потребує модернізації двигунів, призначених для використання бензину. Це впливає на вибір вмісту етанолу в паливній суміші та співвідношенню ціни на етанол та бензин. Додавання етанолу до бензину збільшує октанове число суміші. Виявлено, що кожні 3% доданого етанолу збільшують октанове число бензину до 1-1,5.

Розчин етанолу, який використовується як моторне паливо, містить значну кількість води.

Як безводний, так і водний етанол можна використовувати як компонент етаноло-бензинової суміші з об'ємною частиною води не більше 4%.

Водний етанол має перевагу через меншу вартість. Зневоднення пов'язане з додатковими витратами на енергію. Крім того, водний етанол піддають поділу.

## **2. Світове виробництво та використання біоетанолу**

У 2018 році було вироблено понад 120 млн. м<sup>3</sup> біоетанолу. Основна мета – зменшити використання викопних джерел енергії та скоротити викиди парникових газів. Основною сировини для виробництва біоетанолу є кукурудза, на цукрова тростина. США на сьогоднішній день є найбільшим виробником біоетанолу з показником 60,9 млн м<sup>3</sup> в 2018 році, з них 98% базується на кукурудзі та 2% з інших видів біомаси. Причиною великого обсягу

виробництва серед інших в США став стандарт відновлюваного палива (RFS), започаткований в 2005 році, та вдосконалений у 2007 році. Стандарт вимагає, щоб транспортне паливо, яке продається в США, містило певний відсоток відновлюваних транспортних палив.

Друга за величиною країна, що виробляє біоетанол - Бразилія виробляє 30,1 млн м<sup>3</sup>. Південна Америка та Австралія переробляють цукрову тростину для отримання біоетанолу. Бразилія прийняла свою Національну програму з алкоголю у відповідь на нафтову кризу у сімдесятих роках з метою зменшення залежності країни від імпорту викопної енергії.

У ЄС-28 Директива про використання біопалива або іншого відновлюваного палива для транспорту (28/30 / EG) та Директива про оподаткування енергії (30/96 / EG) створили рамкові умови для виробництва європейського біодизеля та біоетанолу в 2003 році. У 2016 році в ЄС-28 було вироблено понад 5 млн. м<sup>3</sup> біоетанолу із зерна та цукрових буряків.

Частка США та Бразилії становить понад 90%

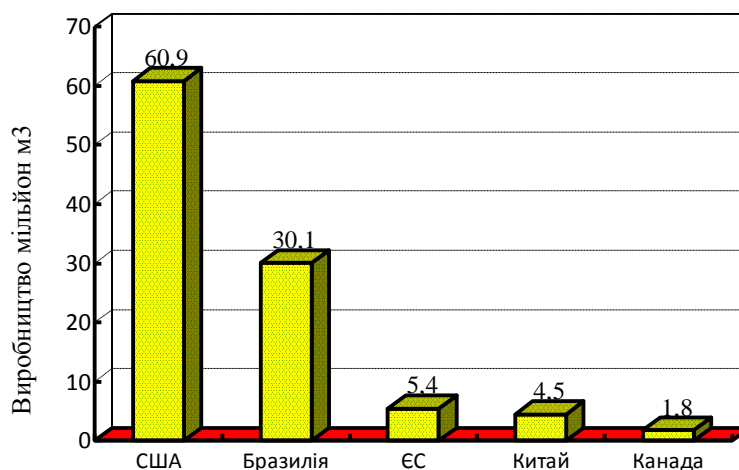


Рис. 1. Світове виробництво біоетанолу

У деяких країнах існують урядові програми з виробництва паливного етанолу. Світовими лідерами у цій галузі є США та Бразилія.

Вихід етанолу з одиниці площі змінюється в широких межах і залежить від виду сировини та системи виробництва країни. Наприклад, максимальний вихід біоетанолу на одиницю площі в Бразилії - 5476 л / га

Щільність енергії етанолу приблизно на 30% менша, ніж у бензину. Тому, щоб забезпечити економічну привабливість, його ціна повинна бути як мінімум на 30% меншою, ніж бензину. Сьогодні ця умова повністю задоволена лише в Бразилії. Це пояснюється сприятливими кліматичними умовами для вирощування біоенергетичної сировини - цукрової тростини. Дешева сировина дозволяє використовувати недорогий біоетанол - близько 0,05 USD / л.

Завдяки цьому виду палива США щорічно економить близько 1,5 мільярдів доларів на імпорті нафти, забезпечуючи стабільну роботу сільського господарства, створюються нові робочі місця за рахунок будівництва спиртзаводів та покращення екологічної ситуації. Існують податкові пільги на паливний етанол, що робить його дешевшим, ніж бензин.

Однак, визначаючи перспективи використання етанолу в якості моторного палива, необхідно враховувати не тільки його ціну, а й вартість енергії.

В ЄС Бензин в середньому містить до 10% етанолу. У 2001 році в ЄС прийняли директиву щодо використання біопалива в країнах Союзу - так звані "бідирективи" про обов'язковий вміст біопалива в звичайних видах палива для транспорту. Серед інших видів відновлюваних видів палива класифікують як біоетанол та ЕТВЕ (етил-трет-бутиловий ефір). Практично всі зареєстровані транспортні засоби в ЄС технічно придатні для використання палива з добавкою до 15% біоетанолу або ЕТВЕ.

Етанол, що використовується в якості транспортного палива, називається біоетанолом. У 2017 та 2018 роках внутрішнє виробництво та споживання майже врівноважуються.

Етанол використовується і в дизельних двигунах. Прикладом є паливо ED95.

### **3. Потенціал виробництва біоетанолу в Україні**

Запаси викопного палива розподілені нерівномірно. Україна не має достатньої кількості запасів викопного палива, тому вона є енергоімпортером. Відбулося зменшення виробництва енергоресурсів України. Тоді як



виробництво рослинництва зростає (рис. 2). Тому поновлювана енергія - єдиний корінний ресурс, який може покращити національну енергетичну безпеку.

Сільське господарство України має величезний потенціал відновлюваної енергії. Використання побічних продуктів сільськогосподарських культур та енергетичних культур може забезпечити споживачів теплом, електрикою та альтернативними видами палива для транспортних засобів. Це має велике значення, особливо для сільської місцевості.

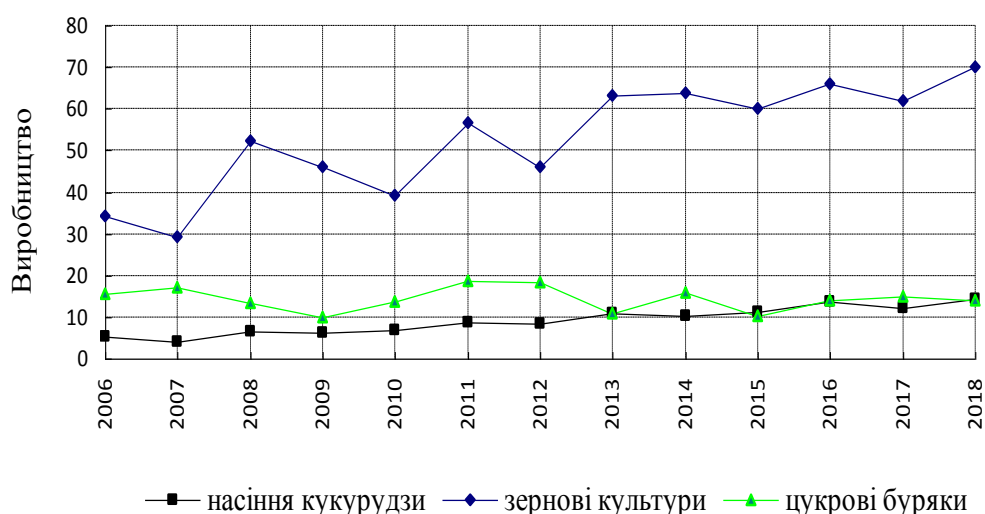


Рис. 2. Динаміка зростання рослинництва в Україні

Проаналізовані дані були зібрані з Державної служби статистики України (Державна служба статистики України, 2013, 2017<sup>1,2</sup>, 2018). Наведені вище дані включають інформацію про зернові культури, насіння кукурудзи та виробництво ріпаку. Потенціал виробництва біоетанолу виражений у мільйонах кубічних метрів, а виробництво біодизеля - у мільйонах тонн.

Сільське господарство має різні види сировинних ресурсів для використання енергії: солома, лушпиння соняшнику, енергетичні культури, гній тощо. Предметами цього дослідження є сировина для твердого та рідкого біопалива. Сьогодні Україна має досвід використання біомаси для тепло-

електроенергії та когенераційних установок, які слід розвивати. Крім того, для підвищення ефективності спалювання біомаси вчені розробляють складене паливо та нові технології.

Рідке біопаливо (біоетанол та біодизель) - перспектива для України. Незважаючи на те, що вони не використовуються широко, в країні є достатня кількість сировини для їх виробництва. Біогаз не є предметом цього дослідження.

### **3.1 Вихідний потенціал для виробництва рідкого біопалива**

Українські фермери щорічно виробляють понад 25 мільйонів тонн кукурудзи та близько 10-15 мільйонів тонн цукрових буряків. Вищезазначені продукти можуть бути використані для отримання біоетанолу.

Вихід етанолу: кукурудза - 400 л / т; цукрові буряки - 100 л / т.

Таблиця 1

#### **Кластери для виробництва біоетанолу**

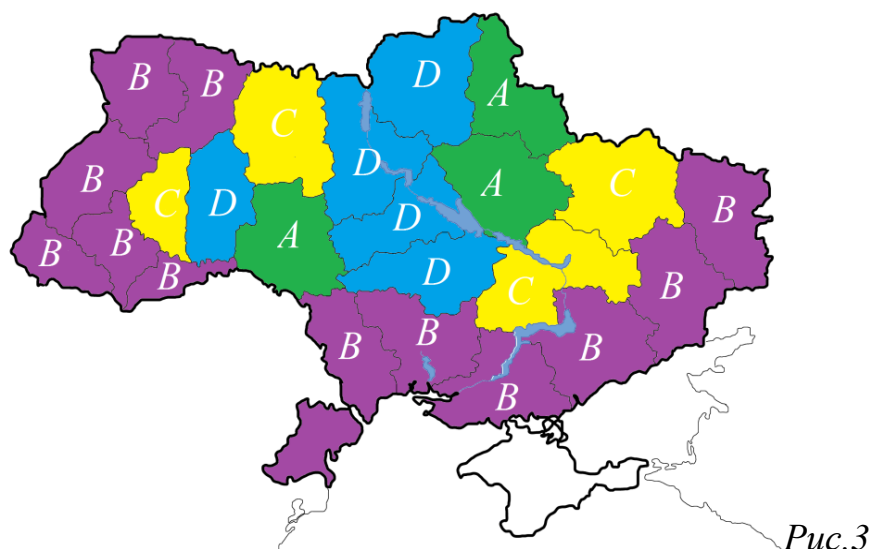
Н/П	Групи			
	А	В	С	Д
1.	Вінниця	Волинь	Дніпропетровськ	Київ
2.	Полтава	Чернівці	Житомир	Кропивницький
3.	Чернігів	Івано-Франківськ	Тернопіль	Хмельницьк
4.		Херсон	Харків	Черкаси
5.		Закарпаття		Суми
6.		Донецьк		
7.		Луганськ		
8.		Запоріжжя		
9.		Львів		
10.		Одеса		
11.		Рівне		
12.		Миколаїв		

Середній груповий потенціал біоетанолу \*, млн. м<sup>3</sup>

Групи	Середнє	Сума	Мінімум	Максимум
A	1.257	3.77	1.172	1.300
B	0.133	1.593	0.054	0.188
C	0.475	1.901	0.417	0.515
D	0.808	4.039	0.685	0.980
Всього	0.471	11.303	0.054	1.300

Групи А і В є перспективними напрямками для виробництва біодизеля. Але через більший, ніж середній потенціал сировини, кластер А є кращим. Пояс ріпаку розташований у західній частині України. Група А має найвищий середній потенціал біоетанолу. Група D має другий потенціал виробництва. Тому перспективний пояс для біоетанолу включає 8 регіонів.[1]

*Рис. 3.* Візуальне представлення вищезгаданих кластерних груп.



Україна може виробляти більше біоетанолу, ніж його попит. Енергія біоетанолу становить приблизно 9,7% від загального національного енергоспоживання. Тому інвестиції у виробництво біоетанолу як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках можуть бути привабливими.

В останні роки українські фермери щорічно виробляють близько 2 млн. Тонн ріпаку. Вироблений біодизель, може покрити близько 40% національного споживання дизельного палива.

Таким чином сільське господарство має потенціал сировини для покриття до 24% загального національного енергоспоживання.

Для вибору відповідних регіонів для виробництва біопалива було зроблено кластерний аналіз. Ми вибрали наступні перспективні напрямки для різних видів виробництва біопалива:

- біоетанол - Вінницька, Полтавська, Чернігівська, Київська, Кіровоградська, Хмельницька, Черкаська та Сумська області;
- біодизель - Вінницька, Львівська, Хмельницька, Одеська та Тернопільська області.

Отримані кластери можуть бути використані для створення автономних систем електропостачання, виробництва біопалива, а також для планування стратегічних рішень розвитку енергопостачання в регіонах України.

#### **4. Можливі схеми використання біоетанолу в дизельному двигуні**

Використання спиртів як палива для дизельних двигунів є дуже привабливим. Використання спиртів у дизельних двигунах ускладнюється їх низькою цетановою кількістю, яка для метанолу - 3, етанолу - 8.

Перетворення дизельних двигунів для роботи з етанолом.

Таблиця 3

#### **Властивості палив**

Характеристики	Бензин	Дизель	Метанол	Етанол
1.Цетанове число	-	50	5	8
2.Октанове число	96	-	112	107
3.Температура samozапалення. °C	371	315	446	390
4.Теплота випаровування	349	220	1177	914
5. Мінімальна величина нагріву	4400	42600	19945	26700

Існує кілька методів адаптації дизельного двигуна для використання етанолу:

- Застосувавши добавку, що підвищує вміст цетану;
- Спиртово-дизельні емульсії;

- Фумігація;
- Подвійне введення;
- Нагріті поверхні;
- Запалювання від іскри.

#### **4.1 Присадки для підвищення цетанового числа.**

Щоб паливо згоріло в дизельному двигуні, воно повинно мати високе цетанове число або здатність самозайматися при високих температурах і тиску. Існує значна різниця між бензином, дизелем та спиртом за рівнем цетанового числа. Високе цетанове число призводить до короткого періоду затримки запалювання, тоді як низьке цетанове число призводить до тривалого періоду затримки займання. Як відомо, спирти мають менше цетанове число, ніж дизельне паливо, що не бажано, коли дизельні двигуни використовують з спиртом. Однак, існують деякі добавки, прикладом яких є нітратний гліколь, який може збільшити цетанове число спиртів. Це означає, що період затримки запалювання стане коротким, що знизить схильність викликати стук дизеля. Однак занадто короткий період затримки займання призведе до зниження швидкості виділення тепла, що негативно впливатиме на роботу двигуна.

#### **4.2 Спиртово-дизельні емульсії**

Оскільки спирти мають обмежену розчинність у дизельному паливі, повинна бути утворена стійка емульсія, яка дозволить вводити її перед тим, як відбудеться розділення. Блок емульгування гідросфери може бути використаний для отримання емульсій біодизеля. Однак емульсія може залишатися стабільною лише 45 секунд. 12% спирту (енергетична основа) - це максимальний відсоток. Крім того, цей метод має ряд проблем, які полягають у наступному:

- Витрата палива при низькій швидкості зростає;
- Висока вартість;
- Нестабільність.

Тому розробляються інші методи.

На розчинність етанолу в дизелі впливають переважно температура, вуглеводневий склад дизелю та вміст води в суміші. Зі збільшенням етанолу, розчинна температура збільшується і досягає максимальної, коли вміст етанолу становить приблизно 50 об.%, А потім зменшується. Наприклад, суміші з 20% етанолом і 50% етанолом відокремлюються приблизно при 0°C і 23°C відповідно.

Чисте дизельне паливо (E0) було використано в якості базового палива для етаноло-дизельних сумішей. Суміші, що містять 10% та 30% етанолового палива за об'ємом, отримали назву відповідно E10 та E30. Використовуване етанольне паливо містило 99,7% етанолу та 0,3% води.. Як сказано вище, цетанове число сумішей зменшується із вмістом етанолу. Значення E30 значно зменшується, ніж у E10. Суміші E30AI, що містять 83–94% дизельного палива, 5–15% етанолу, 1–3% добавки та невелику кількість комерційно доступного цетанового покращувача.

Таблиця 4

#### Властивості різних етаноло-дизельних сумішей

Елемент	Етанол	Дизель	E10	E30	E30AI
Щільність при 20 °С, кг / л	0.7893	0.8366	0.8308	0.8206	0.8224
В'язкість при 20 С, мм <sup>2</sup> / с	-	3.744	3.215	-	2.889
Високе значення нагріву, МДж / кг	28.49	46.744	43.96	40.53	40.54
Цетанове число	-	50.1	44.2	25.5	45.8
O, %	34.4	0.0	3.39	10.4	10.29

Зі збільшенням етанолу, щільність, цетанове число, кінематична в'язкість, висока нагрівальна здатність сумішей зменшується. Поліпшувач запалення необхідний для підвищення їхнього цетанового числа. Зі збільшенням викидів

етанолу, диму, викидів NO та CO<sub>2</sub> збільшуються викиди CO, викидів ацетальдегіду та невипаленого етанолу.

### **4.3 Фумігація**

Фумігація - це процес введення алкоголю в дизельний двигун (до 50%) за допомогою розпилювача у впускному колекторі. У той же час дизельний насос працює зі зменшеною подачею палива. У цьому процесі дизельне паливо використовується для створення пілотного полум'я. А алкоголь використовується як фуміговане паливо. При використанні цього методу слід зазначити два моменти. При малих навантаженнях кількість алкоголю повинна бути зменшена для запобігання прожарювання. З іншого боку, при великих навантаженнях кількість алкоголю також повинна бути зменшена для запобігання попереднього займання.

Фумігація має деякі наступні переваги:

1. Це вимагає мінімальних змін у двигуні, оскільки інжектор спирту розміщений у колекторі забірника. Також регулюванням потоку палива можна керувати спрощеним пристроєм та системою подачі палива.

2. Система алкогольного палива відокремлена від дизельної системи. Ця гнучкість дозволяє дизельним двигунам, оснащеним системою фумігації, керувати лише дизельним паливом. Двигун може переключитися з подвійного палива на дизельне паливо і навпаки шляхом відключення та підключення джерела алкоголю до інжектора.

3. Якщо двигун має обмежену потужність через викиди диму, фумігований етанол може збільшити вихідну потужність, оскільки алкоголь має тенденцію до зменшення диму. Це через хороше змішування введеного заряду з алкоголем.

4. Фумігація може замінити алкоголь на дизельному паливі. До 50% енергії палива можна отримувати з спирту шляхом фумігації.

Етанол фумігували в заряд повітря, що вводиться, і вводили в двигун у вигляді пари або туману, залежно від ступеня випаровування, що стався. Була

використана проста система фумігації, що складається з одного отвору, розпилювальної форсунки з прямим відкриттям.

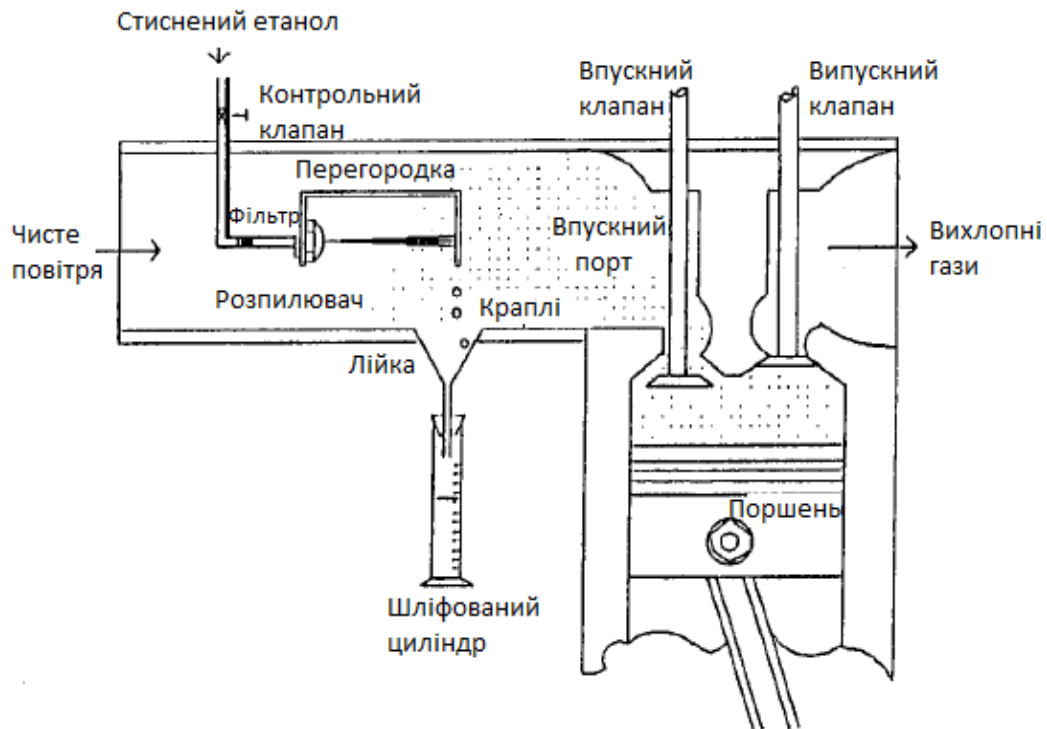


Рис. 4. Система подачі етанолу.

- У всіх випадках використання етанолу в якості суміші з дизельним паливом порівняно найменше сприятливо з фумігацією, а використання такої техніки фумігації є ефективною і дає розумні результати.

- Виходячи з вищенаведених результатів, оптимальний відсоток етанолу становить 20 та 15% відповідно до операцій з суміші з етанолом та етанолом-дизельним паливом. Використання 20% етанолу в якості фуміганту може призвести до збільшення на 7,5% теплової ефективності гальма, на 55% в рівнях викидів CO і на 36% в рівнях викидів HC. Також цей відсоток фумігації призводить до зниження на 48% диму двигуна та на 51% у масовій концентрації сажі.

- Використання 15% етанолу в якості суміші з дизельним паливом може призвести до збільшення теплового ККД на 3,6%, до викидів CO на 43,4% і до



викидів у НС на 34,2%. Це також може призвести до зменшення на 33,3% диму в двигуні і на 32,5% в концентрації маси сажі.

#### **4.4 Подвійне введення**

У системі подвійного вприскування невелика кількість дизельного палива вводиться як пілотне паливо для джерела запалювання. І велика кількість алкоголю вводиться як основне паливо. Потрібно зазначити, що пілотне паливо необхідно вводити до введення спирту. Деякі ідеальні результати можна досягти при використанні цього методу. Тепловий ККД кращий. У той же час викиди NOx нижчі. Більше того, викиди CO та викиди НС однакові. Однак, система вимагає двох паливних насосів, що призводить до високої вартості. Тим чином алкоголю потрібні добавки для мастила.

#### **4.5 Нагріті поверхні**

Спирт може запалюватися гарячими поверхнями. З цієї причини свічки запалювання можуть використовуватися як джерело запалювання алкоголю. У цій системі питомий витрата палива залежить від положення та температури від свічки. Слід зазначити, що температура свічок запалювання повинна змінюватись в залежності від навантаження. Однак свічка запалювання стає неефективною при великому навантаженні. Крім того, питомий витрата палива вище, ніж у дизеля.

#### **4.6 Запалкння від іскри**

Якщо використовується свічка запалювання, дизельний двигун може бути перетворений на двигун циклу Отто. У цьому випадку коефіцієнт стиснення повинен бути зменшений, з 16: 1 до 10,5: 1. Існує два типи щодо такого перетворення. Вони такі: Тип 1: Оригінальна система вприскування палива підтримується. Спирту потрібна добавка для мастила (нітрид гліколь). Крім того, потрібно встановити як розподільний, так і свічу запалювання, що призводить до високої вартості конверсії. Важливо налаштувати ідеальний час уприскування та іскри для такого типу перетворення. Тип 2: Виключено оригінальне вприскування палива. Але необхідно встановити карбюратор,

свічку запалювання та розподільник, що збільшує вартість конверсії. У цьому перетворенні критичний час іскри є критичним.

Як перетворення типу 1, так і типу 2, мають нижчу теплову ефективність, ніж у дизеля.

## 5. Система живлення

Пропонується дві системи живлення. Перша, для дизельного двигуна з рядним паливним насосом високого тиску (ПНВТ) (рис. 5).

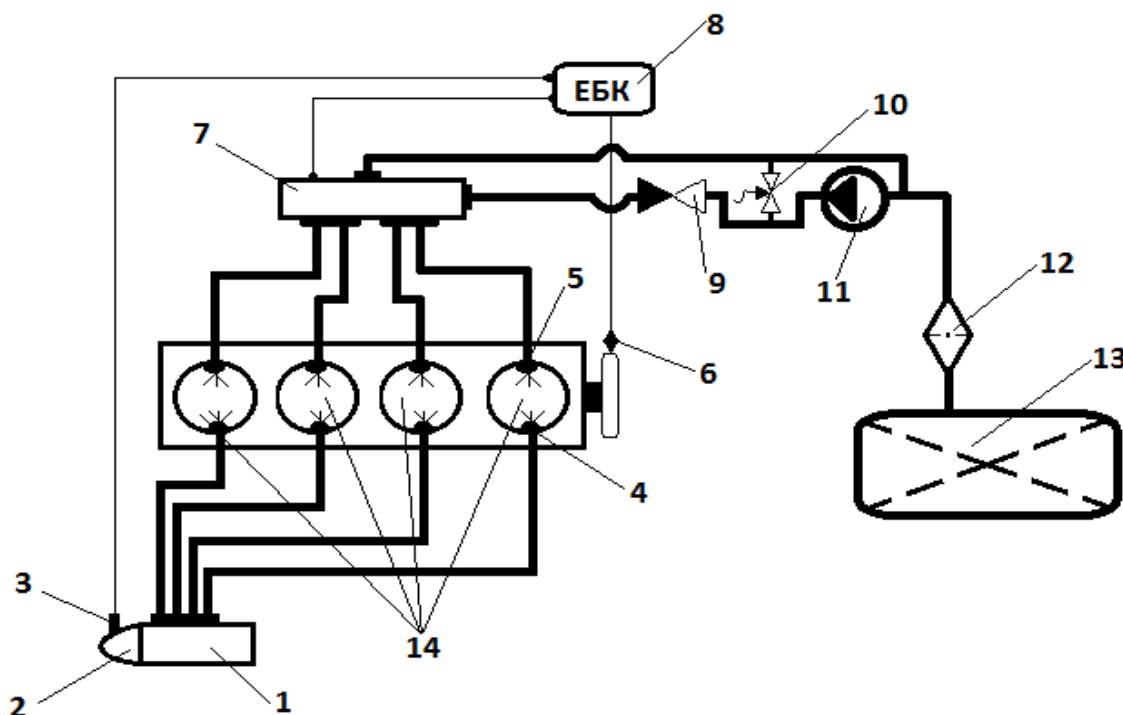


Рис. 5. Схема впорскування при стандартній системі

Система складається з таких основних елементів : 1 – Паливний насос високого тиску; 2 – Регулятор частоти обертання; 3 – Обмежувач подачі палива; 4 – Форсунки дизельного палива; 5 – Форсунки впорскування етанолу; 6 – Датчик обертів колінчатого валу; 7 – Акумулятор етанолу; 8 – Електронний блок керування; 9 – Зворотній клапан; 10 – Запобіжний клапан ; 11 – Насос етанолу; 12 – Фільтр етанолу; 13 – Бак етанолу; 14 – Камери згорання. Вона працює наступним чином. Двигун запускається на дизельному паливі . Підвищення потужності відбувається за рахунок впорскування етанолу над впускними клапанами. Обмеження подачі палива відбувається відповідним пристроєм.

Друга паливна система призначена для дизельного двигуна з акумуляторною системою впорскування палива (рис. 6).

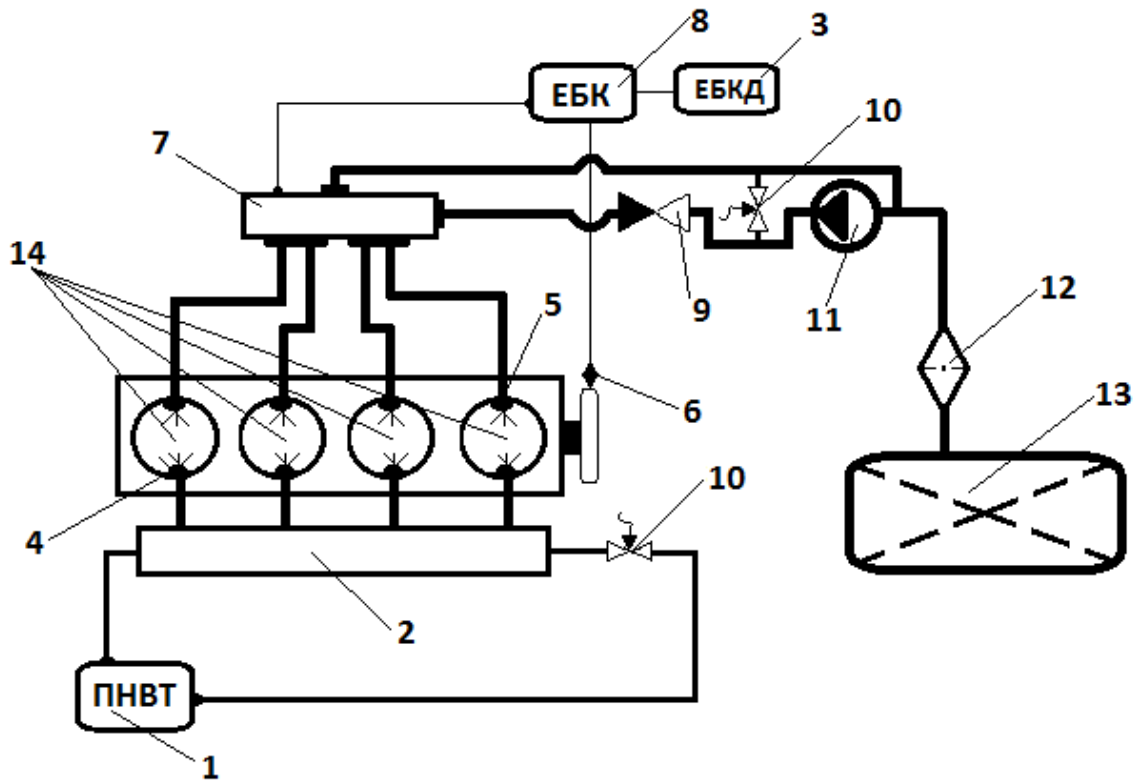


Рис. 6. Схема впорскування при акумуляторній системі

Система складається з таких основних елементів : 1 – Паливний насос високого тиску; 2 – Акумулятор дизельного палива; 3 – Електронний блок кетування ДВЗ; 4 – Форсунки дизельного палива; 5 – Форсунки вприску етанолу; 6 – Дачик обертів колінчатого валу; 7 – Акумулятор етанолу; 8 – Електронний блок керування; 9 – Зворотній клапан; 10 – Запобіжний клапан ; 11 – Насос етанолу; 12 – Фільтр етанолу; 13 – Бак етанолу; 14 – Камери згорання. Данна система працює наступним чином. Двигун запускається на дизельному паливі . Підвищення потужності відбувається за рахунок впорскування етанолу над впускними клапанами. Обмеження подачі палива відбувається відповідним пристроєм. Особливістю цієї системи є те, що електронний блок керування двигуна має змогу зменшити запальну дозу дизельного палива до 10-15% від витрати палива на номінальній потужності. Це дозволяє поліпшити екологічні і економічні показники.

Схема впорскування етанолу наведена на рисунку 7.

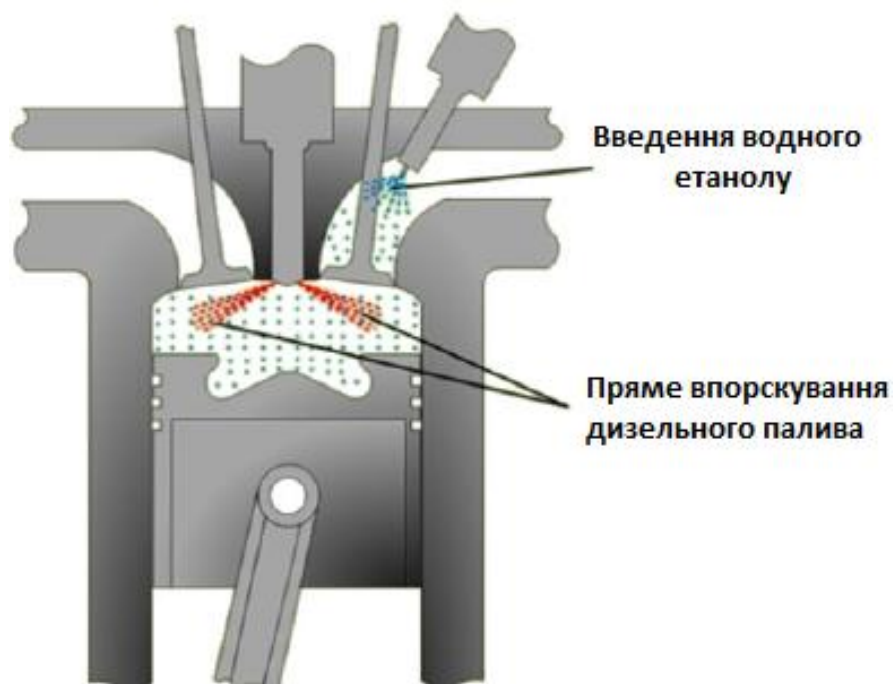


Рис.7. Схема впорскування етанолу в камеру згорання ДВЗ

Було досліджено вплив етанолу на коефіцієнт надлишку повітря. В розрахунках було використано такі значення стереометричної кількості повітря:

- дизельне паливо 14,6 кг/кг;
- етанол 9 кг/кг.

Проведено дослідження використання етанолу на коефіцієнт надлишку повітря. Цей показник впливає на якість згорання палива. Коефіцієнт надлишку повітря розраховували за наступними формулами.

$$\alpha = \frac{G_a}{B_{ДП} \cdot l_{ДП} + B_E \cdot l_E},$$

де  $G_a$  - витрата повітря дизельного двигуна, кг/год;

$B_{ДП}$  - фактична витрата дизельного палива, кг/год;

$l_{ДП}$  - стереометричний коефіцієнт дизельного палива,  $l_{ДП} = 14.6$  кг/кг;

$B_E$  - фактична витрата етанолу, кг/год;

$l_E$  - стереометричний,  $l_E = 9$  кг/кг.

Згідно розрахунків використання етанолу не впливає на коефіцієнт залишку повітря. На рисунку 8 наведенна залежність надлишку повітря від навантаження двигуна.

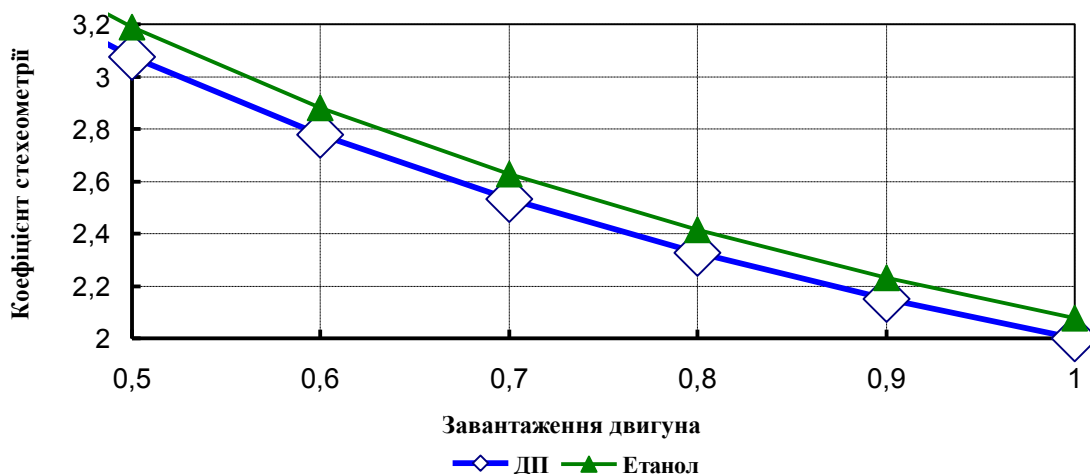


Рис.8. Залежність надлишку повітря від навантаження двигуна.

Підвищення коефіцієнта надлишку повітря знаходиться від 0 в режимі холостого ходу до 3,5% на режимі номінальної потужності

## 6. Економічне обґрунтування

Було проведено дослідження використання етанолу з двома типами паливної системи . Для двигунів :

Д-260

- Питома витрата палива - 0,22 кг/кВт
- Номінальна потужність - 114 кВт

Д-260.1S3A

- Питома витрата палива - 0,24 кг/кВт
- Номінальна потужність - 111 кВт

При використанні традиційного виду дизельного палива змінюється в діапазоні 7,524 - 25,08 л/год.

При використанні етанолу запальна доза дизельного палива становить 7,524л/год. а витрата етанолу змінюється від 0 до 27,63 л/год. Використання альтернативного більш дешевого палива дає змогу зменшити витрати на паливо

на режимі номінальної потужності на 11,5% що в абсолютних числах становить 93 грн/год. в поточних цінах.

На режимах експлуатаційної потужності становить 75 грн/год. При нормативному річному навантаженні 1350 годин це становить 101250грн/рік.

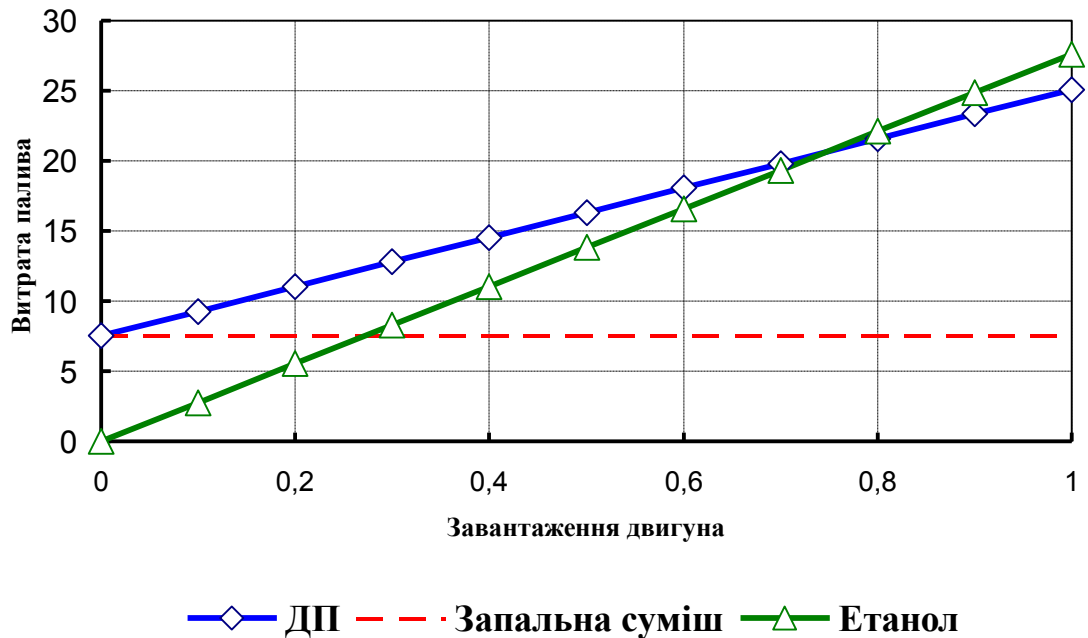


Рисунок 9. Залежність витрати палива від навантаження двигуна Д-260

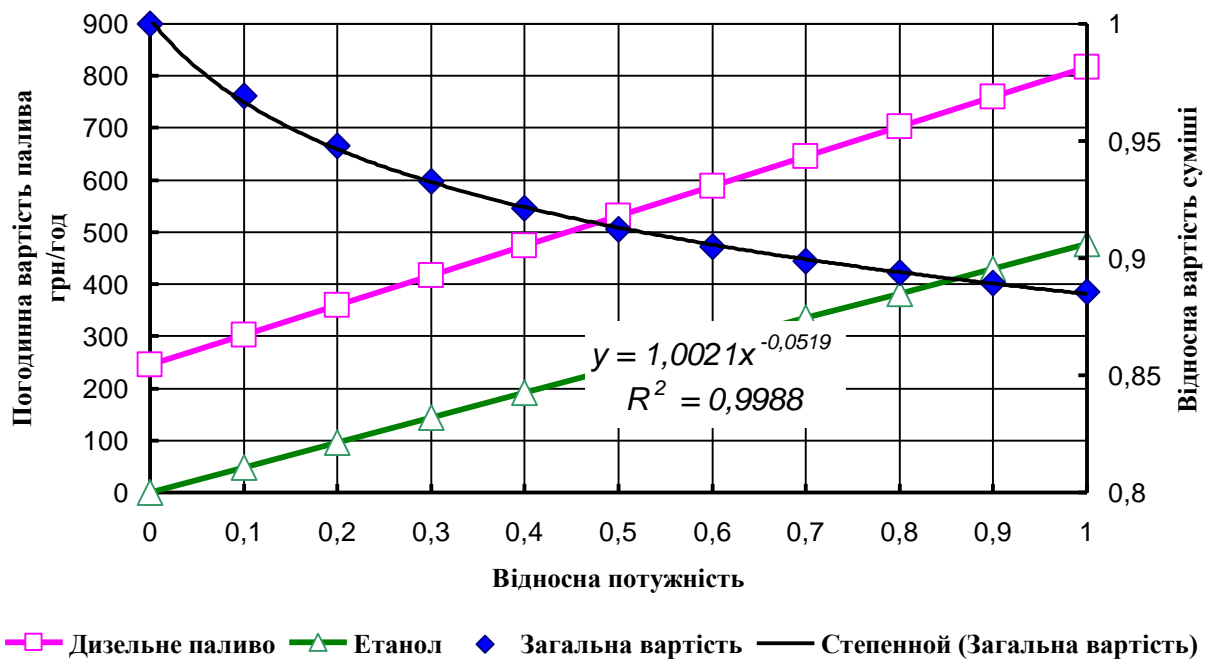


Рисунок 10. Погодинна вартість палива двигуна Д-260

При використанні акумуляторного виду впорскування дизельне паливо змінюється в діапазоні 7,992- 26,64 л/год.

При використанні етанолу запальна доза дизельного палива становить 7,992 л/год. а витрата етанолу змінюється від 0 до 37,29 л/год. Використання альтернативного більш дешевого палива дає змогу зменшити витрати на паливо на режимі номінальної потужності на 15,6% що в абсолютних числах становить 135 грн/год. в поточних цінах.

На режимах експлуатаційної потужності становить 114 грн/год. При нормативному річному навантаженні 1350 годин це становить 153900грн/рік.

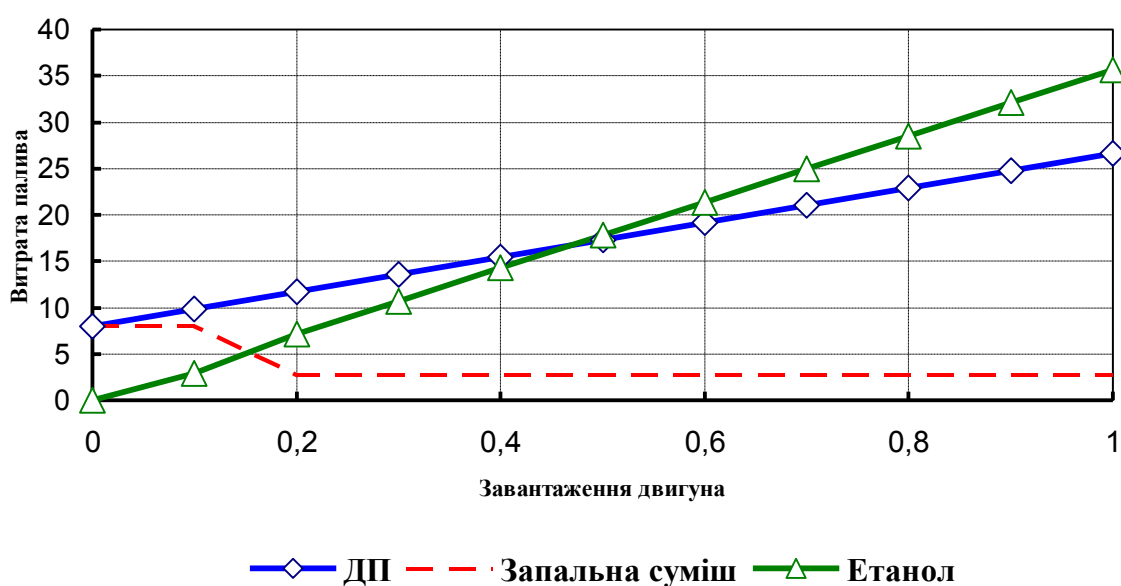


Рисунок 11. Залежність витрати палива від навантаження двигуна Д-260.1S3A

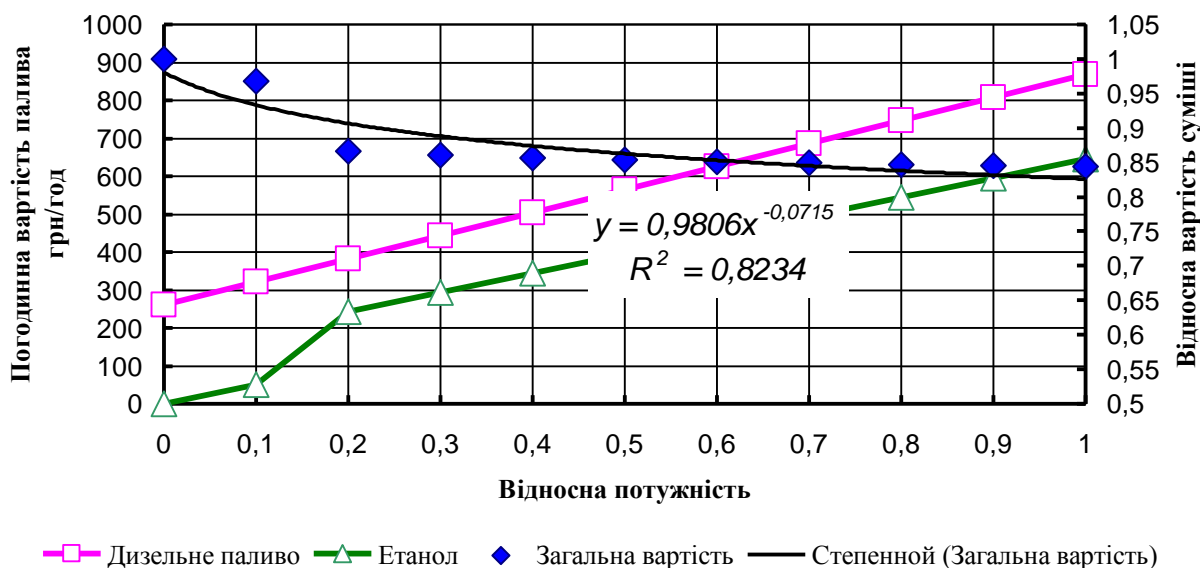


Рисунок 12. Погодинна вартість палива двигуна Д-260.1S3A

## Висновки

З цих досліджень можна зробити наступні висновки:

1. У всіх випадках використання етанолу в якості суміші з дизельним паливом порівняно найменше сприятливо з фумігацією, а використання такої техніки фумігації є ефективною і дає розумні результати.

2. Виходячи з вищенаведених результатів, оптимальний відсоток етанолу становить 20 та 15% відповідно до операцій з суміші з етанолом та етанолом-дизельним паливом. Використання 20% етанолу в якості фуміганту може призвести до збільшення на 7,5% теплової ефективності гальма, на 55% в рівнях викидів CO і на 36% в рівнях викидів HC. Також цей відсоток фумігації призводить до зниження на 48% диму двигуна та на 51% у масовій концентрації сажі.

3. Використання 15% етанолу в якості суміші з дизельним паливом може призвести до збільшення теплового ККД на 3,6%, до викидів CO на 43,4% і до викидів у HC на 34,2%. Це також може призвести до зменшення на 33,3% диму в двигуні і на 32,5% в концентрації маси сажі.

Максимальні збільшення та зменшення, зазначені у вищезазначених результатах, перевищують весь вибраний діапазон швидкостей.



### Список використаних джерел

1. Гавриш В.І., Мазнев Г.Є., Красноручький О.О., Ніценко В.С., Заїка С.О. Менеджмент альтернативних палив 2016
2. Rivard CJ. Deploying anaerobic digesters: current status and future possibilities. 1; 1996.
3. Abbasi T, Tauseef S, Abbasi SA. Biogas energy. Springer; 2011.
4. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. С. 6-7.
5. Qureshi N, Ezeji TC. Biofuels, Bioprod Biorefin 2008;2(4):319e30.
6. Васильев И.П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля. Луганск: Изд-во Восточноукраинского университета им. В. Даля, 2009. 240 с.
7. <https://blogs.platts.com/2019/06/25/europe-us-boost-ethanol-gasoline/>
8. Этиловый спирт в моторном топливе / В.П. Баранник [и др.] / Под ред.
9. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания / В.А. Марков [и др.]. М.: НИЦ «Инженер» (Союз НИО), 2016. 292 с.
10. The straw ethanol factory. – Available at: <http://www.sbe.fi/SBEeng/Factory.html>

## АНОТАЦІЯ

на наукову роботу під шифром “Екологія”

В умовах зростаючої щільності транспортних потоків гостро постає проблема збільшення шкідливих викидів в атмосферу, пов'язаних із роботою двигунів автотранспортних засобів. В Україні, значну частку транспортної роботи виконують вантажні автомобілі, більшість з яких працює на дизельному паливі

За такого стану, з метою скорочення шкідливих викидів, перспективним є використання альтернативних поновлювальних палив. Одним із таких шляхів є використання дизельного палива з додаванням етанолу, отримання якого вже має достатньо відпрацьовану технологію та вигідно вирізняється з поміж інших домішок можливістю його одержання з багатьох видів сировини.

Мета роботи є дослідження ефективності роботи дизельного двигуна на етанолі з додаванням запальної дози дизельного палива. Особливістю роботи є дослідження дизельних двигунів з різними паливними системами: класичної та акумуляторної.

Задачею є розробка двопаливної системи живлення, визначення впливу етанолу на коефіцієнт надлишку повітря і порівняння економічності дизельного двигуна. Дослідження показали, що економічний ефект при роботі дизеля на етанол-дизельній паливній суміші досягається насамперед завдяки його частковому заміщенню дизельного палива етанолом.

Наукова робота містить: 25 сторінок; 12 рисунків; 10 літературних джерел.

Ключові слова: етанол, дизельний двигун, цетанове число, дизельне паливо, економічність.