

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра двигунів
внутрішнього згоряння,
установок та технічної
експлуатації

«Допущений до захисту»
В.о. завідувача кафедри
Олексій ГОГОРЕНКО

« ____ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОЕТАНОЛУ У ДВИГУНІ МАЛОТОННАЖНОГО КАТЕРУ

Спеціальність 142 – Енергетичне машинобудування
Освітня програма – Двигуни внутрішнього згоряння

Для здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

Керівник роботи

Аркадій ПРОСКУРІН

Здобувач освіти

Андрій ЗАРЕМБА

Миколаїв 2023

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Інститут, факультет	Машинобудівний навчально-науковий
Кафедра	Двигунів внутрішнього згорання, установок та технічної експлуатації
Ступінь	Магістр
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
	(шифр і назва)
Освітня програма	Двигуни внутрішнього згорання

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ДВЗ, У та ТЕ
Олексій ГОГОРЕНКО

« » 20 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ОСВІТИ

Заремба Андрій Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз ефективності використання біоетанолу у двигуні малотоннажного катеру

2. Керівник роботи _____, *к.т.н., доц. Проскурін А. Ю.*,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 20 року №

3. Строк подання здобувачем роботи

4. Вихідні дані до роботи Двигун – IVECO N45, паливо – дизельне, потужність двигуна – 90 кВт, частота обертання колінчастого валу – 2800 хв⁻¹

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Застосування двигуна IVECO N45 на катері «CALAIS MAJEST'IN»;
Аналіз напрямків використання спиртового палива в суднових ДВЗ; Модернізація
паливної системи двигуна IVECO N45; Економічна оцінка модернізації двигуна;
Забезпечення вимог охорони праці

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Двигун IVECO N45; Дослідження параметрів роботи двигуна IVECO N45 на біоетанолі; Способи термохімічного перетворення біоетанолу у синтез-газ; Визначення параметрів термохімічного перетворення біоетанолу; Перевірка умов реалізації термохімічного перетворення біоетанолу; Запропонована схема паливної системи двигуна

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

8. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Оформлення 1 розділу		
2	Оформлення 2 розділу		
3	Оформлення 3 розділу		
4	Оформлення 4 розділу		
5	Оформлення 5 розділу		
6	Оформлення креслень		

Здобувач освіти

Керівник роботи

_____	<i>Андрій ЗАРЕМБА</i>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
_____	<i>Аркадій ПРОСКУРІН</i>
(підпис)	(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В роботі наведені результати дослідження ефективності використання біоетанолу шляхом термохімічної утилізації відпрацьованих газів в двигуні IVECO N45 катера «CALAIS MAJEST'IN». Проаналізовано сучасні напрямки використання спиртового палива в ДВЗ. Було встановлено, що одним з перспективних способів є використання термохімічного перетворення біоетанолу в синтез-газ. Виконано економічне обґрунтування впровадження модернізації. Наведені заходи щодо забезпечення охорони праці.

Кваліфікаційна робота виконана українською мовою на 74 сторінках розрахунково-пояснювальної записки. Використано 12 джерел. Графічна частина представлена на 6 кресленнях формату А1.

Ключові слова: біоетанол, термохімічне перетворення, теплота згоряння, альтернативне паливо.

The work presents the results of a study of the efficiency of bioethanol use by thermochemical utilization of exhaust gases in the IVECO N45 engine of the boat "CALAIS MAJEST'IN". The current trends in the use of alcohol fuel in internal combustion engines are analyzed. It was found that one of the most promising ways is the use of thermochemical conversion of bioethanol into synthesis gas. The economic feasibility study of the modernization was performed. Measures to ensure labor protection are presented.

The qualification work is executed in Ukrainian language on 74 pages of explanatory note. 12 sources are used. The graphic part is presented on 6 drawings of format A1

Key words: bioethanol, thermochemical conversion, heat of combustion, alternative fuel.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						2
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1. Застосування двигуна IVECO N45 на катері «CALAIS MAJEST'IN».....	6
Розділ 2. Аналіз напрямків використання спиртового палива в суднових ДВЗ.....	14
2.1 Використання спиртових палив в світі.....	14
2.2 Способи подачі спиртового палива в циліндри двигуна.....	16
Розділ 3. Модернізація паливної системи двигуна IVECO N45.....	23
3.1 Тепловий розрахунок двигуна при роботі на рідкому біоетанолі.....	23
3.2 Дослідження ефективності використання термохімічної конверсії спиртового палива в двигуні IVECO N45.....	31
Розділ 4. Економічна оцінка модернізації двигуна.....	51
Розділ 5. Забезпечення вимог охорони праці.....	56
Висновки.....	66
Список використаної літератури.....	68
Додаток А. Двигун IVECO N45.....	69
Додаток Б. Дослідження параметрів роботи двигуна IVECO N45 на біоетанолі.....	70
Додаток В. Способи термохімічного перетворення біоетанолу у синтез-газ	71
Додаток Г. Визначення параметрів термохімічного перетворення біоетанолу.....	72
Додаток Д. Перевірка умов реалізації термохімічного перетворення біоетанолу.....	73
Додаток Є. Запропонована схема паливної системи двигуна.....	74

ВСТУП

Судновий транспорт є головним споживачів традиційних нафтопродуктів і, в свою чергу з головним споживачем енергетичних палив на період до 2030-2060 р. В найближчому майбутньому очікується збільшення споживання нафто-продуктів при приблизно постійних обсягах їх виробництва і наростаючий дефіцит моторних палив. Ці чинники привели до необхідності реконструкції паливно-енергетичного комплексу шляхом глибшої переробки нафти, застосування енергозбережних технологій. Тому одним з основних шляхів вдосконалення двигунів внутрішнього згорання, що залишаються основними споживачами нафтових палив, являється їх адаптація до роботи на різних нетрадиційних паливах, до яких відносять полегшені нафтові палива, альтернативні (ненафтові) палива, а також суміші вказаних палив.

Спалювання цих палив можливе як в двигунах внутрішнього згорання з примусовим займанням (у бензинових двигунах, пристосованих до роботи на цих паливах), так і в двигунах із займанням від стискування (у дизелях). Проте багато які з вказаних палив погано випаровується в умовах, характерних для процесу сумішоутворення бензинових двигунів, не завжди можливе їх займання в камерах згорання двигунів з примусовим займанням при порівняно невисокій температурі кінця стискування і вузькому діапазоні значення коефіцієнту над-лишку повітря. Дизелі більше пристосовані до роботи на паливах з різними фізико-хімічними властивостями. Згорання нетрадиційних палив в дизелях при високих ступінях стиску і великих коефіцієнтах надлишку повітря ефективніше, ніж в двигунах з примусовим займанням.

Для забезпечення "всеїдності" дизелів необхідно організувати процеси подачі палива, сумішоутворення, займання і згорання палив з різними властивостями. Значний вплив на роботу дизелів робить протікання процесу

					<i>КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		4

подання палива. При перекладі дизелів на нетрадиційні палива може виникнути проблема коригування подачі палива і подальших процесів його займання і згорання. Зокрема, при роботі дизелів з штатною системою подачі палива на легких паливах (полегшені нафтові палива, спирти, ефіри і ін.) спостерігається зменшення масової годинної витрати палива і відповідне зниження потужності двигуна, іншою проблемою є збільшення періоду затримки займання низькоцетанових палив, що призводить до жорсткішого процесу згорання, великих градієнтів наростання тиску, зростання максимальний тиск згорання.

Мета даної роботи – розробити умови поліпшення ефективності використання спиртового палива в двигуні малотоннажного судна.

Задачі що вирішуються у роботі:

1. Проаналізувати можливості використання альтернативних палив в двигунах та визначення основних тенденцій розвитку.
2. Розробити рекомендації по використанню біоетанолу в судовому двигуні внутрішнього згорання.
3. Оцінити запропоновані рішення, технічні рекомендації та заходи з техніки безпеки.

Об'єкт дослідження – паливна система двигуна.

Предмет дослідження – параметри роботи двигуна при використанні біоетанолу та синтез-газу.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАСТОСУВАННЯ ДВИГУНА IVECO N45 НА КАТЕРІ «CALAIS MAJEST'IN»

Опис катера

Канал Кале, що з'єднує Ла-Манш і Сен-Омер, проходить прямо через місто Кале, від Північного Кале до кварталу Кулонь. Катер «CALAIS MAJEST'IN» здійснює одноденні рейси через усе місто і назад. Катер «CALAIS MAJEST'IN», розрахований на 70 пасажирів, є невід'ємною частиною міської системи громадського транспорту, а також оригінальним способом дослідити центр Кале.

Технічні характеристики катера:

Довжина судна	19,7 м
Ширина найбільша	5,6 м
Проектна осадка	1,2 м
Швидкість	6,5 вузлів
Двигун головний	IVECO N45
Кількість двигунів	1
Потужність двигуна	92 кВт
Екіпаж	2-3 чол.



Рисунок 1.1 – Загальний вид катеру Calais Majest'in

					<i>KPM.142.6222м.23.08.00.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

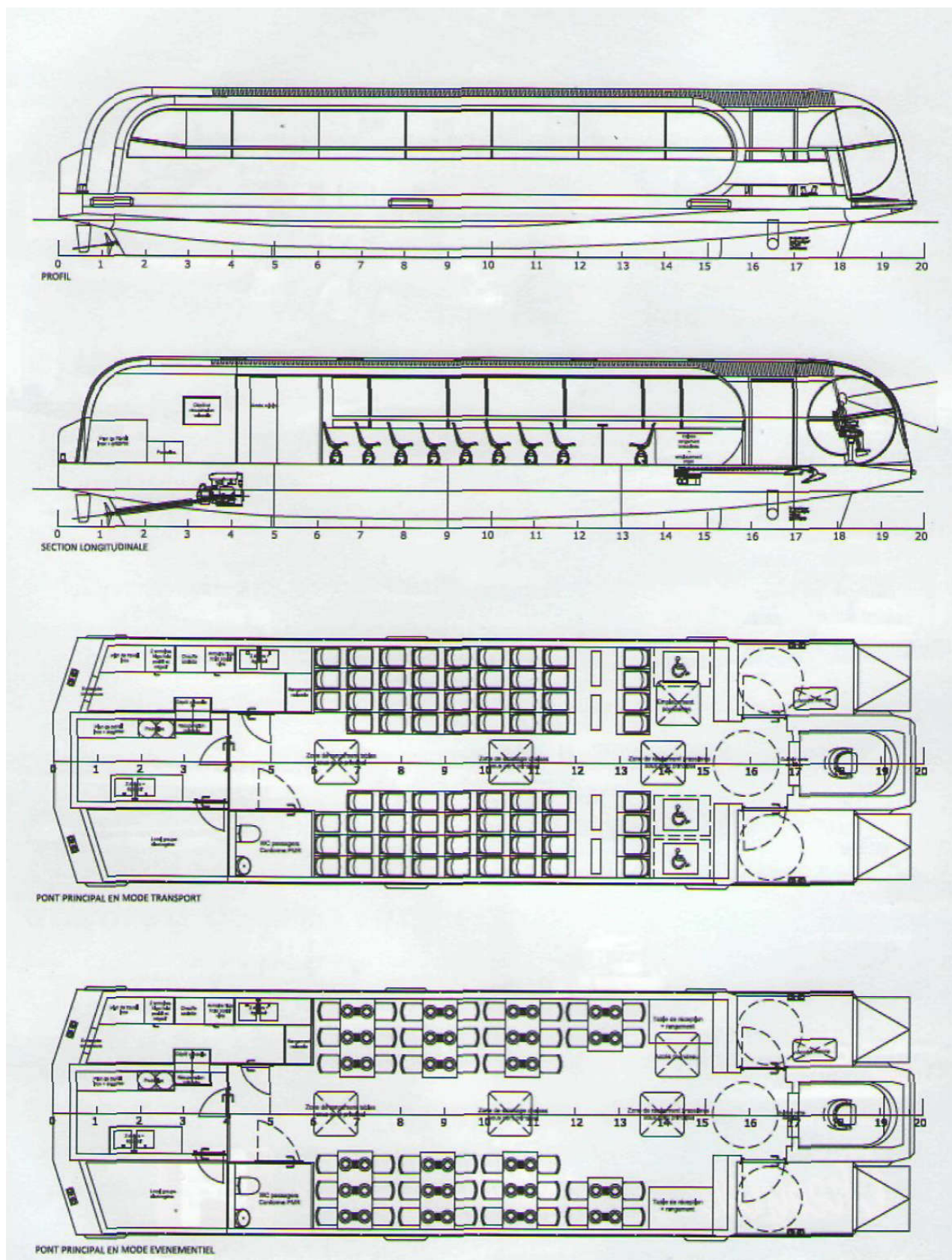


Рисунок 1.2 – Катер Calais Majest'in у розрізі

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6222м.23.08.00.ПЗ

Аркуш

7

Опис конструкції двигуна IVECO N45

Двигуни NEF є найвищим виразом дизайну та техніки, яким IVECO MOTORS може забезпечити ринок. Це високоінноваційні двигуни, що розроблені для того, щоб мати можливість задовільняти вимоги щодо шкідливих викидів та шумового забруднення, які будуть застосовані в найближчому майбутньому [1].

Розроблений з інноваційними технологіями та виготовлений при вдосконаленні робочих процесів, вони є результатом сотень років конструкторської та інженерної традиції, а також важливого міжнародного співробітництва.



Рисунок 1.2 – Двигун IVECO NEF N45

Нові критерії, обрані при визначенні параметрів умов згоряння, вимірювання та впуску, дозволяють отримати новий баланс між високою продуктивністю і економічністю. Двигуни NEF можуть бути оснащені різними конфігураціями. Кожне технічне рішення було точно розроблено так, щоб полегшити доступ до кожної окремої частини, таким чином, скорочуючи час обслуговування.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Колінчастий вал виготовлений зі сталі, загартованої індукцією і спирається на сім опор; всередині порожнистого валу знаходяться протоки для циркуляції мастила.

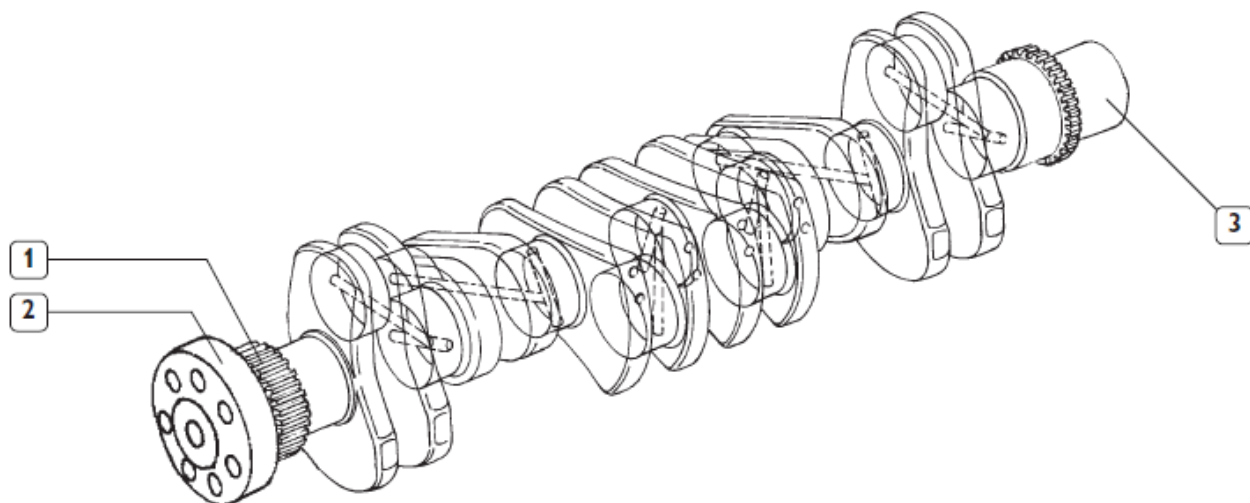


Рисунок 1.3 – Колінчастий вал.

1 – привід розпод. валу, 2 – фланець маховика, 3 – привід масляного насосу

Шатуни виготовлені пресуванням зі сталі, з косим сполученням з кришкою шатуна. У кожного шатуна на корпусі позначено свій номер та належність до певного циліндру. Це пояснено тим, що вага у шатунів трохи різниться. При необхідності заміни шатуна можна використовувати тільки один тип шатуна, з його середнім класом ваги, який може замінити будь-який інший. Тому якщо шатуни ще ефективні, їх не обов'язково слід замінювати, навіть якщо у них інший клас ваги [2].

Поршні формують камеру згоряння високого тиску; порожнини, утворені ущільнюючими кільцями забезпечують ефективний відвід тепла, а також циркуляцію масла з форсунок, розташованих в картері. На поршні три місця для кілець; перше з них одержується спеціальною трапецієподібною секцією. Поршневі кільця мають різні функції та різну геометрію. Перше поршневе кільце має трапецієподібну секцію та керамікухромоване покриття. Друге поршневе кільце має крутну конічний прямокутну пломбу. На третьому маслоснімальному кільці є 2 кільця і внутрішня пружина.

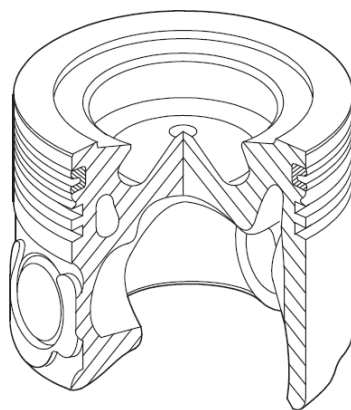


Рисунок 1.4 – Поршень

Голівка циліндрів цільнометалева, виготовлена з чавуну. У ній розташовані посадочні місця для наступних елементів двигуна: клапани з сідлами та їх елементами; клапан термостату; форсунки.

До головки блоку циліндрів приєднуються: випускний колектор; впускний колектор.

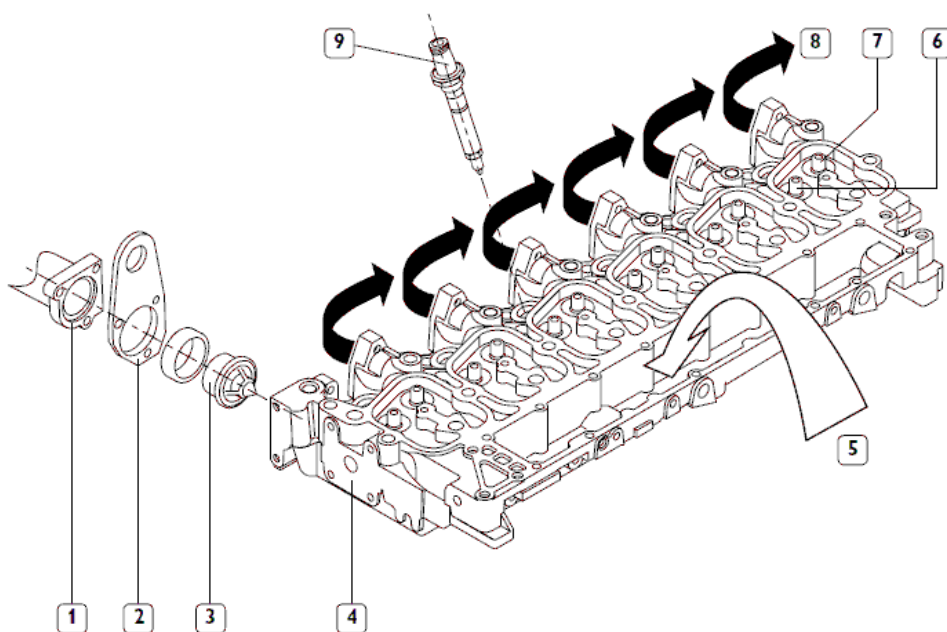


Рисунок 1.5 – Головка блоку циліндрів;

1 – вихід до морської води теплообмінника; 2 – рим-болт; 3 – клапан термостату; 4 – головка блоку циліндрів; 5 – впуск повітря; 6 – випускний клапан; 7 – впускний клапан; 8 – випуск відпрацьованих газів; 9 – форсунка

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ

Аркуш

10

Система впуску та система випуску. Повітря, яке проходить через повітряний фільтр, надходить в циліндри через впускний колектор. Вихлопні гази потрапляють згодом у випускний колектор, потім до стояку, де змішується з морською водою, яка згодом підлягає випуску.

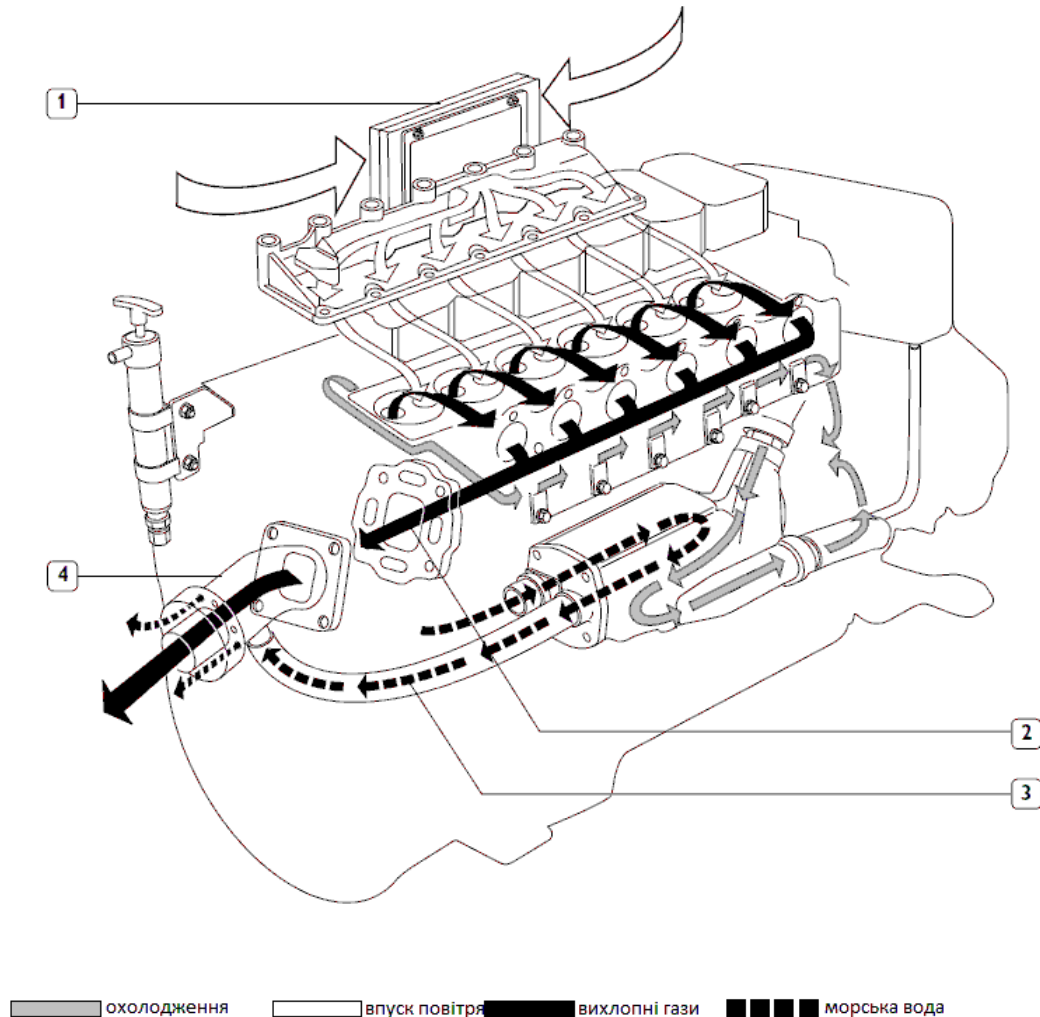


Рисунок 1.6 – Система циркуляції газів;

1 – повітряний фільтр; 2 – випуск з випускного колектору;

3 – випускна труба для випуску води з теплообміннику; 4 - випускний стояк

Система змащення. Змащення деталей двигуна відбувається примусовою циркуляцією масла насосом, що розташований у картері [3]. Насос обертається колінчатим валом через зубчасте колесо і проміжну шестерню. Масло, що знаходиться під тиском насоса, напрямляється до фільтру, а потім до каналів двигуна проходження через теплообмінник, розташований на

фланцевій муфті в картері, а також інтегруючий кронштейн масляного фільтра. Всі потоки масла від деталей потім сходяться під дією сили тяжіння у масляний картер. Масляні пари виходять з вентиляційного отвору и доходять до впуску двигуна.

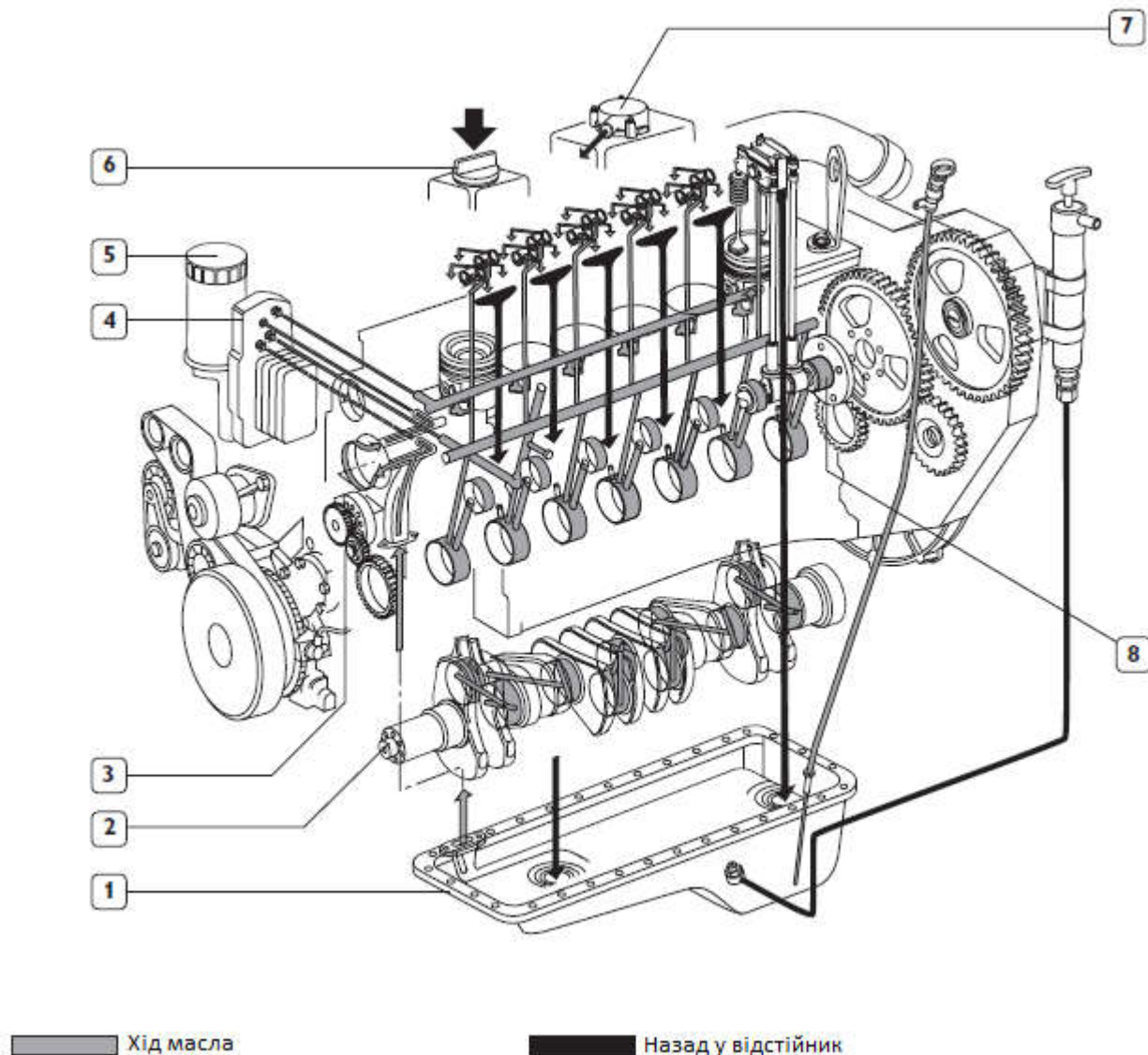


Рисунок 1.7 – Контур змащення;

- 1 – відстійник масла (картер); 2 – колінч. вал; 3 – масляний насос; 4 – водяний охолоджувач масла (масляний теплообмінник); 5 – масляний фільтр;
6 – кришка масляного фільтра; 7 – клапан масляних випаровувань;
8 – розподільний вал

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ

Аркуш

12

Схема системи паливостачання. Під час обертання двигуна через насос низького тиску (3) подається паливо з резервуара (6) через фільтр попередньої очистки (8), основний фільтр (1) та соленоїдний клапан (2) до паливного насосу високого тиску (4). Форсунки (5) впрыскують паливо з необхідними параметрами часу та тиску, щоб отримати продуктивність і в той же час дотримуватися правил боротьби з забрудненням.

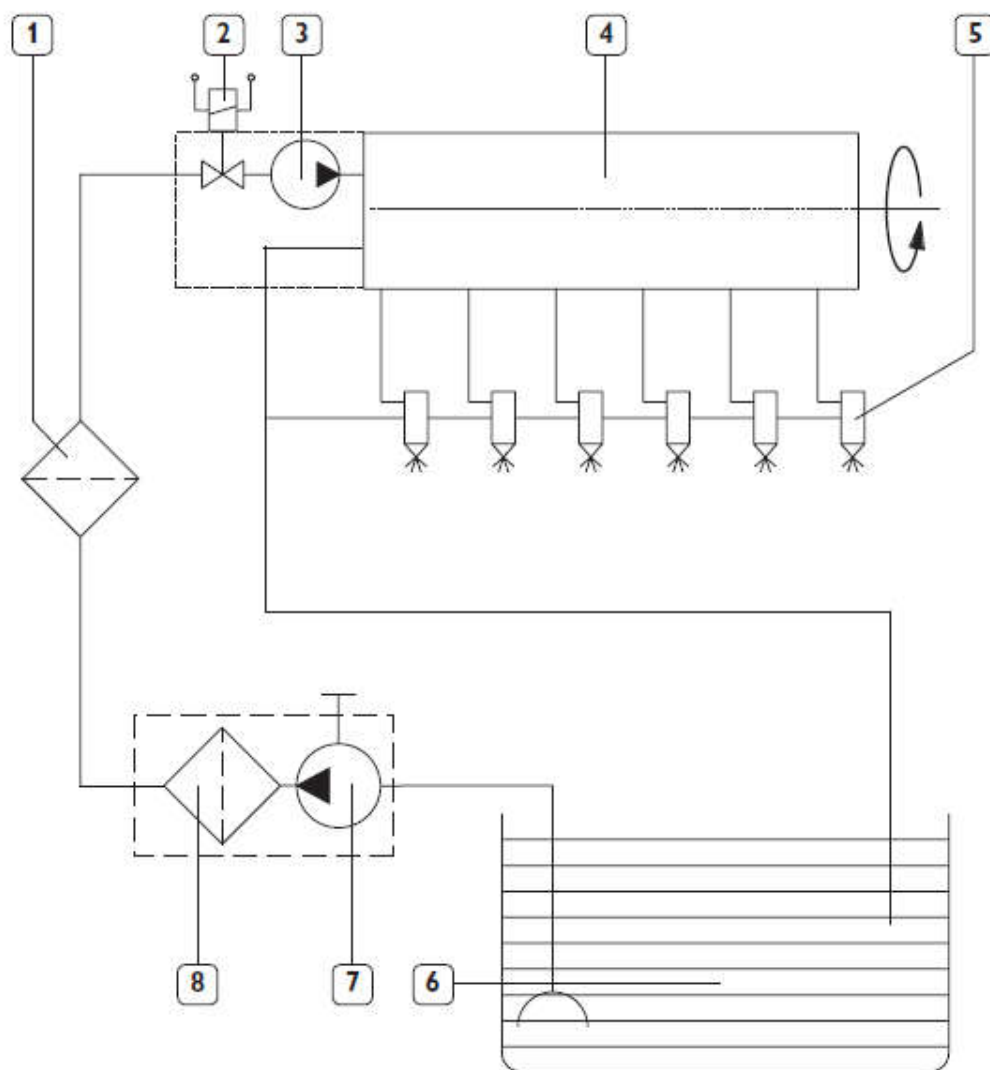


Рисунок 1.8 – Схема системи паливостачання;

1 – паливний фільтр; 2 – соленоїдний клапан зупинки двигуна; 3 – паливний насос низького тиску; 4 – паливний насос високого тиску; 5 – форсунка;
6 – паливний бак; 7 – ручний первинний насос; 8 – фільтр попередньої очистки палива

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ

Аркуш

13

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ ВИКОРИСТАННЯ СПИРТОВОГО ПАЛИВА В СУДНОВИХ ДВЗ

2.1 Використання спиртових палив в світі

Спиртові палива по фізико-хімічним властивостям дуже схожі з традиційним легким паливом - бензином. Особливості: збільшена випаровуваність, мала густина і в'язкість, достатнє октанове число. Відмінна властивість спиртових палив – наявність в їх складі кисню. Тому спирти використовуються як оксигенати (кисневмісні компоненти), що підвищують детонаційну стійкість бензинів і сприяють зниженню викидів сажі і монооксиду вуглецю як у бензинових двигунах, так і в дизелях [4].

Перспективним з спиртових для дизельних двигунів є паливний метанол. Метанол має характеризується великими запасами сировини, його вартість в порівнянні з іншими альтернативними паливами порівняно невисока. Крім того, метанол як паливо для дизелів дозволяє розв'язати проблему зниження викидів оксидів азоту і, особливо, твердих часток. Це пояснюється тим, що при згоранні метанолу не виділяються проміжні продукти, з яких потім утворюються ароматичні і ацетиленові вуглеводні, які сприяють зародженню і зростанню часток саж. У продуктах згорання метанолу практично немає і сірчистих з'єднань.

Метанол може змішуватися з бензином у будь-яких пропорціях і служити основою для ефірної добавки - метилтретбутилового ефіру (МТБЭ). Досліджено особливості роботи двигунів з примусовим запалюванням на сумішах бензинів з паливним метанолом (М15 -15% метанолу, М85 - 85% метанолу та ін.), а також тільки на паливному метанолі (М100) фірмами - Ford, General Motors, Pontiac, Chrysler, Mercedes - Benz Volkswagen, Fiat, Chevrolet, Volvo. У Японії роботи в цьому напрямі проведені фірмами Mitsubishi, Honda,

					<i>КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ</i>	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Toyota, Hyundai, Hino Motors. Найкращі властивості метанолу – великі запаси сировини, низька пожежна небезпечність, а недолік - його висока токсичність.

У 1998 р. в США вироблено близько 12.5 млрд л наймасовішого оксигената - метил-трет-бутилового ефіру (МТБЭ), вироблюваного з метанолу. При цьому бензин з МТБЭ складає приблизно 30% від усього об'єму продажів бензина в США. В результаті нині МТБЭ заміщає в США більша кількість бензину і сирої нафти, чим усі інші альтернативні палива разом узяті. У Росії користування метанолу в якості моторного палива стримується його порівняно високою вартістю (500 дол. США за 1 т).

Найперспективнішим з спиртових палив розглядається біоетанол, що пояснюється можливістю перекладу дизелів на палива з поновлюваних джерел енергії і зниження парникового ефекту. Проведені численні дослідження особливостей його згорання в КС дизелів, показників токсичності ОГ дизелів, працюючих на цьому виді палива. Позитивними якостями етанолу є простота його отримання з поновлюваних ресурсів: для отримання біоетанолу використовуються цукрова тростина, цукровий буряк, кукурудза, зернові, картопля, деревина, біомаса.

Початок масового використання бензинів, що містять 5-10% етанолу, 15% етанолу (E15) і 22% етанолу відноситься в 1980-му г.г., коли у Бразилії, США, Швеції, Голландії, Франції, Канаді і Колумбії автомобілі стали заправляти цим видом палива. Проведені дослідження з використання у бензинових двигунах суміші E85 (85% етанолу. Найбільш широке використання етанолу відмічене у Бразилії, де немає нафти, але є можливість виробництва етанолу з цукрової тростини.

Етанол має високе октанове число і в деяких країнах широко застосовується в якості моторного палива на транспорті. Так, Бразилія в період з 70-х по 90-і роки минулого століття щодня заміщала етанолом до 250 тис. баррелів нафти, що імпортувалася. Починаючи з 1976 р. в цій країні етанолом було заміщено близько 140 млрд, л бензину, що дало економічний

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ефект у розмірі 50 млрд. дол. США. У 90-х г.г. у Бразилії чистий етанол в якості моторного палива використали у більше 7 млн. автомобілів і ще в 9 млн. транспортних засобів - його суміш з бензином. Проте останніми роками намітився спад у використанні етанолу як моторного палива.

Другим світовим лідером по широкому використанню етанолу для потреб автотранспорту є США, де для виробництва 3,8 млрд, літрів етанолу в рік збирають урожай технічних культур з 2 млн. га. У 1994 р. виробництво етанолу оцінювалося в 5,3 млрд, л і додатково будувалися нові підприємства для його виробництва в розмірі ще 900 млн. л в рік. Етанол використовується як "екологічно чисте" паливо в 21 штаті, а етанол-бензинова суміш складає 10% паливного ринку США. Вартість етанолу до недавнього часу була вища за вартість бензину. Проте, за деякими оцінками, етанол стає конкурентоздатним при ціні нафти в 60 дол. США за баррель.³ Урахуванням податкових пільг на продаж етанолу для автотранспорту, що діють у ряді країн, знову зріс інтерес до використання етанолу як моторного палива.

Приведені дані свідчать про перспективність використання спиртових палив в двигунах з примусовим займанням. Слідуює, проте, відмітити, що згоряння спиртів відбувається з високою паливною економічністю, і це реалізовується в дизельних двигунах .

2.2 Способи подачі спиртового палива в циліндри двигуна

Сучасні способи подачі в циліндри дизельних двигунів етанолу показані на рис. 2.1.

Подача етанолу в двигун в рідкій фазі. Відмінності параметрів процесів уприскування та розпилювання дизельного палива й етанолу при їх подачі в камеру згоряння штатною паливною апаратурою ДВЗ істотно впливає на характер протікання сумішоутворення та згоряння, що обумовлено, головним чином, відмінностями фізико-хімічних властивостей цих палив.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Самозаймання суміші «етанол-повітря» можливо тільки в дизельних двигунах, які відрізняються високим температурним рівнем робочого заряду і стінок камери згоряння. Найбільш поширеними способами займання етанолу є його запалювання від запальної дози дизельного палива, від свічки запалювання та з використанням присадок до палива.

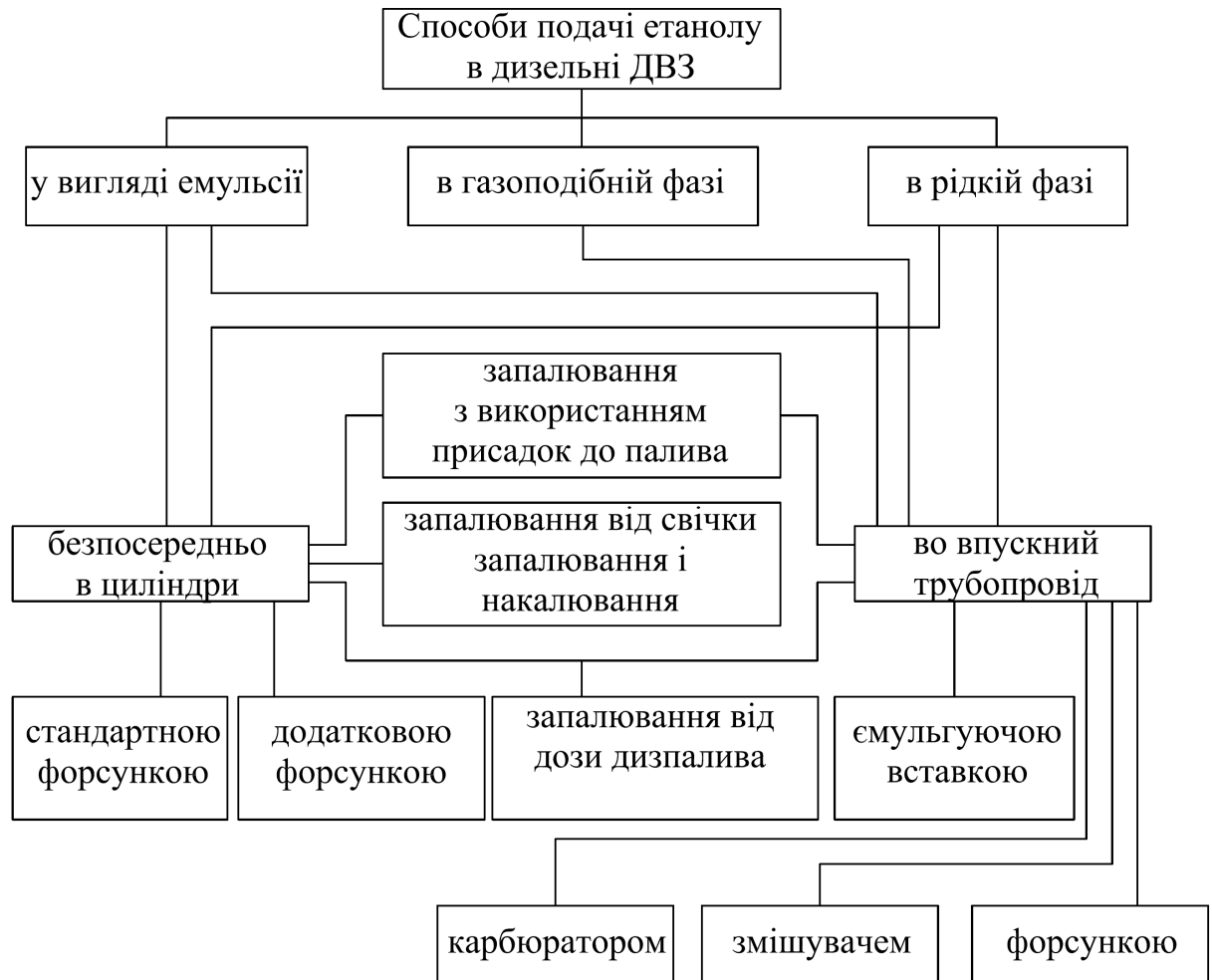


Рисунок 2.1 – Способи подачі етанолу в дизельні ДВЗ

Займання етанолу з використанням присадок. Німецькі дослідники представлені результати випробувань автомобільних дизельних двигунів фірми Mercedes-Benz (Німеччина) моделей OM 352 і OM355/50 при роботі на біоетанолі з присадкою TE6DN, виготовленої бразильської фірмою Britanite und Explo на основі тріетіленглікольденітрата. Дана присадка покращує самозаймання етанолу до необхідного рівня при її добавці 4,5% (об.). В

результаті досліджень встановлено, що при роботі дизелів на етанолі з присадкою знос деталей ідентичний або навіть нижче зносів при роботі на дизельному паливі.

Займання етанолу від запального дози дизельного палива. Японська фірма Isuzu розробила спосіб подачі дизельного палива та етанолу за допомогою однієї форсунки в нерозділену камеру згоряння ДВЗ легкового автомобіля (рис. 2.2). При даному способі подачі палива займання етанолу відбувається завдяки теплоті згоряння дизельного палива.

В результаті проведених випробувань визначено, що значно знизилась димність ВГ при переводі двигуна з дизельного на суміш палив. На режимах повного навантаження (при $p_e = 0,7...0,8$ МПа) димність ВГ зменшилася в 2 рази, що пояснюється поліпшенням якості сумішоутворення при роботі на суміші дизельного палива та етанолу, а також вмістом в етанолі великої кількості кисню.

Займання етанолу від свічки запалювання. Є роботи в яких представлено результати досліджень чотирьохциліндрового тракторного дизельного ДВЗ фірми Steyr розмірності S/D = 110/100, модернізованого для роботи на біоетанолі, який отримано з рослинної біомаси. Внаслідок низького цетанового числа етанолу, на двигуні була вдосконалена головка циліндрів для розташування свічок запалювання. Також була змінена геометрична форма камери згоряння в поршні, використані новий паливний насос високого тиску, форсунки та паливopідкачуючий насос з підвищеною продуктивністю. Випробування показали, що дизельний двигун на етанолі працює практично бездимно. У порівнянні з роботою на дизельному паливі викиди NO_x зменшуються в результаті зниження температури через підвищену теплоти випаровування етанолу. При роботі на етанолі викиди CO підвищилися, але їх кількість можна порівняти з ДВЗ іскрового запалювання. Викиди вуглеводнів CH_x підвищені, але їх зниження можливе при установці окисного нейтралізатора. Об'ємна витрата етанолу виявилась в два рази більше, ніж

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

витрата дизельного палива, а питома приведена витрата етанолу трохи вище витрати дизельного палива.

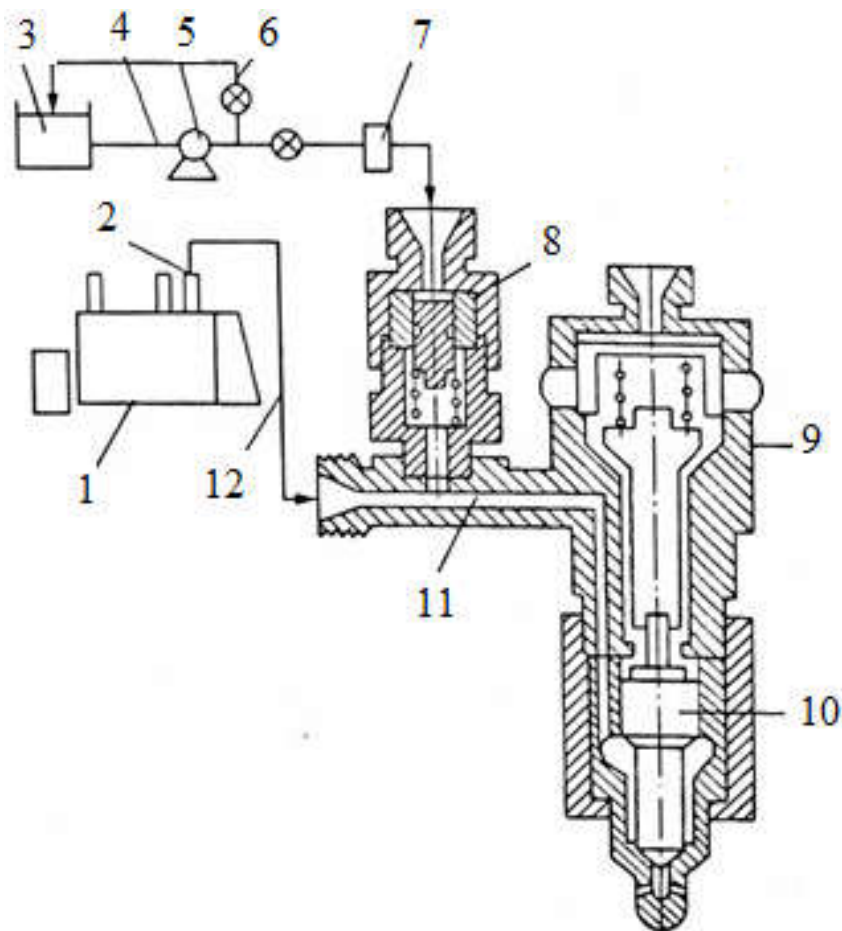


Рисунок 2.2 – Схема системи подачі етанолу та дизельного палива в ДВЗ легкового автомобіля фірми Isuzu:

1 – ПНВТ; 2 – нагнітальний клапан; 3 – ємність з етанолом; 4,6 – магістралі;
5 – підкачуючий насос; 7 – фільтр; 8 – клапан; 9 – форсунка;
10 – запірна голка; 11 – канал; 12 – паливопровід

Подача етанолу в двигун у вигляді емульсії. Існує можливість подачі етанолу в дизельний двигун у вигляді емульсії з дизельним паливом штатною паливною системою. Однак створення стабільних гомогенних сумішей етанолу та дизельного палива важке, внаслідок їх різних фізико-хімічних властивостей. Необхідно використовувати поверхнево-активні речовини (стабілізатори).

Фірма Cummins (США) розробила та випробувала високообертовий дизельний двигун сільськогосподарського призначення розмірності $S/D = 135/114$ з потужністю $N_e = 224$ кВт при $n = 2200$ хв⁻¹, який працює на суміші дизельного палива (88,7%), етанолу (10%), емульгаторів (1,3%) та присадок, що підвищують цетанове число суміші (0,001%) [27]. Випробування дизеля підтвердили поліпшення екологічних показників двигуна на суміші палив.

Істотним недоліком переводу ДВЗ на роботу зі спиртовмісними емульсіями є їх нестабільність, яка може привести до повного розшарування емульсії та поділу її на дві самостійні фази.

Подача спирту в двигун в газоподібній фазі. Одним з перспективних способів використання етанолу в дизельних двигунах є подача у впускний трубопровід. У цьому випадку подача етанолу реалізується за допомогою карбюратора або форсунки, які встановлюються на впуску. В цьому випадку до характеристик уприскування етанолу пред'являються менш жорсткі вимоги, ніж при їх подачі безпосередньо в циліндри.

В університеті штату Вісконсін (Медісон, США) створена експериментальна установка та проведені дослідження параметрів роботи дизельного двигуна з робочим об'ємом $V_h = 8,259$ л, турбонаддувом та багатоплунжерним ПНВТ фірми R.Bosch, з подачею пароподібного етанолу у впускну систему.

В результаті випробувань ДВЗ, проведених на режимах з частотою обертання колінчастого вала $n = 2100$ хв⁻¹ (рис. 2.3), встановлена значна залежність ефективних показників роботи двигуна від співвідношення впорскуємого в камеру згоряння дизельного палива та етанолу у впускний колектор. Відповідно, на режимах з високими навантаженнями ефективний ККД незначно збільшувався з підвищенням частки етанолу в загальній подачі палива в дизель. На режимах з невеликими навантаженнями ефективний ККД зменшувався зі збільшенням подачі спирту. Подібні залежності були присутні

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

при всіх швидкісних режимах, а також при добавках етанольного палива різної міцності.

Недоліком розглянутої організації роботи дизеля на дизельному паливі та етанолі є наявність двох окремих систем подачі.

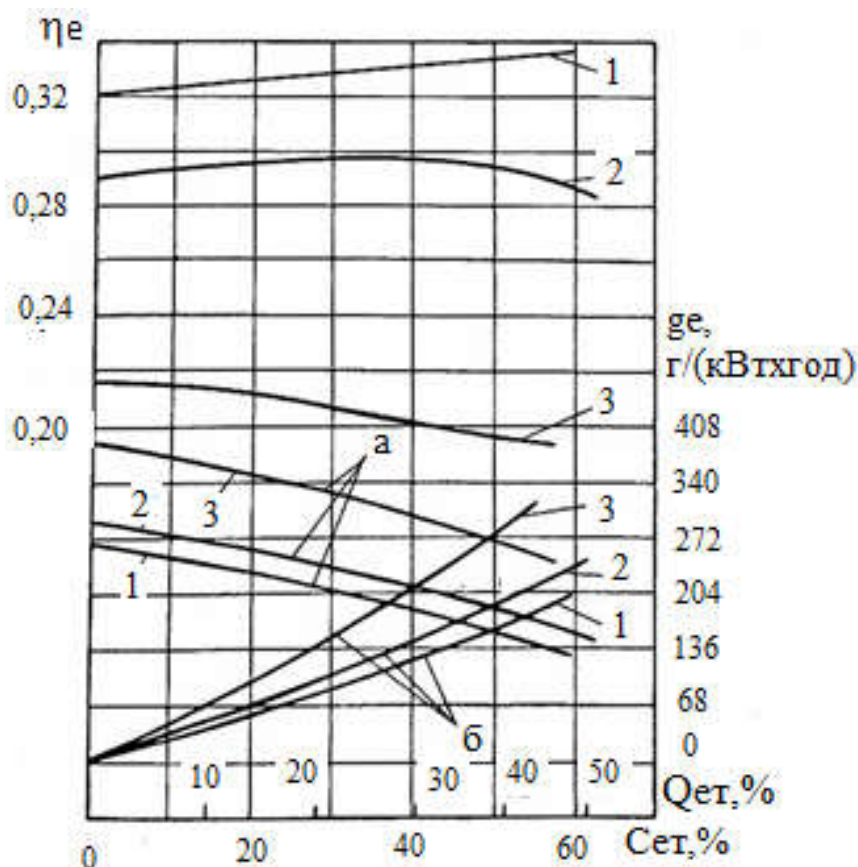


Рисунок 2.3 – Залежність ефективного ККД η_e та питомої ефективної витрати палива g_e дизельного палива (а) й етанолу (б) від його відносної подачі у впускний колектор C_{em} (від енергії, виділеної етанолом Q_{em}) при роботі дизеля на режимах з частотою обертання $n = 2100 \text{ хв}^{-1}$ та

навантаженням:

1 – 84,7...96,9 кВт; 2 – 55,7...56,6 кВт; 3 – 27,6...28,0 кВт

Необхідність використання в дизельному ДВЗ двох форсунок істотно ускладнює його конструкцію, а саме, вимагає розміщення додаткових пристроїв на двигуні. При такій організації робочого процесу також існує

проблема нестабільної роботи двигуна на режимах з малими частотами обертання.

Використання паливного етанолу як самостійного палива в ДВЗ з samozapalюванням стримується великими відмінностями по фізико-хімічним властивостям. Істотним недоліком етанолу є нестабільне займання в циліндрах дизелів, що вимагає використання різноманітних заходів для їх примусового запалювання. Ці недоліки також посилюється за рахунок високої випаровуваності та переохолодженні суміші. При використанні в двигунах с samozapalюванням необхідно реалізувати заходи по створенню якісного запалювання: оптимальна форма камери згоряння, підвищення ступеня стиснення, підвищення температурного рівня деталей камери згоряння та їх теплоізоляція, регулювання кута випередження впорскування палива, організація рециркуляції ВГ, підігрів повітря на впуску.

					<i>КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ</i>	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДВИГУНА IVECO N45

3.1 Тепловий розрахунок двигуна при роботі на рідкому біоетанолі

Вибір вихідних параметрів для розрахунку робочого процесу

Діаметр циліндра D . Приймається $D = 104$ мм.

Хід поршня S . Приймається $S = 132$ мм.

Ступінь стиснення ξ . Приймається $\xi = 17,5$.

Число циліндрів i . Приймається $i = 6$.

Номінальна частота обертання вала. Приймаються $n = 2800$.

Відношення радіусу кривошипа до довжини шатуна λ . Приймаються $\lambda = 0,23$ [7].

Матеріал поршня. Приймається сталь.

Матеріал голівки циліндра. Приймається чавун.

Середня товщина стінки вогневої поверхні δ . Приймаються $\delta = 7,28$.

Емпіричні коефіцієнти A, B . Механічні втрати в двигуні внутрішнього згоряння розраховуються як середній тиск тертя P_{fr} , яке залежить від швидкісного режиму і навантаження:

$$P_{fr} = A \cdot C_m + B \cdot p;$$

де: A, B – емпіричні коефіцієнти;

C_m – середня швидкість поршня, [м/с];

p – середній тиск у циліндрі, [бар]. Рекомендовані значення:

– чотиритактні двигуни: $A = 0,06 \dots 0,12$; $B = 0,06 \dots 0,11$;

Приймаються $A = 0,1, B = 0,1$.

Коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінок робочого об'єму розраховуються за формулою Г. Вошні.

$$\alpha_w = 110 \frac{P^{0.8} W^{0.8}}{T^{0.53} D^{0.2}};$$

Коефіцієнт у формулі тепловіддачі (порядковий множник) вибирається в таких межах:

115...135 для швидкохідних дизелів,

105...110 для середньообертових дизелів,

85...105 для малообертових дизелів,

140...200 для бензинових ДВЗ без наддуву,

120...160 для газових і бензинових ДВС з наддувом

Приймається 110.

Місце подачі основного палива. Безпосередній вписк.

Кут випередження запалювання θ . Приймаються $\theta = 10...25$ градуси повороту кривошипа до ВМТ.

Тривалість згоряння (на номіналі), φ_z . Приймаються $\varphi_z = 50$ градусів повороту кривошипу.

Показник згоряння (на номіналі), m_v . Приймаються $m_v = 3$.

Двигун безнаддувний, не має агрегату наддуву.

Розрахунок проводиться для палива «Етанол», дані якого для виконання дослідження були занесені до списку палив:

$C = 0,522$ кг – кількість вуглецю;

$H = 0,131$ кг – кількість водню;

– нижча теплота згоряння палива $Q_n = 26,8$ (МДж/кг) [8];

– теплоємність палива, взяти при температурі форсунки $C_p=2470$ (кДж/кгК);

– молекулярна маса 46,07.

Для номінального режиму роботи приймаємо:

– $n = 2800$ об/хв;

– коефіцієнт надлишку повітря при згорянні α . Приймаються $\alpha = 1,1...1,8$.

– кут випередження запалення $\theta = 10...25$ град. до ВМТ;

– початок подачі палива 60 град;

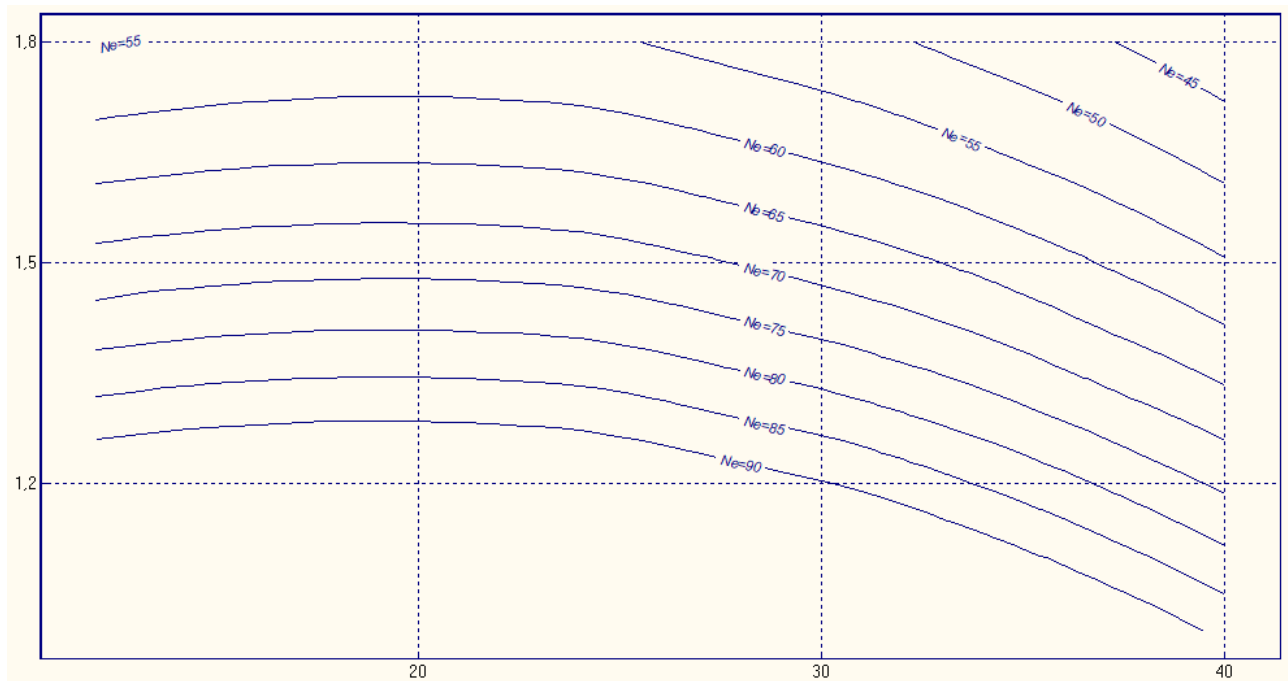
					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначення раціональних значень α та θ

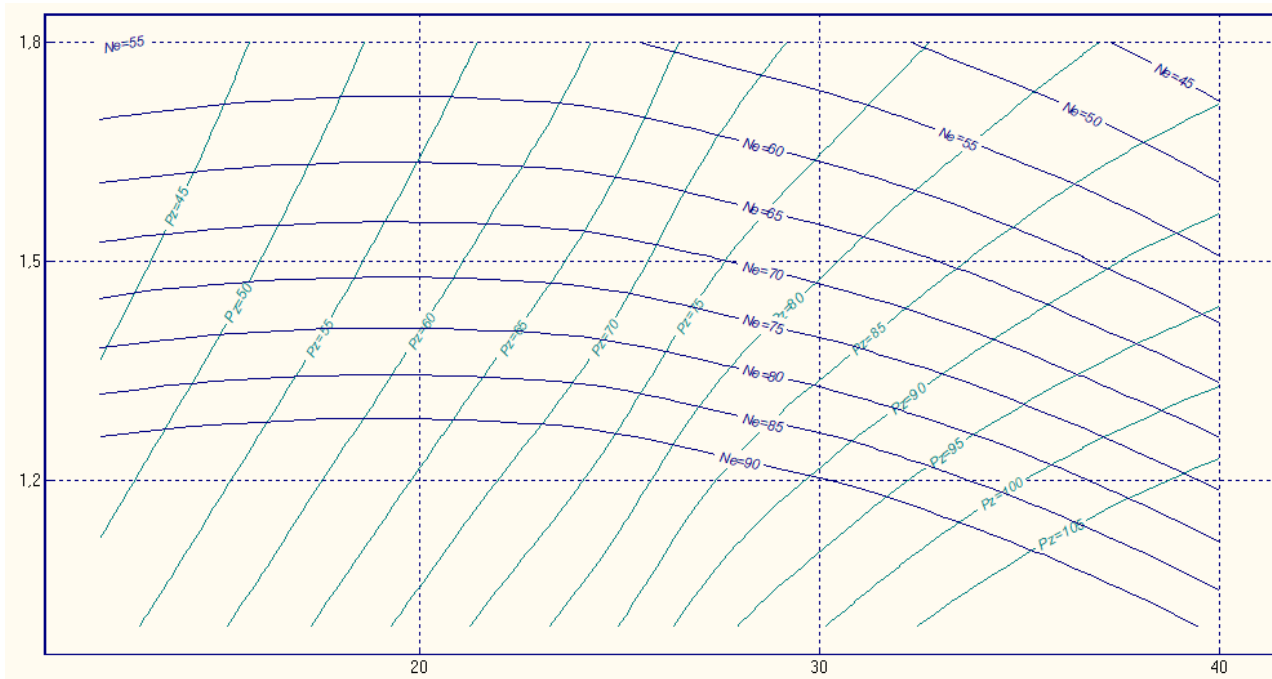
Для виявлення найкращого ефекту необхідно визначити значення основних параметрів, які створять умови раціональних екологічних, економічних та енергетичних показників роботи двигуна на номінальному режимі. Такими параметрами регулювання є коефіцієнт надлишку повітря α та кут випередження запалювання θ .

В якості 1-го досліджуємо параметра виступає коефіцієнт надлишку повітря α в межах 1,1...1,8. Другий аргумент - кут випередження запалювання в межах 10...25 град. до ВМТ.

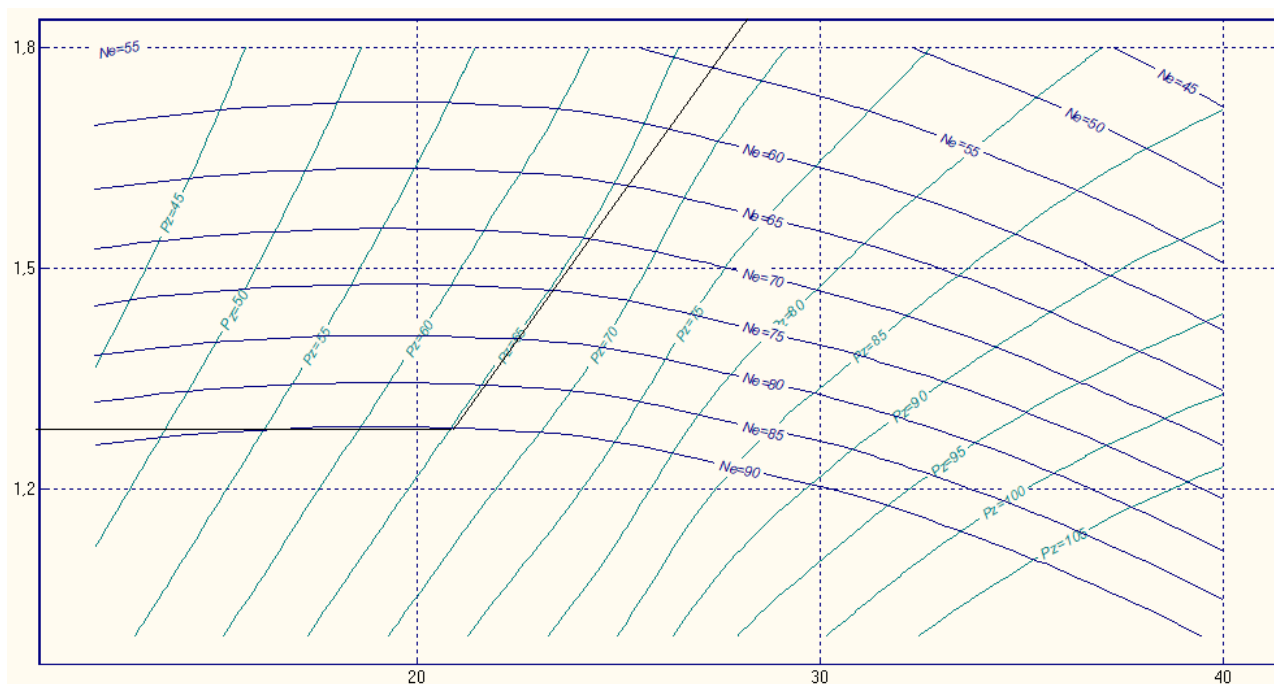
Будуємо ізолінії потужності двигуна.



Вводимо першу обмежувальну характеристику – P_z (максимальний тиск згоряння).



Максимальний тиск згоряння не може перевищувати 65 бар, а потужність 90 кВт, тому вводимо першу обмежувальну характеристику



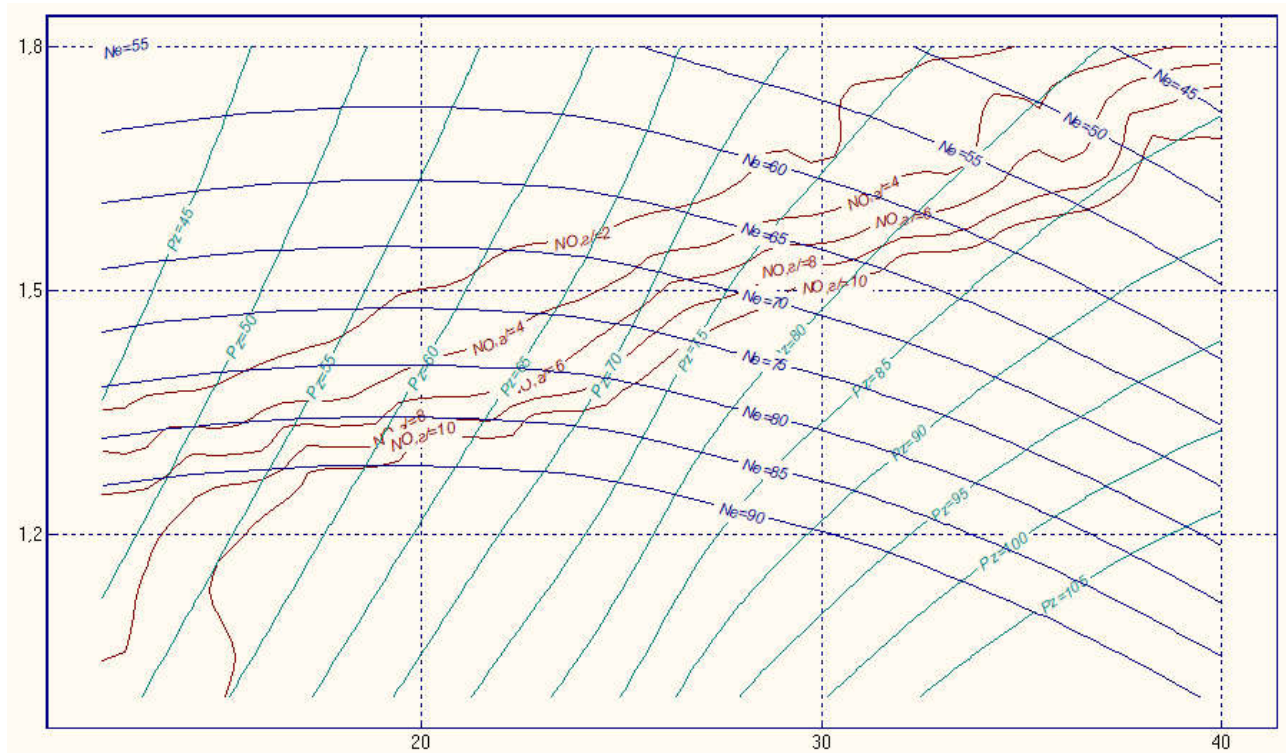
Далі вводимо другу обмежувальну характеристику – рівень NO_x у відпрацьованих газах не повинен перевищувати 6 г/кВт*год.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

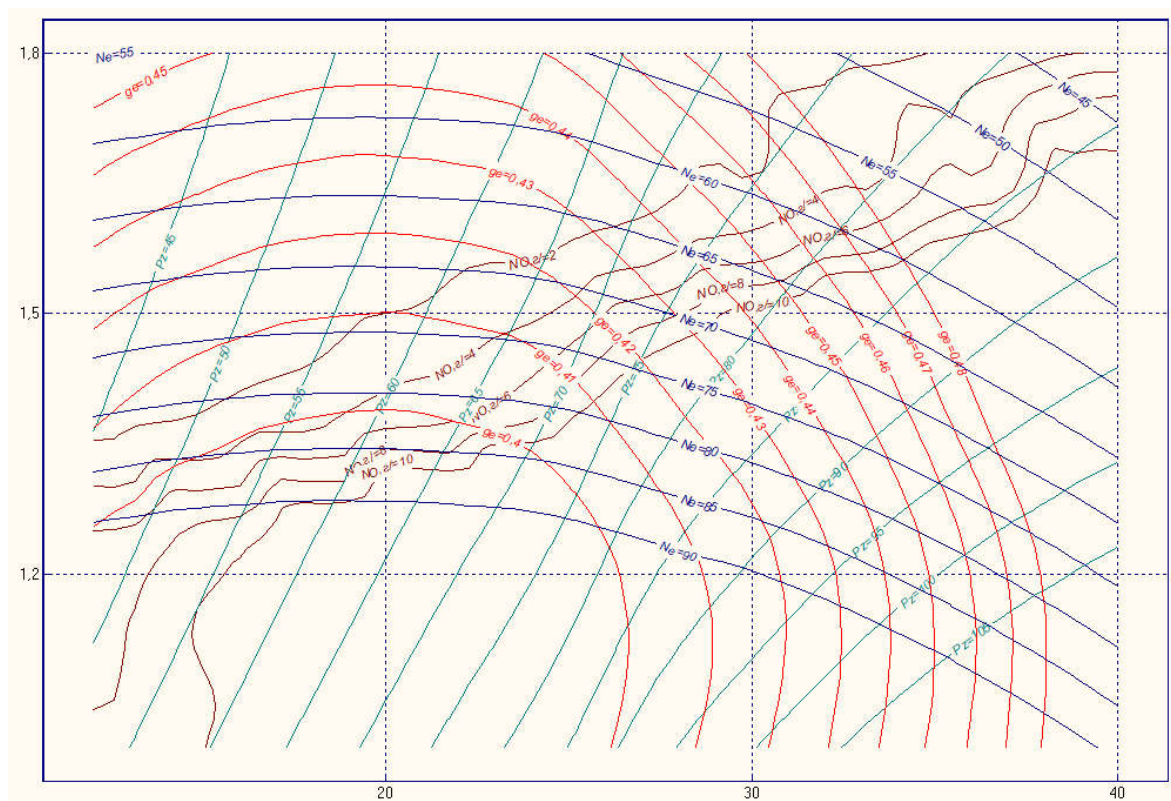
КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ

Аркуш

26



Рациональні значення α та θ це визначаються для забезпечення максимальної економічності двигуна. Необхідно побудувати ізолінії питомої ефективної витрати палива.



Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ

Аркуш

27

Таким чином, питома витрата палива 0, 41 кг/кВт*год при задовільненні всіх вимог та найбільшій екологічності забезпечується при $\alpha = 1,4$ та $\theta = 20$ град. до ВМТ.

Результати розрахунків для обраних оптимальних умов роботи двигуна:

Параметр	Значення
Частота обертання колінчастого вала, [1 / хв]	2800.0
Потужність, [кВт]	90.457
Середній ефективний тиск, [бар]	5.7621
Крутний момент [Нм]	308.52
Циклова подача палива, [г].	0.06347
Масова витрата живильного газу, [кг/год].	18.279
Об'ємна витрата живильного газу, [м3/год]	26.470
Питома ефект. витрата палива, [кг/(кВт*год)]	0.22640
Ефективний ККД	0.35336
Середній індикаторний тиск, [бар]	10.330
Індикаторний ККД	0.42963
Тиск тертя, [бар]	1.4104
Механічний ККД	0.82247
Частота обертання колінчастого вала, [1/хв]	2800.0
Потужність, [кВт]	90.457
Середній ефективний тиск, [бар]	5.7621
Крутний момент, [Нм]	308.52
Циклова подача палива, [г]	0.07014
Питома ефект. витрата палива, [кг/(кВт*год)].	0.40030
Ефективний ККД	0.34371
Середній індикаторний тиск, [бар]	8.0433
Індикаторний ККД	0.47978
Тиск тертя, [бар]	1.8431

Механічний ККД	0.71639
Тиск загальмованого потоку, [бар]	1.0000
Температура загальмованого потоку, [K]	288.00
Статичний тиск за турбіною, [бар]	1.0000
Тиск загальмованого потоку за фільтром, [бар]	0.99000
Тиск перед впускним колектором, [бар]	0.99000
Температура перед впускним колектором, [K]	288.00
Витрата повітря (+EGR) через циліндри двигуна, [кг/с].	0.12636
ККД агрегату наддуву	0.0000
Середній тиск перед турбіною, [бар]	1.0496
Середня температура перед турбіною, [K]	816.31
Витрата О.Г. через циліндри двигуна, [кг/с].	0.13443
Коеф. надлишку повітря сумарний	1.4100
Середній тиск насосних ходів, [бар]	0.43806
Коефіцієнт наповнення	0.65027
Коефіцієнт залишкових газів	0.04474
Коефіцієнт продувки	0.99992
% закидання О.Г. у впускний колектор	1.4347
% витоків через поршневі кільця	1.3875
Середній тиск у впуск. колекторі, [бар]	0.98732
Середн. температ. у впуск. колекторі, [K]	296.75
Середня температура стінки вп. колл., [K].	299.75
Коеф. тепловіддачі у вп. колл., [Вт/(м2*K)].	53.445
Коеф. тепловідд. у клап.каналі, [Вт/(м2*K)]	352.59
Середній статичний тиск О.Г., [бар].	1.0397
Середня статична температура О.Г., [K]	814.44
Середня швидкість газу, [м/с]	73.582
Число Струхала:	7.7045

Середня температура стінки вип. колл., [K].	736.04
Коеф. тепловіддачі у вип. колл., [Вт/(м ² *K)].	170.02
Коеф. тепловідд. у клап.каналі, [Вт/(м ² *K)]	1104.4
Коефіцієнт надлишку повітря під час згоряння	1.4100
Максимальний тиск циклу, [бар]	66.981
Максимальна температура циклу, [K]	2114.7
Кут максимального тиску, [град. за ВМТ.]	12.000
Кут максимальн. температури, [град. за ВМТ.]	20.000
Макс. скор. наростання тиску, [бар/град].	2.3242
Середній тиск бензину перед форсункою [бар]	200.00
Ефективний прохідний перетин форсунки [мм ²]	0.50000
Випередження впорскування бензину, [град.до ВМТ]	60.000
Тривалість впорскування бензину [град.]	13.267
Випередження впорскування / запалювання, [град.до ВМТ]	22.000
Період затримки займання в циліндрі, [град]	0.15737
Тривалість згоряння, [град.п.к.в.]	49.000
Показник згоряння в циліндрі за Вібе	3.0000
Мін. октанове число палива	83.939
Емісія NO _x привед. до NO, [г/(кВт*год)] (Zeldovich)	4.8927
Емісія SO ₂ , [г/кВтг]	0.0000
Тиск початку стиснення, [бар]	0.70853
Температура початку стиснення, [K]	320.46
Тиск кінця стиснення, [бар]	34.431
Температура кінця стиснення, [K]	831.90
Тиск початку випуску, [бар]	3.6180
Температура початку випуску, [K]	1146.0
Середня еквівалентна температура циклу, [K]	1157.1
Середн. коеф. тепловідд. від газу до стін, [Вт/м ² /K]	364.70

Середн. температура вогневого днища поршня, [K].	521.03
Середн. температ. вогневої поверхн. втулки, [K]	420.00
Середн. температ. вогневої поверхні кришки,[K]	473.63
Середн. температура з боку охолодження	382.74
Температ. кипіння в сист. рідин. охолодження,[K]	398.16
Середн. коеф. тепловіддачі [Вт/(м ² *K)] від	11063.
Тепловий потік у кришку циліндра, [Дж/с].	2117.4
Тепловий потік у поршень, [Дж/с]	1970.6
Тепловий потік у втулку циліндра, [Дж/с]	1901.5
Ступінь стиснення (для ПДП за обох поршнів у ВМТ)	17.500
Початок випуску, [град. до НМТ] (ВПуск. вала)	64.000
Кінець випуску, [град. за хМТ] (ВПуск. вала)	16.000
Початок впуску, [град. до хМТ] (ВПуск. вала)	30.000

3.2 Дослідження ефективності використання термохімічної конверсії спиртового палива в двигуні IVECO N45

Загальні відомості

До основних переваг етанолу відносяться можливість його отримання з будь-якої сировини. Особливо це ефективно при використанні поновлюваних джерела енергії. Однак, поряд з перевагами етанол має низку недоліків, в основному пов'язаних з відмінностями у фізико-хімічних властивостях. Ефективним способом використання етанолу в поршневих ДВЗ є реалізація отримання синтез-газу з етанолу, який можна отримати термохімічною утилізацією теплоти відпрацьованих газів [9-11].

Термохімічна утилізація теплоти відпрацьованих газів реалізується наступним чином: теплова енергія, яка утилізується з відпрацьованих газів ДВЗ в утилізаційному пристрої, здійснює ендотермічну реакцію хімічного

перетворення біоетанолу, в результаті якого утворюється синтез-газ, основними компонентами якого є CO та H_2 .

В результаті перетворення хімічна енергія отриманого синтез-газу більша ніж енергія біоетанолу на значення енергії відпрацьованих газів яка була утилізована, і тим самим повертається до робочого циклу.

Для здійснення термохімічної утилізації необхідно обов'язкове виконання умови: біоетанол повинен при діючих енергетичних та температурних параметрах відпрацьованих газів ефективно розкладатися на синтез-газ.

Найбільшого поширення набули 3 види ендотермічних реакцій: парова конверсія (паровий риформінг), вуглекиснева конверсія, розкладання.

Первинна оцінка ефективності використання ТХУ теплоти ВГ може бути встановлена при порівнянні теплоти, що утворилася при згорянні 1 кг вихідного палива та теплоти, яка виділилася при згорянні синтез-газу, отриманого при конверсії того ж 1 кг вихідного палива.

Термохімічна утилізація являє собою сукупність процесів в результаті яких під впливом теплоти ВГ, яка відбирається від них в утилізаційному пристрої, відбувається реакція хімічного перетворення палива з утворенням синтез-газу.

Для успішної реалізації даного способу утилізації в поршневих ДВЗ з примусовим запалюванням необхідне виконання певних умов (рис. 3.1). А саме, **температурно-енергетичного потенціалу відпрацьованих газів має бути достатньо для отримання з палива синтез-газу, необхідної кількості та складу.**

Дана умова описується 2 виразами:

1) кількість енергії, яка необхідна для отримання синтез-газу $Q_{c.g}^{необ}$ не повинна перевищувати максимальну кількість енергії, яка може бути утилізована з відпрацьованими газами $Q_{в.г}^{max}$;

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2) Різниця між температурою відпрацьованих газів на вході в утилізаційний пристрій $T_{в.г}^{вх}$ та температурою синтез-газу на виході з утилізаційного пристрою $T_{с.г}^{вих}$ (температура конверсії палива) не повинна бути нижче величини встановленої різниці температури на вході ΔT , тобто максимальна температура процесу конверсії палива не може перевищувати максимальну температуру відпрацьованих газів в утилізаційному пристрої.

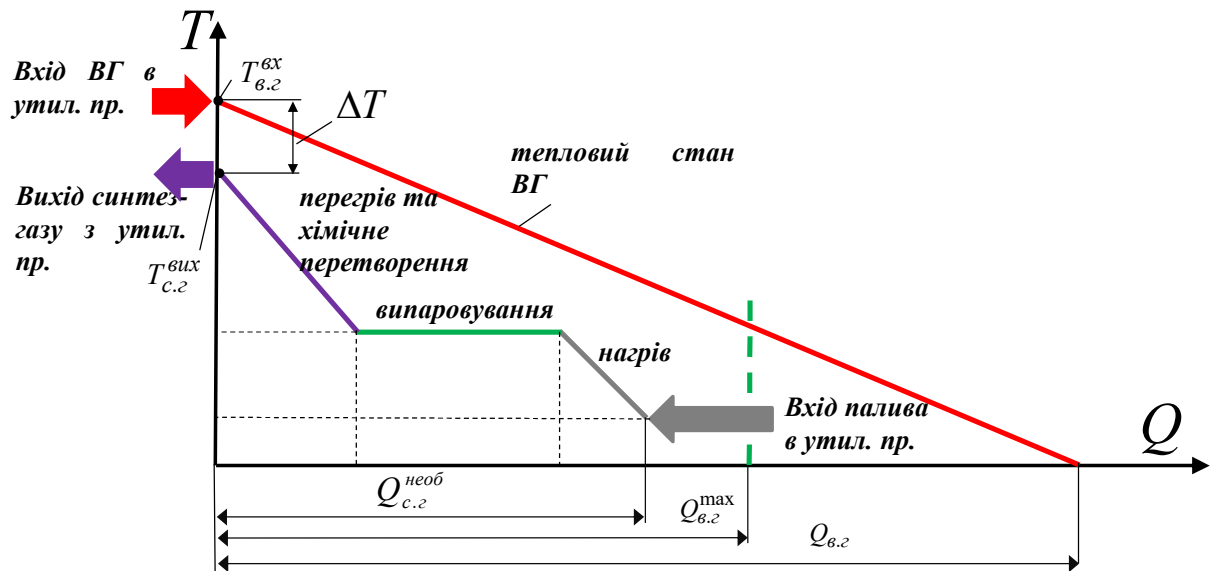


Рисунок 3.1 – Узгодження параметрів ВГ ДВЗ та параметрів процесу конверсії палива

Різниця температур на вході, а також максимальна кількість енергії, яка може бути утилізована з відпрацьованими газами залежать від конструкції та типу утилізаційного пристрою, наявності або відсутності каталізаторів уточнюються лише експериментальним шляхом.

Вираз для визначення кількості енергії, необхідної для отримання синтез-газу записується у вигляді

$$Q_{с.г}^{необ} = Q_{наг} + Q_{вип} + Q_{пер} + Q_{х.р} + Q_{вт}$$

Де $Q_{наг}$ – кількість енергії, яка витрачається на нагрів рідких вихідних компонентів хімічної реакції до температури кипіння;

$Q_{вип}$ – кількість енергії, яка витрачається на випаровування компонентів хімічної реакції;

$Q_{пер}$ – кількість енергії, яка витрачається на перегрів газоподібних компонентів хімічної реакції до температури конверсії;

$Q_{х.р}$ – кількість енергії, яка витрачається на подолання ендотермічного ефекту реакції хімічного перетворення вихідних компонентів в синтез-газ;

$Q_{вт}$ – кількість енергії, яка враховує неминучі теплові втрати в навколишнє середовище через утилізаційний пристрій.

Кількість енергії, яка витрачається на нагрів рідких вихідних компонентів хімічної реакції до температури кипіння визначається за рівнянням:

$$Q_{наг} = G \times C'_p \times (T'_1 - T_0),$$

де G – масова витрата компонента через утилізаційний пристрій для отримання необхідної кількості синтез-газу на відповідному режимі роботи двигуна;

C'_p – середня ізобарна теплоємність рідкого компонента в інтервалі температур T_0 та T_1 ;

T'_1 – температура кипіння компонента;

T_0 – температура рідкого компонента на вході в утилізаційний пристрій.

Кількість енергії, яка витрачається на випаровування компонентів хімічної реакції:

$$Q_{вип} = G \times r,$$

де r – питома теплота випаровування компонента.

Кількість енергії, яка витрачається на перегрів газоподібних компонентів хімічної реакції до температури конверсії:

$$Q_{пер} = G \times C''_p \times (T_2 - T''_1),$$

Де C''_p – середня ізобарна теплоємність рідкого компонента в інтервалі температур T_2 та T''_1 ;

T_2 – кінцева температура конверсії;

T''_1 – температура газоподібного компонента, яка відповідає T'_1 .

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Кількість енергії, яка витрачається на подолання ендотермічного ефекту реакції хімічного перетворення вихідних компонентів в синтез-газ:

$$Q_{x.p} = G \times q_{x.p} ,$$

Де $q_{x.p}$ – питома теплота хімічної реакції (визначається експериментально та залежить від ступеня конверсії, способу конверсії, а також термодинамічних та термохімічних властивостей етанолу).

Кількість енергії, яка враховує неминучі теплові втрати в навколишнє середовище $Q_{вт}$ через утилізаційний пристрій залежить від конструкції, матеріалу, а також режиму роботи утилізаційного пристрою. Величина втрат в навколишнє середовище становить по опитним даним близько 10...15% від загальної кількості енергії необхідної для отримання синтез-газу

$$Q_{вт} = (0,1 \dots 0,15) \times Q_{с.г}^{необ} .$$

Максимальна теплота відхідних газів, яка може бути утилізована в термохімічному пристрої конверсії $Q_{г.г}^{max}$ залежить від величини газового опору та ККД утилізаційного пристрою, а також від термодинамічних властивостей ВГ.

Теплота відхідних газів, яка відводиться від двигуна визначається:

$$Q_{гг} = G_{гг} \times C_p''' \times (T_{вих} - T_o) ,$$

де G – масова витрата відхідних газів;

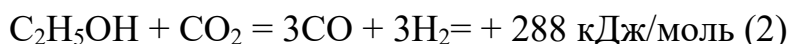
C_p''' – середня ізобарна теплоємність рідкого компонента в інтервалі температур T_o та $T_{вих}$;

T_o – температура навколишнього середовища;

$T_{вих}$ – температура відхідних газів на виході з двигуна.

**Дослідження параметрів двигуна при роботі на синтез-газі,
отриманому шляхом термохімічної конверсії біоетанолу**

В якості процесу конверсії біоетанолу в синтез-газ досліджуємо парову конверсію (3), конверсію по реакції розкладання (1) і вуглекислотну конверсію (2):



Властивості синтез-газу за способом отримання представлені в табл.

Реакція		Парова конверсія	Вуглекислотна конверсія	Реакція розкладу
Кількість реагенту, г	C ₂ H ₅ OH	46	46	46
	H ₂ O	18	0	0
	CO ₂	0	44	0
	Е	64	90	46
Кількість продукту, г	CO	56	84	28
	H ₂	8	6	2
	CH ₄	0	0	16
	CO ₂	0	0	0
	Е	64	90	46
Кількість продукту, моль	CO	2	3	1
	H ₂	4	3	1
	CH ₄	0	0	1
	CO ₂	0	0	0
	Е	6	6	3
Масовий вміст продуктів реакції	CO	0,87	0,93	0,60
	H ₂	0,12	0,06	0,04
	CH ₄	0	0	0,34
	CO ₂	0	0	0
	Е	1	1	1
Об'ємний вміст продуктів реакції	CO	0,33	0,5	0,33
	H ₂	0,66	0,5	0,33
	CH ₄	0	0	0,33
	CO ₂	0	0	0
	Е	1	1	1
К-ть	CO	2,38	2,38	2,38

повітря для згоряння 1 м ³ речовини, м ³	H ₂	2,38	2,38	2,38
	CH ₄	9,52	9,52	9,52
	CO ₂	0	0	0
К-ть повітря для згоряння 1 кг речовини, кг	CO	2,46	2,46	2,46
	H ₂	34,49	34,49	34,49
	CH ₄	17,18	17,18	17,18
	CO ₂	0	0	0
Густина речовин при 0 °С, кг/м ³	CO	1,25	1,25	1,25
	H ₂	0,08	0,08	0,08
	CH ₄	0,71	0,71	0,71
	CO ₂	1,97	1,97	1,97
Теплота згоряння речовин, МДж/м ³	CO	12,62	12,62	12,62
	H ₂	10,78	10,78	10,78
	CH ₄	35,88	35,88	35,88
	CO ₂	0	0	0
Теплота згоряння речовин, МДж/кг	C ₂ H ₅ OH	27,2	27,2	27,2
	CO	10,09	10,09	10,09
	H ₂	121,12	121,12	121,12
	CH ₄	50,04	50,04	50,04
	CO ₂	0	0	0
ρ ^{с-г}	кг/м ³	0,47	0,66	0,68
L _о ^{с-г}	м ³ /м ³	2,38	2,38	4,76
	кг/кг	6,46	4,59	8,97
L _о ^{эт}	кг/кг	9	9	9
Q _н ^{с-г}	МДж/кг	23,97	17,49	28,81
	МДж/м ³	11,39	11,7	19,76
Q _н ^{см.с-г}	МДж/кг	3,21	3,12	2,88
	МДж/м ³	3,37	3,46	3,43
Q _н ^{см.эт}	МДж/кг	2,72	2,72	2,72
Q ^{с-г}	МДж	33,35	34,23	28,81

$\Delta Q_{\text{сг}}$	МДж	6,15	7,03	1,61
	%	22,63	25,86	5,94
$\Delta H_{\text{хр}}$	кДж/моль	256,14	297,31	49,95
	МДж/кг	5,56	6,46	1,08
ΔQ	МДж	0,58	0,57	0,53

Основні характеристики процесу перетворення етанолу в синтез-газ по реакції парової конверсії, вуглекислотній конверсії та реакції розкладання показані нижче.

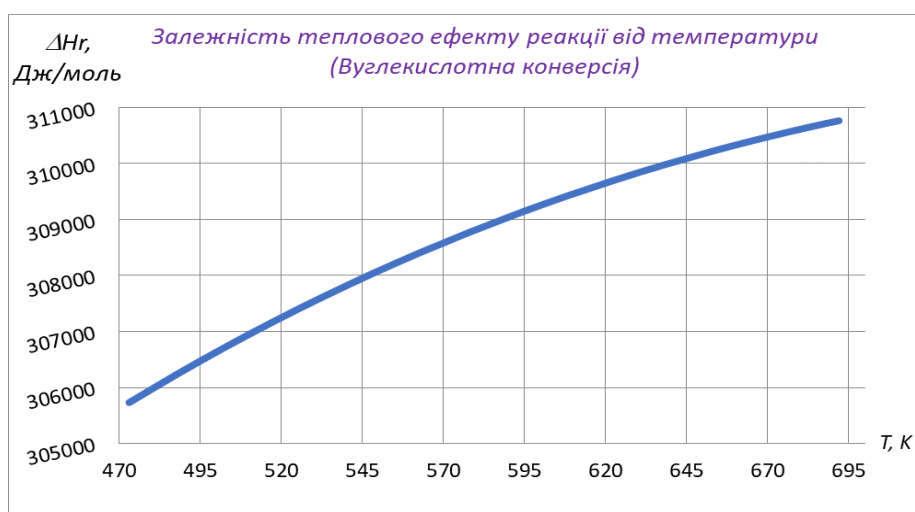


Рисунок 3.2 – Залежність теплового ефекту реакції по реакції вуглекислотної конверсії

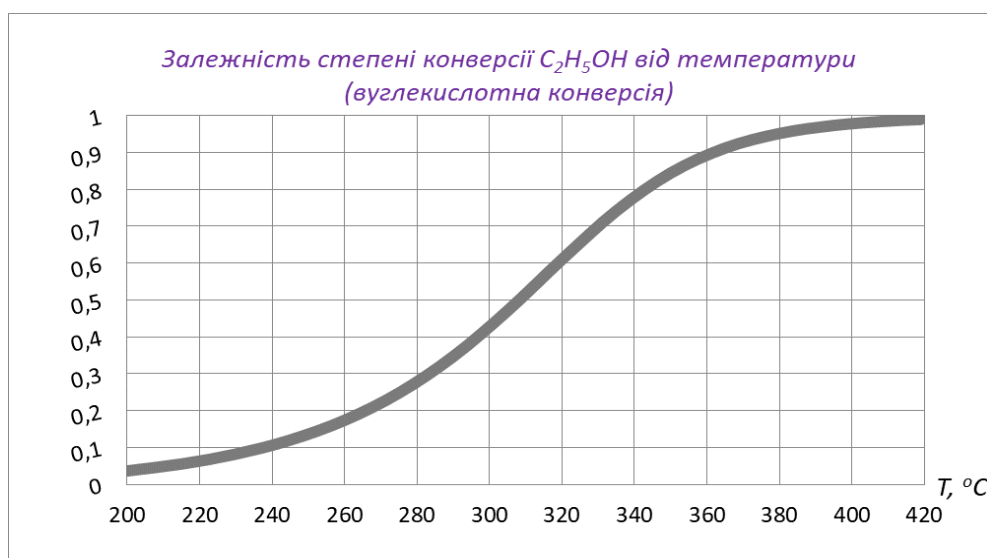


Рисунок 3.3 – Залежність ступеня конверсії біоетанолу від температури по реакції вуглекислотної конверсії

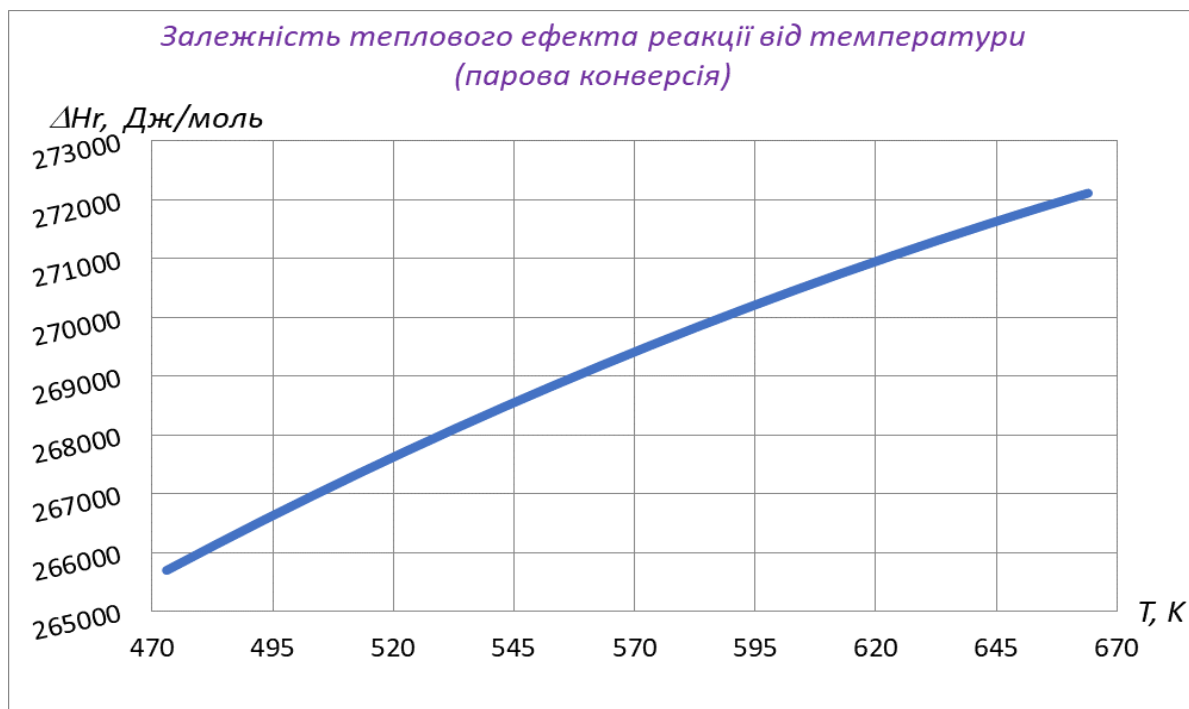


Рисунок 3.4 – Залежність теплового ефекту реакції по реакції парової конверсії

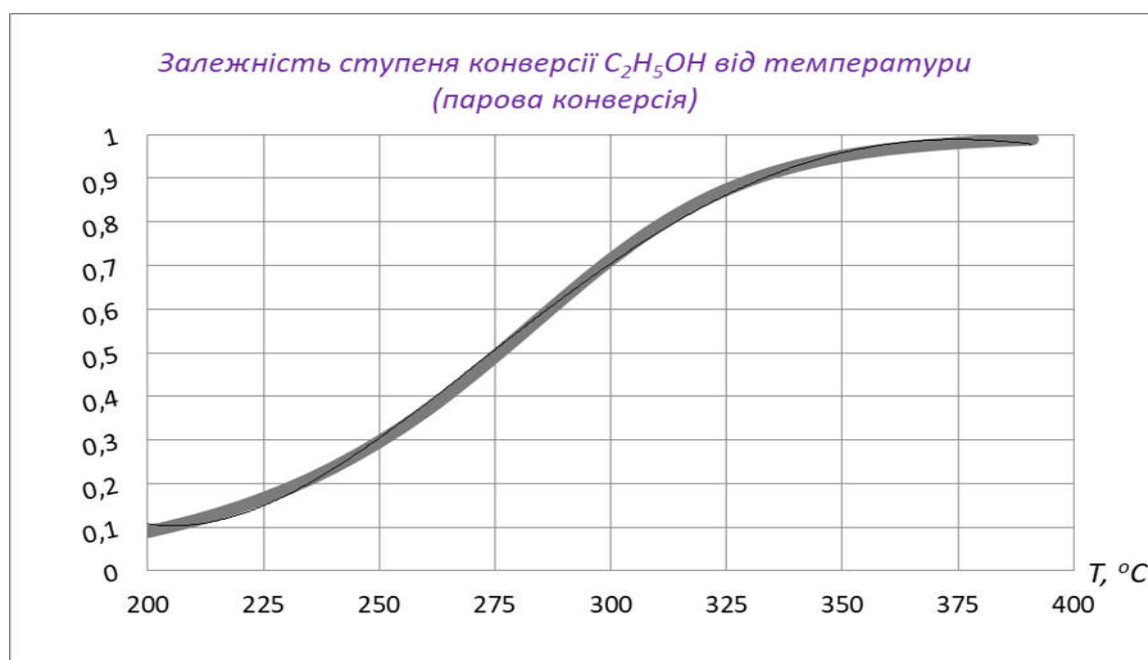


Рисунок 3.5 – Залежність ступеня конверсії біостанолу по реакції парової конверсії

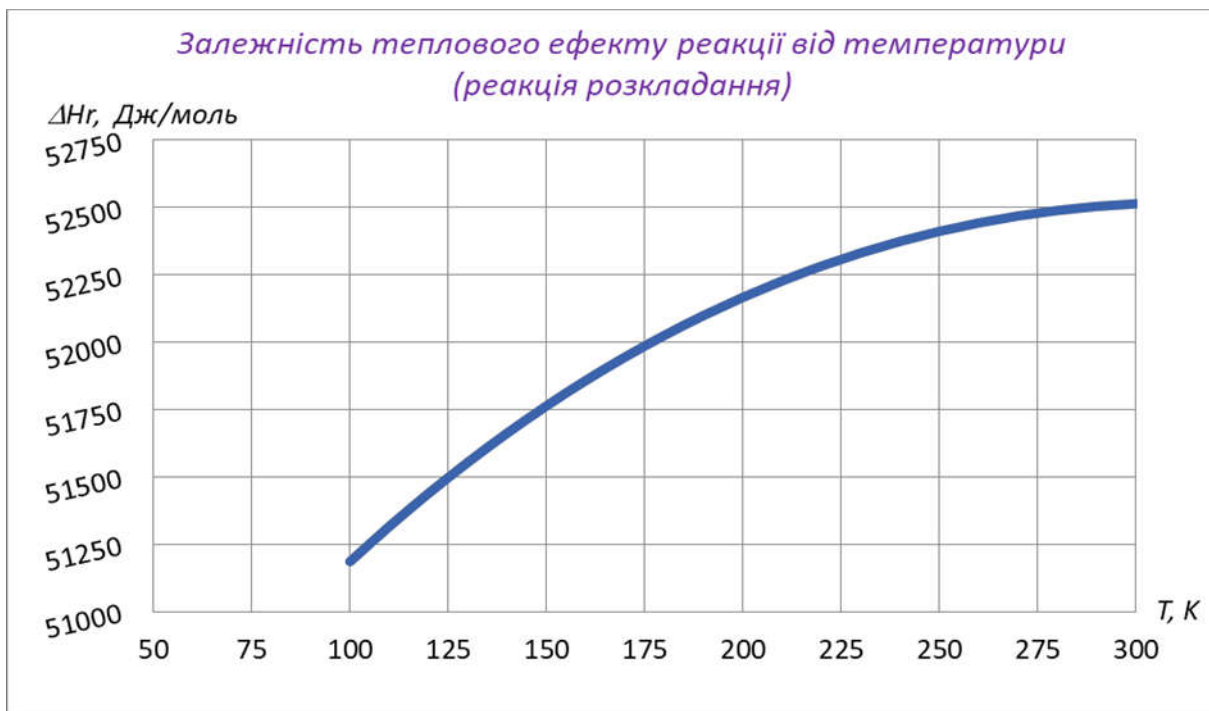


Рисунок 3.6 – Залежність теплового ефекту реакції від температури по реакції розкладання

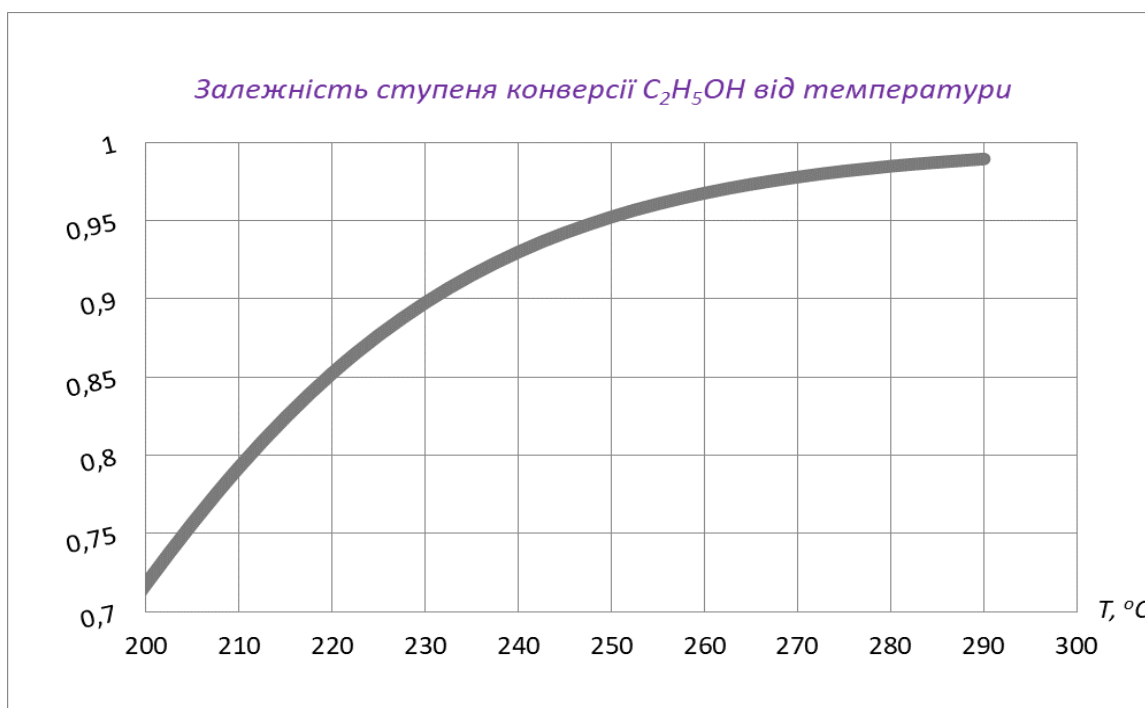


Рисунок 3.7 – Залежність ступеня конверсії біоетанолу від температури по реакції розкладання

Проведемо розрахунок робочого циклу двигуна для визначення основних параметрів роботи на номінальному режимі роботи ($n = 2800 \text{ хв}^{-1}$) на біоетанолі та синтез-газах, які отримані при умові повної конверсії за реакціями.

Показники	Реакція		
	Парова конверсія	Вуглекислотна конверсія	Розкладання
n (1/мин)	2800.0	2800.0	2800.0
Ne, кВт	89.99	90.06	90.01
Pe (бар)	5.73	5.73	5.73
Me	306.96	307.17	307.03
qc(г)	0.07	0.10	0.06
G Me (кг/ч)	39.01	54.27	32.98
G Me (м ³ /ч)	56.50	78.60	47.76
ge кг/(кВт*ч)	0.43	0.60	0.36
Eta_e (эфф.КПД)	0.34	0.34	0.33
Pi	7.94	7.94	7.93
Eta_i (инд. КПД)	0.48	0.47	0.46
Ptp (бар)	1.81	1.80	1.80
Eta_mex (мех. КПД)	0.72	0.72	0.72
Po*	1.00	1.00	1.00
To*	288.00	288.00	288.00
Po_т	1.00	1.00	1.00
Po_vx*	0.99	0.99	0.99
Pк	0.99	0.99	0.99
Tк	288.00	288.00	288.00
Gair	0.097	0.091	0.098
КПД_тк	0.00	0.00	0.00
Pt*	1.04	1.04	1.04
Tt*	931.61	949.45	951.18
Ggas	0.10	0.10	0.10
Alfa_sum	2.18	1.43	1.17
Pnx	-0.40	-0.39	-0.39
Eta_v	0.58	0.58	0.59
Gamma_r	0.04	0.04	0.04
Fi	0.99	0.99	0.99
G_забр. %	1.28	1.24	1.23
G_утеч. %	1.40	1.40	1.39
Ps	0.98	0.98	0.98
Ts	303.44	306.05	302.34
Tws	306.46	309.06	305.34
Alfa_ws	50.00	50.00	50.00

Alfa_wsc	336.08	334.00	337.66
Pr	1.040	1.040	1.040
Tr	930.00	947.80	949.51
Wr	67.11	68.38	69.22
Sh	8.23	8.31	8.31
Twr	826.54	843.90	845.68
Alfa_wr	152.36	153.24	154.44
Alfa_wcr	989.72	995.41	1003.2
Alfa	2.18	1.43	1.17
Pz	65.75	64.87	64.38
Tz	2537.9	2520.9	2478.8
Fi_pz	11.00	11.00	12.00
Fi_tz	19.00	20.00	20.00
dP/dFi	2.46	2.43	2.41
Teta_оп	20.00	20.00	20.00
Fi_задер	0.14	0.14	0.14
Fi_горен -	49.00	49.00	49.00
m_v	3.00	3.00	3.00
Октан.чсл	91.21	90.28	89.18
NO,г/кВч	96.97	66.98	42.74
SO2	0.00	0.00	0.00
Pa	0.64	0.64	0.64
Ta	320.75	323.27	320.02
Pc	31.51	31.04	30.84
Tc	905.65	896.91	882.12
Pb	3.40	3.45	3.47
Tb	1344.6	1367.1	1362.1
T_cp	1356.6	1356.1	1336.9
Alfa_w	333.93	331.99	332.28
Tw_поршн	539.79	538.83	536.31
Tw_втулк	420.00	420.00	420.00
Tw_кршк	490.62	489.87	487.54
Tw_охл	385.31	385.37	385.14
Tкип.	398.16	398.16	398.16
Alf_w_охл	11598.	11608.	11567.
q_кршки	2456.5	2442.8	2397.5
q_поршня	2317.0	2304.7	2259.8
q_цилинд	2186.2	2234.2	2222.0
Степ.сжат	17.50	17.50	17.50
Поч. вип	64.00	64.00	64.00
Кін.вип	16.00	16.00	16.00
Початок впуска	30.00	30.00	30.00
Кінець впуска	-10.00	-10.00	-10.00

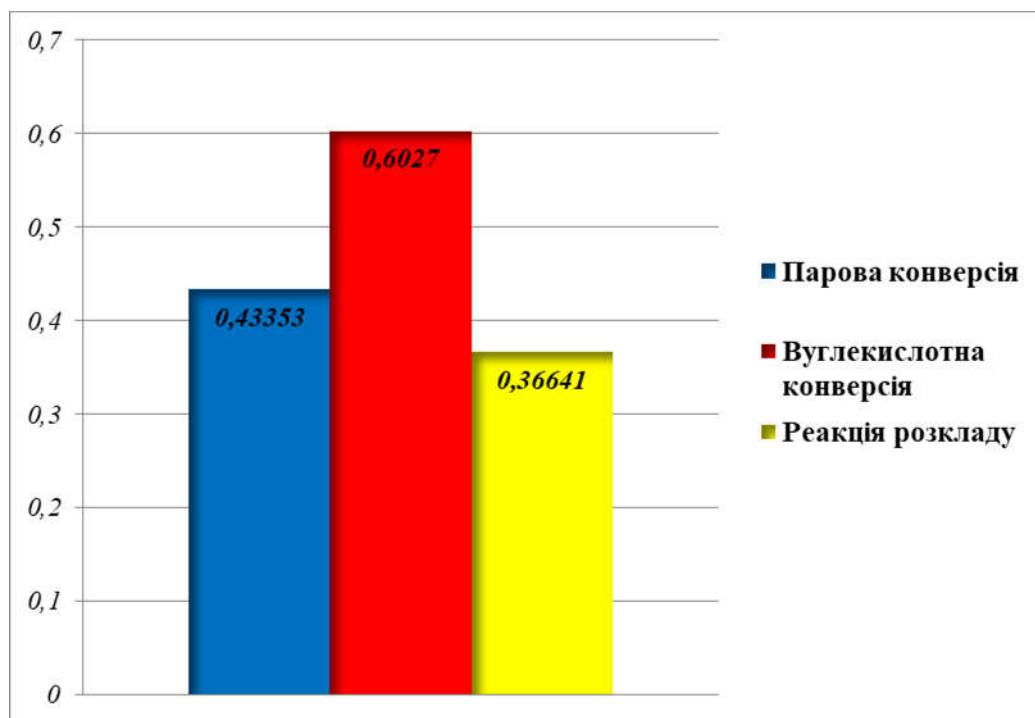


Рисунок 3.8 – Гістограми питомої витрати синтез-газу при різних способах отримання синтез-газу

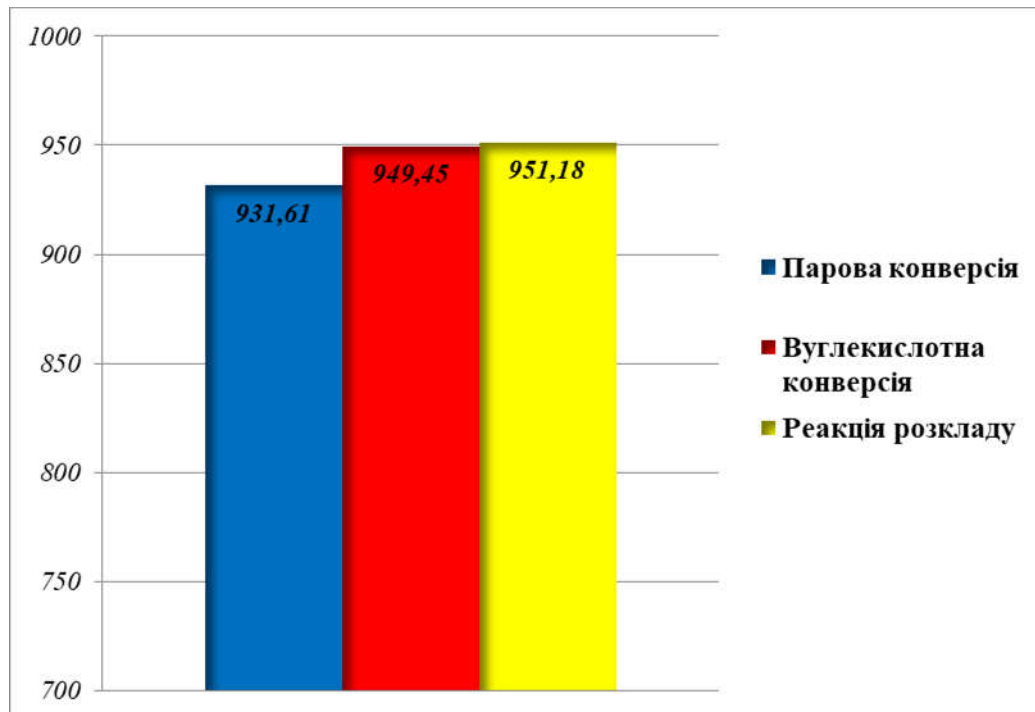


Рисунок 3.9 – Гістограми середньої температури відхідних газів (K)

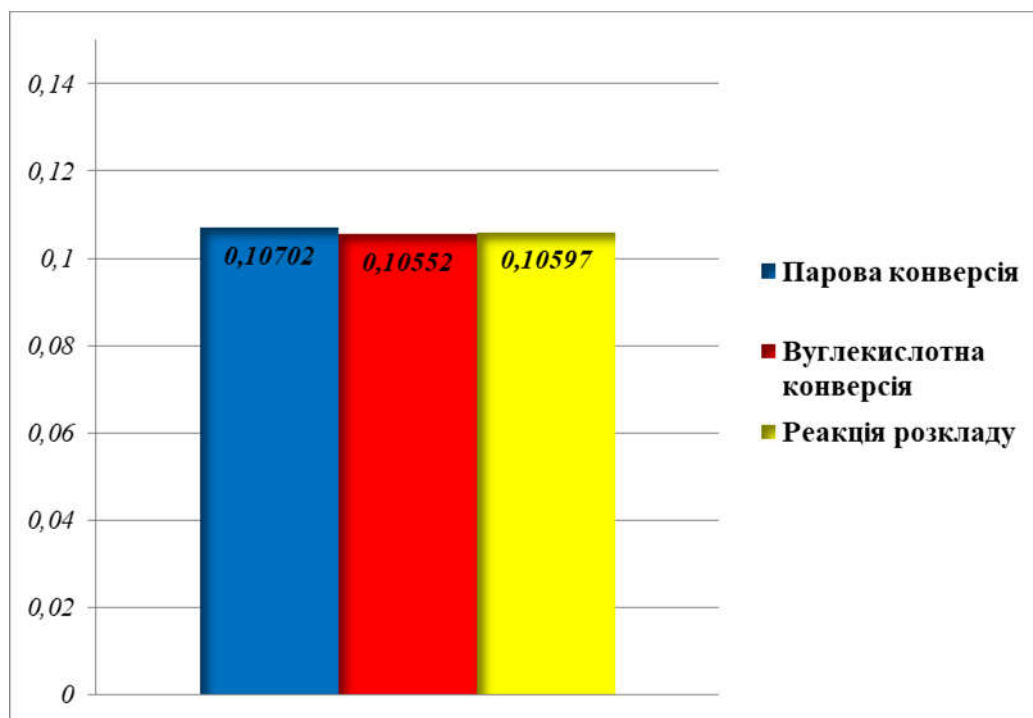


Рисунок 3.10 – Гістограма витрати відхідних газів через циліндри (кг/с)

Визначення раціональних меж використання термохімічної конверсії етанолу

Ефективність застосування термохімічної утилізації теплоти відпрацьованих газів в розраховується при порівнянні витрат біоетанолу g_e у ДВЗ й кількості біоетанолу, який використовується для отримання синтез-газу. На рис. 3.11-3.14 показані залежності питомої витрати етанолу при роботі двигуна на синтез-газі, отриманому паровою конверсією, вуглекислотою конверсією і розкладанням, для різних значень ступеня конверсії етанолу.

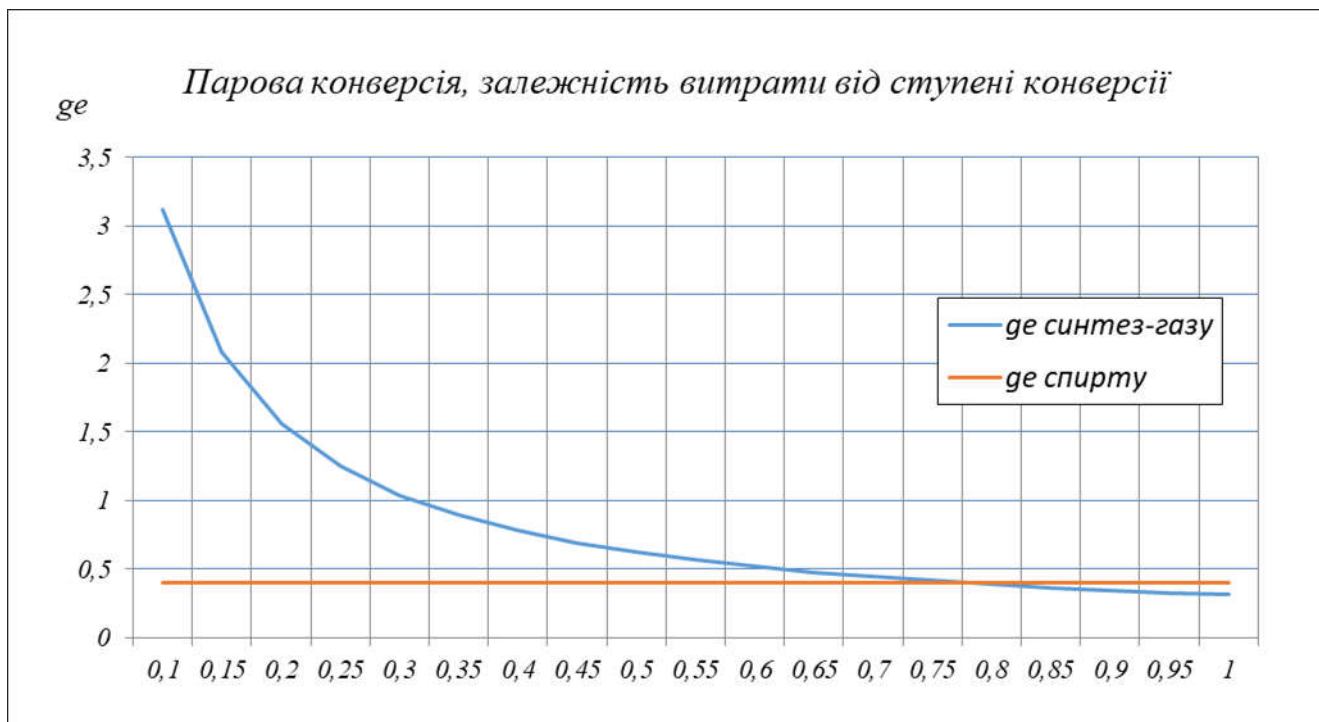


Рисунок 3.11 – залежність витрати етанолу від ступені конверсії при ПК

Питома витрата біоетанолу при реалізації парової конверсії зменшується в діапазоні зміни ступеня конверсії ξ – 75...100%.

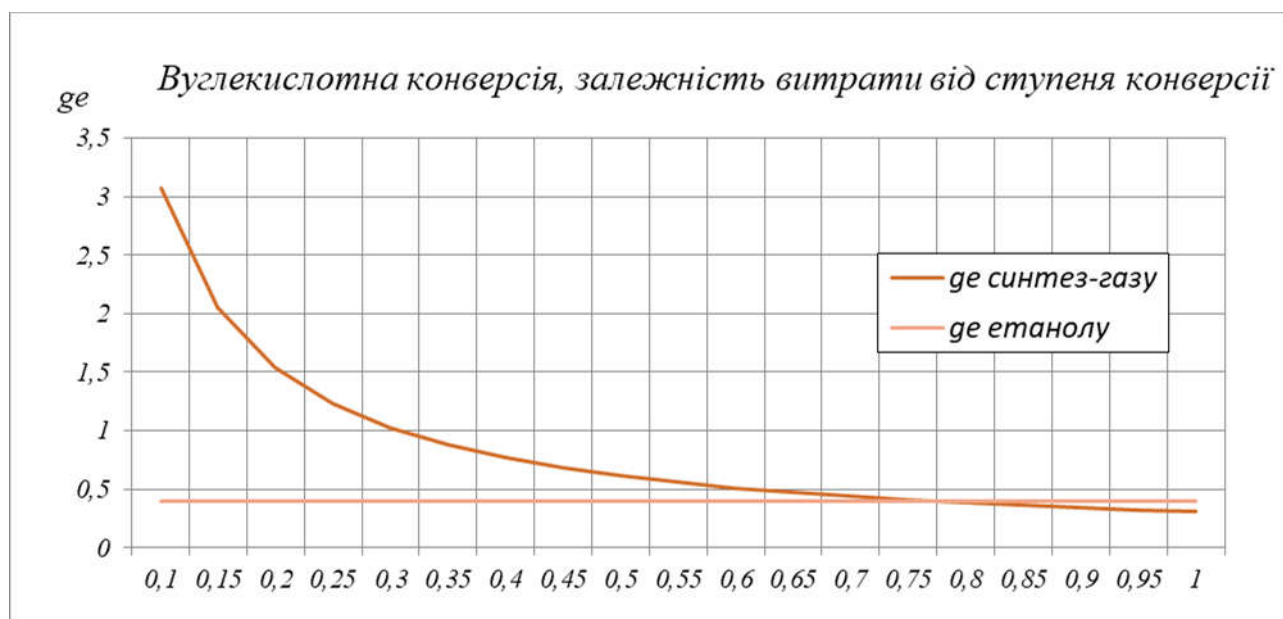


Рисунок 3.12 – Залежність витрати етанолу від ступені конверсії при вуглекислотній конверсії

Питома витрата етанолу при вуглекислотній конверсії знижується в широкому діапазоні зміни ступеня конверсії ξ – 76...100%.

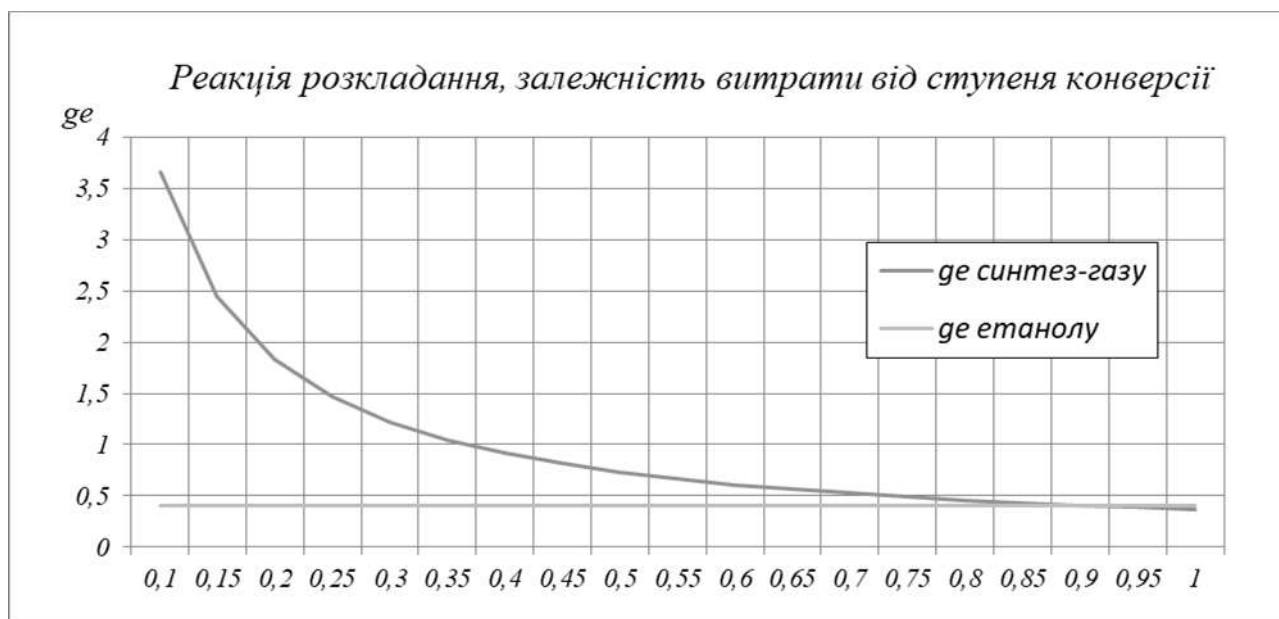


Рисунок 3.13 – залежність витрати етанолу від ступені конверсії (розкладання)

Питома витрата біетанолу при при реалізації реакції розкладання зменшується в діапазоні зміни ступеня конверсії ξ – 86...100%.

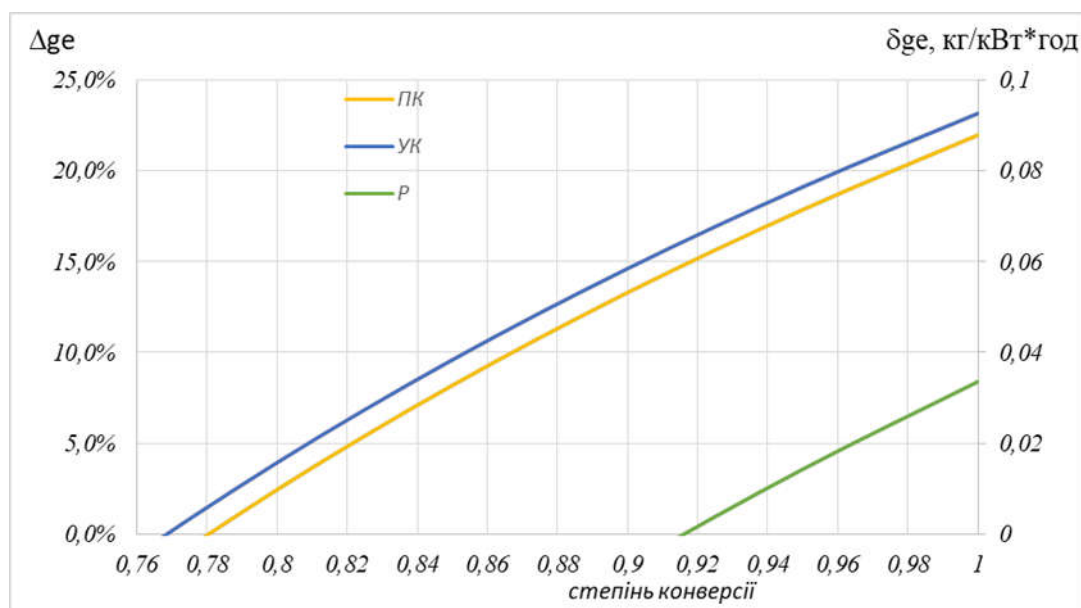


Рисунок 3.14 – Залежність економії палива від ступеня конверсії при різних способах

При 100% конверсії біетанолу в синтез-газ паровою конверсією g_e знижується на 0,089 кг/(кВт×год) (22%).

При 100% конверсії біетанолу в синтез-газ вуглекислотою конверсією g_e знижується на 0,091 кг/(кВт×год) (23%).

При 100% конверсії біетанолу в синтез-газ розкладанням, g_e знижується близько 0,032 кг/(кВт×год) (8%).

Перевірка умови здійснення варіантів конверсії біетанолу при використанні термохімічної утилізації, виконується порівнянням кількості енергії, яка необхідна для отримання синтез-газу та кількості теплоти, яка виділяється з відпрацьованими газами двигуна.

		Парова конверсія		ВК		Р	
χ	–	1	0,78	1	0,76	1	0,91
β	–	0,39	0,39	0,96	0,96		
$T_1^{ст}$	°C						
CO	%	87,50	87,50	0,07	0,07		
H ₂	%	12,50	12,50	0,93	0,93		
C ₂ H ₅ OH	%	0	0	0	0	□	□
H ₂ O	%	0	0	0	0	□	□
$T_2^{ст}$	°C	390,0	310,0	420,0	335,0	300,0	250,0
$T_1^{см}$	°C	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$\rho_{см}$	кг/м ³						
$m_{ст}$	%	0,72	0,72	0,51	0,51	1,00	1,00
$m_{в}$	%	0,28	0,28	0,49	0,49		
$G_{см}$	кг/с	0,0108	0,01389	0,01508	0,01972	0,00916	0,01006
$G_{см}$	кг/ч	39,0170	50,00000	54,28000	71,00000	32,98000	36,20000
$G_{ст}$	кг/с	0,0078	0,01000	0,00769	0,01006	0,00916	0,01006
$G_{в}$	кг/с	0,0030	0,00389	0,00739	0,00966	0,00000	0,00000
P	Мпа	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$T_{к(в)}^{ст}$	°C	78	78	78	78	78	78
$T_{к(в)}^в$	°C	100	100	100	100		

$\Delta H_{\text{бз}}^{\text{жгп}}(T_{\text{к}}^{\text{бз}} - T_1^{\text{ож}})$	кДж/кг	156,9	156,9	156,9	156,9	156,9	156,9
$\Delta H_{\text{бз}}^{\text{жспр}}(T_{\text{к}}^{\text{бз}} - T_{\text{к}}^{\text{бз}})$	кДж/кг	968,1	968,1	968,1	968,1	968,1	968,1
$\Delta H_{\text{бз}}^{\text{парог}}(T_2^{\text{ог}} - T_{\text{к}}^{\text{бз}})$	кДж/кг	631,2	450,8	702,1	505,8	429,1	323,9
$\Delta H_{\text{бз}}$	кДж/кг	1756,2	1575,8	1827,1	1630,8	1554,1	1448,9
$\Delta H_{\text{г}}^{\text{жгп}}(T_{\text{к}}^{\text{г}} - T_1^{\text{ож}})$	кДж/кг	334,2	334,2	52,7	52,7		
$\Delta H_{\text{г}}^{\text{жспр}}(T_{\text{к}}^{\text{г}} - T_{\text{к}}^{\text{г}})$	кДж/кг	2257,4	2257,4	0,0	0,0		
$\Delta H_{\text{г}}^{\text{парог}}(T_2^{\text{ог}} - T_{\text{к}}^{\text{г}})$	кДж/кг	578,8	419,2	351,9	258,9		
$\Delta H_{\text{г}}$	кДж/кг	3170,4	3010,7	404,6	311,6		
$\Delta H_{\text{ом}}^{\text{жгп}}$	кДж/кг	206,5	206,5	127,7	127,7	113,0	113,0
$\Delta H_{\text{ом}}^{\text{жспр}}$	кДж/кг	1329,1	1329,1	697,0	697,0	697,0	697,0
$\Delta H_{\text{ом}}^{\text{парог}}$	кДж/кг	616,5	441,9	604,1	436,7	309,0	233,2
$\Delta H_{\text{ом}}$	кДж/кг	2152,2	1977,6	1428,8	1261,4	1119,0	1043,2
$\Delta H_{\text{к.р.}}$	кДж/кг	5915,0	5866,0	6601,7	6511,1	1086,7	1063,0
$E_{\text{дн}}$	кДж/кг	8067,1	7843,6	8030,5	7772,6	2205,7	2106,2

$Q_{\text{бз}}^{\text{жгп}}$	кВт	1,22	1,57	1,21	1,58	1,44	1,58
$Q_{\text{бз}}^{\text{жспр}}$	кВт	7,55	9,68	7,44	9,74	8,87	9,73
$Q_{\text{бз}}^{\text{парог}}$	кВт	4,93	4,51	5,40	5,09	3,93	3,26
$Q_{\text{сумма бз}}$	кВт	13,70	15,76	14,05	16,40	14,24	14,57
$Q_{\text{г}}^{\text{жгп}}$	кВт	1,01	1,30	0,39	0,51	0,00	0,00
$Q_{\text{г}}^{\text{жспр}}$	кВт	6,85	8,78	0,00	0,00	0,00	0,00
$Q_{\text{г}}^{\text{парог}}$	кВт	1,76	1,63	2,60	2,50	0,00	0,00
$Q_{\text{сумма г}}$	кВт	9,62	11,71	2,99	3,01	0,00	0,00
$Q_{\text{парог пвобх}}^{\text{жгп}}$	кВт	2,24	2,87	1,60	2,09	1,44	1,58
$Q_{\text{парог пвобх}}^{\text{жспр}}$	кВт	14,40	18,46	7,44	9,74	8,87	9,73
$Q_{\text{парог пвобх}}^{\text{парог}}$	кВт	6,68	6,14	8,00	7,59	3,93	3,26
$Q_{\text{к.р. пвобх}}^{\text{жгп}}$	кВт	64,11	63,55	99,54	97,59	9,96	9,73
$Q_{\text{пвобх}}$	кВт	87,43	91,01	116,58	117,01	24,19	24,30

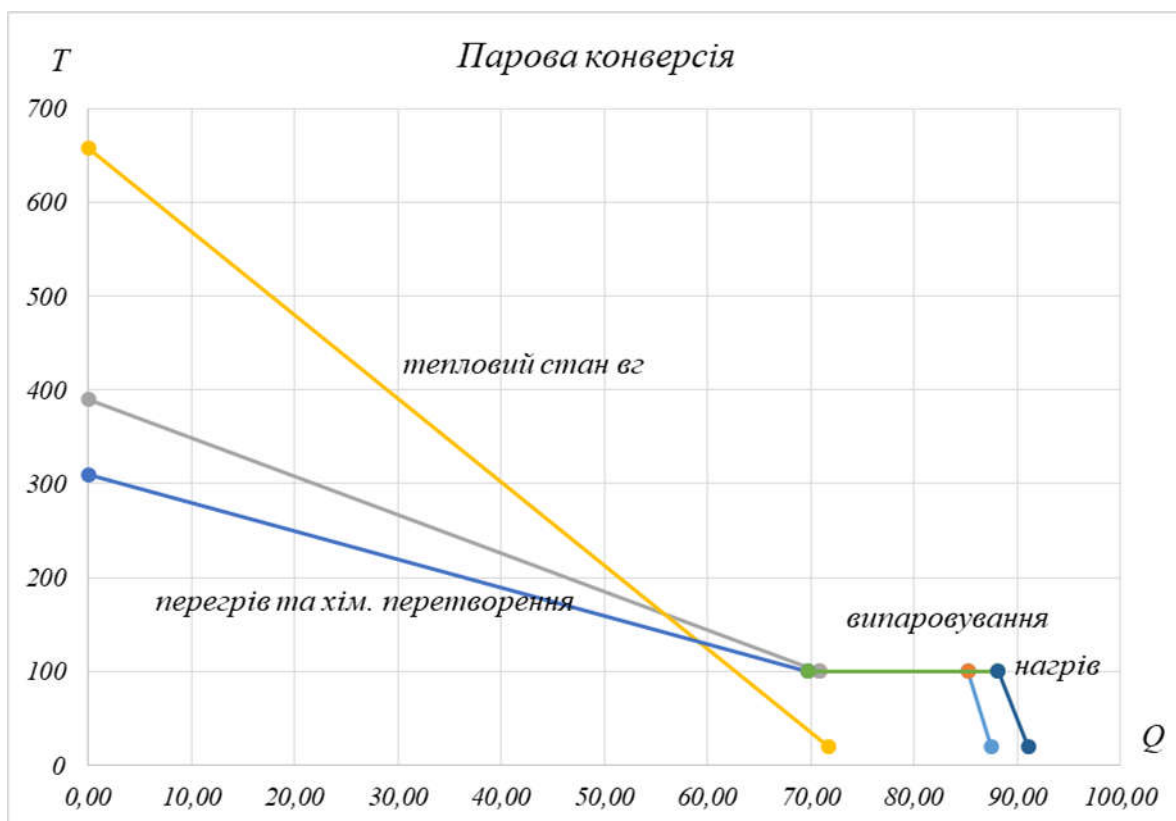


Рисунок 3.15 – Узгодження параметрів ВГ ДВЗ та параметрів процесу конверсії палива при паровій конверсії

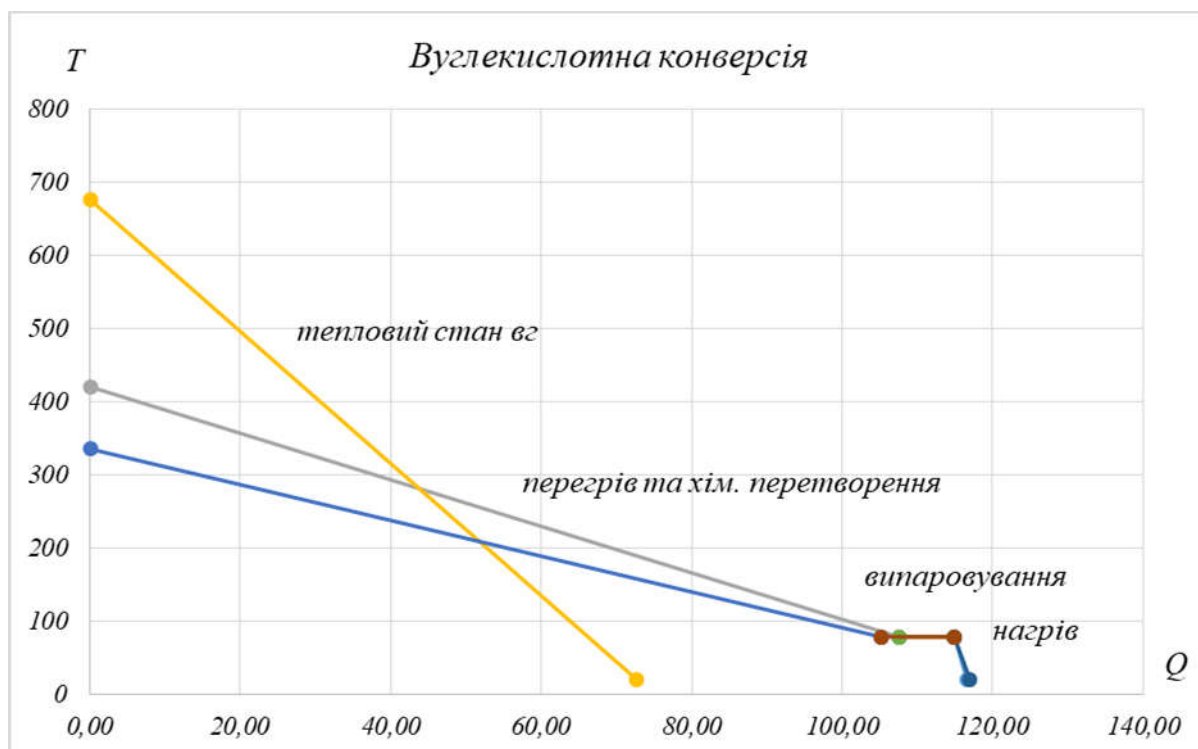


Рисунок 3.16 – Узгодження параметрів відпрацьованих газів та параметрів процесу перетворення біоетанолу по реакції вуглекисlotної конверсії

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6222м.23.08.00.ПЗ

Аркуш

49

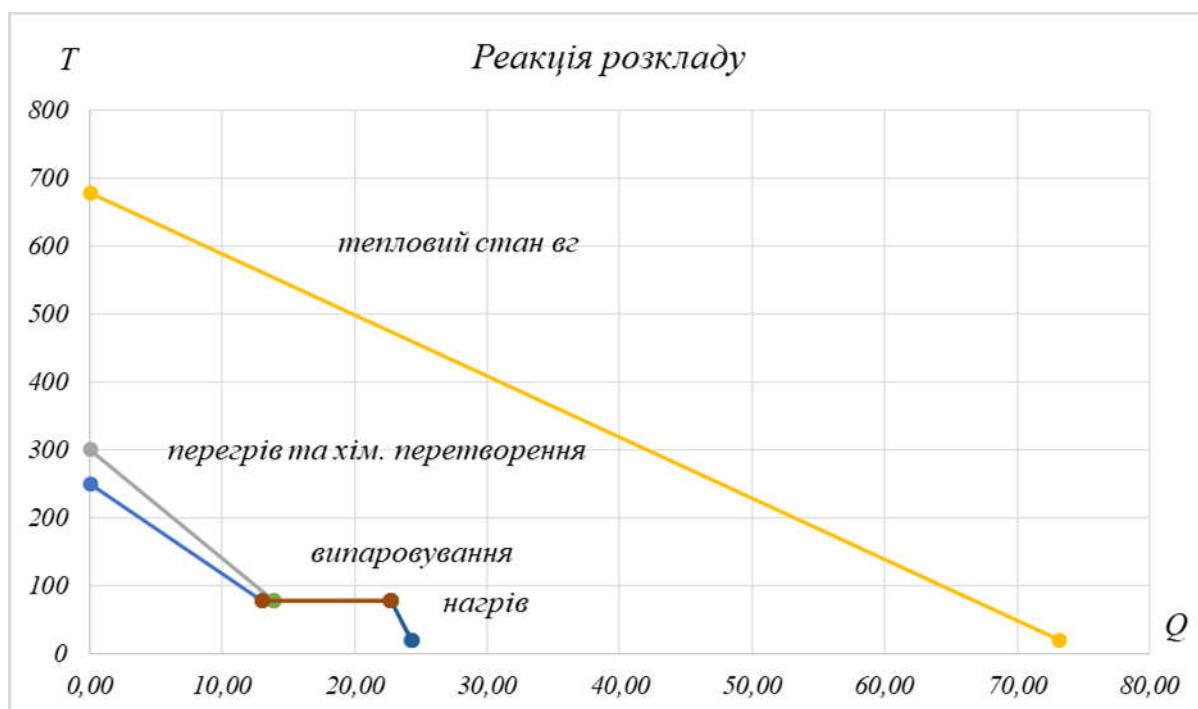


Рисунок 3.17 – Узгодження параметрів ВГ ДВЗ та параметрів процесу конверсії палива при реакції розкладання

Висновок

При використанні парової і вуглекислотної реакції перетворення біоетанолу необхідна теплова енергія для отримання синтез-газу переважає теплову енергію, яка виділяється з відпрацьованими газами на номінальному режимі роботи двигуна. Для використання парової конверсії та вуглекислотної конверсії етанолу необхідно використовувати додаткове джерело теплової енергії.

При використанні реакції розкладання біоетанолу кількість теплової енергії Q , для отримання синтез-газу становить близько 30% від теплової енергії, яка виділяється з відпрацьованими газами двигуна.

Встановлено, що для двигуна, який використовує етанол застосування термохімічної утилізації для отримання синтез-газу ефективно тільки для реакції розкладання.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА МОДЕРНІЗАЦІЇ ДВИГУНА

Річний економічний ефект від впровадження модернізації визначається за формулою:

$$E_p = (B_{\delta} - B_{np}), \quad (4.1)$$

де B_{δ} і B_{np} – річні витрати за базовим і модернізованим варіантами, тис. грн. або \$.

Так як модернізація стосується тільки паливної системи, визначається тільки витрати на заміну пристроїв. Таким чином, при оцінці необхідно визначити додаткові інвестиції.

У роботі модернізації піддалися система паливоподачі двигуна. У результаті не змінюється швидкість ходу, поточний ремонт, а витрати на паливо, амортизаційні відрахування та загальний розмір експлуатаційних витрат та ін. – зменшуються.

Головні початкові данні:

- ДВЗ IVECO N45 вартістю \$ 23000;
- питома витрата етанолу 0,4 кг/(кВт×год) та питома витрата газового палива 0,366 кг/(кВт×год) (розділ 3).

Визначення додаткових витрат на впровадження модернізації

Оптова ціна двигуна після його модернізації визначається по формулі:

$$C_n = C_{\delta} - \sum_{i=1}^m C_{\delta i} + \sum_{j=1}^n C_{nj}, \quad (4.2)$$

де C_{δ} , C_n – оптова ціна двигуна до і після модернізації (тобто базового і нового варіантів) \$;

$C_{\delta i}$ – сумарна ціна елементів що підлягають заміні ($C_{\delta i} = 0$ \$);

C_{nj} – сумарна ціна нових елементів ($C_{nj} = 3000$ \$);

Оптова ціна базових двигунів приймається за даними заводу-будівника.

$C_{\delta} = 3000000$ \$;

					<i>KPM.142.6222м.23.08.00.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

$$C_n = 23000 - 0 + 3000 = 26000 \$$$

Замість визначення ціни базового і проектного варіантів двигуна по наведеній формулі, знайдемо їх різницю, оскільки лише два члени у цієї формули будуть розрізнятися і саме ця різниця складе додаткові інвестиції:

$$K_{\partial n} = \sum_{j=1}^n C_{nj} - \sum_{i=1}^m C_{\partial i}. \quad (4.3)$$

$$K_{\partial n} = 3000 \times 1 - 0 \times 1 = 3000 \$$$

Для визначення витрат на модернізацію використовуємо показники, якими являються робоча година на виконання та вартість 1-го нормочасу даних робіт, у залежності від їх складності (10 \$ - для України, для закордонних виробників – від 70 до 100 \$). Додаткові інвестиції зводимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Додаткові інвестиції

Вид робіт	Тривалість, людино-години	Вартість нормо-год., \$	Вартість робіт (К _в), \$
Монтаж системи	12	80	960
Налаштування пристроїв	4	85	340
Випробування двигуна	12	80	960
Регулювання елементів системи	16	85	1360
Всього	44	-	3620

Таким чином, додаткові інвестиції складуть величину:

$$K_{\partial} = K_{\partial n} + K_{\partial s}$$

$$K_{\partial} = 3000 + 3620 = 6620 \$.$$

Розрахунок експлуатаційних витрат судна

Витрати на амортизаційні відрахування $B_{ам}$ при порівняльній ефективності визначаються по нормах амортизації (H_A) і беруться в розмірі 20 % від величини додаткових інвестицій K_0 . Розраховуються по формулі:

$$B_{ам} = 20/100 \times K_0$$

$$B_{ам} = 20/100 \times 6620 = 1324 \$.$$

Витрати на паливо та масла розраховуються при 100 % навантаженні двигуна.

Витрати на паливо:

$$B_{нал} = N \times g_e \times T_e \times B_n,$$

де N – потужність двигунів (для базового та модернізованого двигуна при 100% навантаженні – 90 кВт) [розділ 1];

g_e – питома витрата палива при роботі двигуна (для базового при 100% навантаженні – 0,4 кг/кВт×год; для модернізованого двигуна – 0,366 кг/кВт×год);

T_e – години роботи двигуна при повному навантаженні в рік, (для базового та модернізованого двигуна – 3000);

B_n – вартість 1 кг палива, \$, (0,6).

$$B_{нал}(B) = 90 \times 0,4 \times 3000 \times 1 = 108000,00 \$$$

$$B_{нал}(M) = 90 \times 0,366 \times 3000 \times 1 = 98820,00 \$$$

Питомі витрати масла для двигуна IVECO N45 складають 0,2 % витрат на паливо.

Витрати на мастильні матеріали, \$ рік:

$$B_{мм} = B_{нал} \times 0,2\%$$

$$B_{мм}(B) = B_{нал}(B) \times 0,2\% = 108000,00 \times 0,2\% = 216,00 \$$$

$$B_{мм}(M) = B_{нал}(M) \times 0,2\% = 98820,00 \times 0,2\% = 197,00 \$.$$

Результаті розрахунків занесемо до таблиці 4.2.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку експлуатаційних витрат, \$

Стаття витрат	Базове рішення	Нове рішення	Відхилення
Амортизаційні відрахування $B_{ам}$	—	1324,00	- 1324,00
Витрати на паливо $B_{пал}$	108000,00	98820,00	9180,00
Витрати на мастильні матеріали $B_{пал}$	216,00	197,00	19,00
Всього	108216,00	100341,00	7875,00

Загальний балансовий річний прибуток Пб розраховують за формулою:

$$E_p = \Delta B - B_{ам}$$

$$\Delta B = (B_{пал}(Б) + B_{мм}(Б)) - (B_{пал}(М) + B_{мм}(М))$$

$$E_p = ((108000,00 + 216,00) - (98820,00 + 197,00)) - 1324,00 = 7875,00 \$$$

Чистий прибуток (Пч) визначається як різниця між балансовим прибутком (Пб) та податком на прибуток:

$$Пч = Пб - (0,18 \times Пб) = 0,82 \times Пб$$

$$Пч = 0,82 \times 7875,00 = 6457,50 \$$$

Термін окупності додаткових інвестицій ($T_{ок}$) визначається за формулою:

$$T_{ок} = Kд / Пч$$

$$T_{ок} = 6620 / 6457,50 = 1,02 \text{ року}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Техніко-економічні показники проекту

Найменування показника	Одиниця виміру	Базовий варіант	Новий варіант	Відхилення
Двигун	од.	1	1	—
Ціна агрегатів	тис. \$	23	26	3
Додаткові інвестиції	тис. \$	0	6,62	6,62

Експлуатаційні витрати по статтях, усього	тис. \$	108,21	100,34	7,87
Річний економічний ефект	тис. \$	9,35		
Чистий прибуток	тис. \$	7,67		
Окупність додаткових інвестицій	років	1,04		

Визначено, що запропонована модернізація дозволить зекономити \$ 6457,50 на рік за рахунок економії палива. Термін окупності модернізації становить 1,02 року або 372 доби.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Заходи з протидії небезпечним та шкідливим факторам, що мають місце при технічному використанні, обслуговуванні та ремонті суднових технічних заходів

Машинне відділення судна є об'єктом підвищеної небезпеки з великою кількістю факторів, що впливають на умови праці на судні. До числа цих факторів відносяться: машини, що рухаються, механізми, частини обладнання; підвищений рівень вібрації; підвищена запиленість і загазованість; температури повітря робочої зони; недостатня освітленість; підвищений рівень шуму [12].

Робота в замкнених приміщеннях. Замкнений простір означає простір, що має одну з наведених нижче характеристик:

- обмежений вхід і вихід;
- недостатня вентиляція;
- вентиляція не розрахована на постійну присутність працівників.

А так само включає, але не обмежується ними, вантажний простір, подвійні днища, паливні баки, баластні цистерни, вантажні насосні, вантажні компресорні, кофердами, ланцюгові шафи, пустотні простори, каналні кілі, котли, картер двигуна, приймальник повітря для продування двигуна, резервуари для стічних вод і суміжні простори. Цей список не є вичерпним, і список повинен формуватися на судні, щоб ідентифікувати замкнуті простори.

При проведенні оцінки компетентна людина повинна враховувати будь-які вантажі, що раніше перевозилися в замкненому просторі, вентиляцію, покриття, ступінь корозії і будь-які інші відповідні фактори.

Дефіцит кисню. Якщо порожній резервуар або інший обмежений простір був закритий на певний час, вміст кисню може бути зменшений з ряду причин:

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- можливо, іржавіння відбулося через сполучення кисню зі сталлю;
- присутні хімічні речовини, що поглинають кисень;
- були ввезені киснево-абсорбуючі вантажі;
- гази з летких вантажів можуть зміщувати кисень у цистернах.

Збагачене киснем повітря. Це може виникнути з таких причин:

- витоки з пошкоджених або погано утримуваних шлангів, труб та клапанів;
- витоки з нещільних з'єднань;
- відкриття клапанів свідомо чи випадково;
- не закриті клапани належним чином після використання;
- з використанням надлишку кисню при зварюванні, різання полум'ям або аналогічному процесі;
- погана вентиляція, з використанням кисню.

Оскільки кисень без запаху, безбарвний і не має смаку, повітря, підсилене киснем, не може бути легко виявлене. Однак оскільки кисень сприяє горінню, навіть невелике збільшення концентрації кисню у повітрі викликає підвищений ризик виникнення пожежі - у тому числі самозаймання - або вибуху.

Токсичність нафти. Вуглеводневі гази є легкозаймистими, а також токсичними і можуть бути присутніми в паливних та вантажних танках, в яких міститься сира нафта або її продукти.

Вуглеводневі гази або пари можуть також бути присутнім в насосних відділеннях і кофердамах, каналах або інших приміщеннях, прилеглих до вантажних танків, через витік вантажу.

Компоненти в парах деяких бункерних масел і нафтових вантажів, таких як бензол і сірководень, дуже токсичні.

Токсичність інших речовин. Деякі вантажі, що перевозяться насипом, в рідкому, газоподібному або упакованому вигляді, можуть бути токсичними або здатними викидати токсичний газ.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Мікроелементи, які часто присутні в інертному газі, такі як монооксид вуглецю, діоксид сірки, оксид азоту та діоксид азоту, дуже токсичні.

Взаємодія рослинних або тваринних жирів, стічних вод або шламів від бурових робіт з морською водою може привести до вивільнення сірководню, який дуже токсичний.

Сульфід водню або інші токсичні гази можуть утворюватися там, де залишки зерна або подібних вантажів проникають або пересуваються в трюмо-насосні системи.

Хімічне чищення, фарбування або ремонт покриттів для танків може передбачати випуск парів розчинника.

Використання фумігантів у вантажних трюмах.

Вогнебезпечність

Легкозаймисті пари можуть бути присутнім в вантажних або інших резервуарах, що містять нафтопродукти або хімічні або газові вантажі.

Кофердами і інші простори, які прилягають до вантажних та іншим танків, можуть містити легкозаймисті пари, якщо в простір були витоку.

Підготовка та забезпечення простору для входу

Стиснутий кисень не повинен використовуватися для вентиляції будь-якого приміщення.

При вході в небезпечне приміщення насосні операції або рух вантажу повинні бути припинені.

Перевірка повітряного простору для входу

З січня 2016 року судна повинні мати обладнання для тестування повітряного простору. Обладнання здатне вимірювати концентрації кисню, легкозаймистих газів або парів, сірководню та окису вуглецю перед входом в замкнутий простір.

Інструкції виробника для обладнання з перевірки повітря повинні мати чітко визначені вимоги до тестування.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тестування повинне проводитися дистанційним способом до входу і через певні проміжки часу. Тестування простору має проводитися з використанням належним чином підготовленого обладнання і тільки компетентними особами.

Якщо тестування за допомогою віддалених засобів неможливо, наприклад, (необхідно перевірити віддалені баки з подвійним дном), слід вважати, що повітря небезпечне, поки не буде доведено протилежне. Людина, обрана для входу в приміщення для перевірки повітря, повинен робити це тільки відповідно до додаткових запобіжних засобів, які включають в себе носіння дихальних апаратів. Тестування повітря у замкнутому просторі має проводитися на різних рівнях.

Персональне контрольне обладнання не повинно використовуватися як засіб визначення того, чи безпечний простір перед входом. Дане обладнання призначене тільки для особистого використання, щоб забезпечити попередження про нестачу кисню, токсичних газів і вибухонебезпечних середовищах, в той час як носій знаходиться в замкнутому просторі.

Перевірка повітря на нестачу кисню. Нормальний рівень кисню в атмосфері становить 20,8%. Будь-яке відхилення від цього може вказувати на проблему і має бути додатково досліджено. Наприклад, коли показник кисню становить 20%, слід розглянути можливість подальшого тестування токсичних газів, якщо це необхідно, оскільки токсичні гази можуть витіснити деякий кисень. Після того, як інші ризики будуть виключені, необхідно отримати постійний показник щонайменше 20% кисню за об'ємом до того, як вхід буде дозволений.

Перевірка повітря на наявність горючих газів та випаровувань. Елемент детектора виявляє кількість горючого газу або пари в повітрі. Інструмент, здатний забезпечити точне зчитування при низьких концентраціях, використовується для оцінки безпечності повітря для входу.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Елемент детектора горючого газу тарується на стандартному газі. При випробуваннях на інші гази і пари слід звернути увагу на тарувальні криві, що додаються до приладу.

Перевірка повітря на наявність токсичних газів. Наявність певних газів і парів на хімічних танкерах і газозовах виявляється за допомогою стаціонарного або портативного обладнання. Після вимірювання, отримані показання, слід порівняти з межею впливу на робочому місці (WEL) для забруднюючої речовини, наведеного в (HSE) EN40 [11]. Межі впливу на робочому місці забезпечують рекомендації за рівнем впливу токсичних речовин. Вхід не повинен дозволятися, якщо значення забруднюючої речовини в повітрі більше 50% WEL.

Коли зустрічається токсична хімічна речовина, для якої немає приладу для тестування, необхідно також дотримуватися додаткових вимог.

Заходи безпеки перед входом

Простір та ділянки доступу повинні бути належним чином освітлені.

Жодне джерело займання не повинно прийматися або поміщатися в приміщення, якщо тільки уповноважений співробітник не переконається в тому, що це безпечно.

План порятунку повинен бути на місці роботи. У всіх випадках рятувальне та реанімаційне обладнання повинно бути розташоване готовим до використання на вході в приміщення.

Троси для страхування повинні бути досить довгими і мати можливість міцно прив'язуватися до кріплення на захисному костюмі, а також легко їх від'єднувати, якщо вони заплуталися.

При необхідності слід надягати рятувальний пояс, щоб полегшити повернення потерпілого в разі аварії.

На додаток до рятувальних тросів, де це практично можливо, слід використовувати підйомне устаткування. Підйомники мають

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

супроводжуватися компетентним персоналом, що знаходиться біля входу, і готовий витягти несвідомого з небезпечного простору.

По крайній мірі, одна компетентна людина з відповідним обладнанням повинна залишатися в якості помічника при вході в замкнутий простір.

Слід встановити узгоджену та перевірену систему зв'язку:

- між будь-якою особою, що надходить у замкненому просторі, і супроводжуючої сторони при вході;
- між обслуговуючим працівником на вході в замкнений простір та вахтовим офіцером.

Заходи безпеки під час входу

Вентиляція повинна тривати протягом періоду, коли простір зайнято і під час тимчасових перерв. У разі відмови системи вентиляції будь-який персонал у приміщенні повинен негайно його покинути.

Повітря слід періодично перевіряти, при погіршенні умов персонал повинен покинути приміщення. Тестування слід проводити частіше, якщо є будь-яка можливість зміни умов в просторі. Якщо персональний детектор газу подає сигнал тривоги, кожен повинен негайно покинути приміщення.

Якщо виникнуть непередбачені труднощі чи небезпеки, роботу в замкнутому просторі слід зупинити, і всі повинні покинути місце, щоб можна було переоцінити ситуацію. Дозволи повинні бути відкликані і видані з будь-якими відповідними змінами після переоцінки ситуації.

Якщо персонал в замкнутому просторі відчуває себе несприятливим чином, вони повинні дати заздалегідь встановлений сигнал обслуговуючому персоналу біля входу і негайно покинути місце.

Якщо повітря подається до людини через повітряний шланг, негайно слід перевірити, щоб подача повітря підтримувалася при правильному тиску.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Заходи по завершенню роботи

Після закінчення терміну дії дозволу кожен повинен покинути місце, і вхід в приміщення повинен бути закритий. Небезпечний простір, оголосити безпечним для звичайного входу.

Протипожежна безпека. Основна мета боротьби з пожежею - швидке взяття його під контроль і гасіння, що можливо тільки в тому випадку, якщо вогнегасна речовина доставлено до пожежі швидко і в достатній кількості.

Це можна забезпечити за допомогою стаціонарних систем пожежогасіння. Деякі з стаціонарних систем можуть подавати вогнегасну речовину безпосередньо на пожежу без участі членів екіпажу.

Використання вогнегасних речовин

- вода використовується в стаціонарних системах, що захищають райони, в яких знаходяться тверді горючі речовини, - громадські приміщення і коридори;

- піна або вогнегасний порошок застосовуються в стаціонарних системах, що захищають райони, де можуть виникнути пожежі класу В; для гасіння пожеж легкозаймистих газів стаціонарні системи не використовуються;

- вуглекислий газ, галон (хладон) і відповідний вогнегасний порошок входить до складу систем, що забезпечують захист від пожежі класу С;

- не існує стаціонарних систем для гасіння пожеж класу D.

Класифікація пожеж

Класифікація пожеж має кілька стандартів, наприклад: ISO 3941 (стандарт Міжнародної організації стандартів) і стандарт NFPA10 (National Fire Protection Association).

Пожежі класу А - це пожежі, пов'язані з горінням твердих (що утворюють золу) горючих матеріалів.

Пожежі класу В - це пожежі, при горінні займистих або горючих рідин, горючих газів, жирів і інших подібних речовин.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Пожежі класу С - це пожежі, що виникають під час займання електрообладнання, провідників чи електричних пристроїв, що знаходяться під напругою. Для боротьби з такими пожежами використовують вогнегасні речовини, які не є провідниками електрики.

Пожежі класу D - це пожежі, пов'язані з горінням горючих металів: натрію, калію, магнію, титану або алюмінію і ін.

Пожежі класу Е - пожежі, викликані несправностями електроустаткування (коротке замикання, дуга, перевантаження) і порушеннями правил технічної експлуатації електроустановок.

Класифікація системи пожежогасіння:

1. Водяна пожежна система;
2. Спринклерна система;
3. Система водяного розпилення;
4. Система водяних завіс;
5. Система водяного зрошення;
6. Система пінного гасіння;
7. Система вуглекислотного гасіння;
8. Система гасіння інертними газами;
9. Система порошкового гасіння;
10. Аерозольна система пожежогасіння.

Водяна пожежна система - це першочерговий засіб захисту від пожежі на судні. Її установка потрібно незалежно від того, які ще системи встановлюються на судні. Будь-який член екіпажу, згідно з розкладом по тривогах, може бути приписаний до протипожежного посту, тому кожен член команди повинен знати принцип роботи та пуску судновий водяної пожежної системи.

Спринклерна система - система пожежогасіння та сигналізації виявлення пожежі встановлюється на судні так, щоб захищати житлові приміщення, камбузи і інші службові приміщення, за винятком приміщень,

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

що не становлять значної пожежонебезпеки (порожні приміщення, санітарні приміщення і т.д.).

Система водяного розпилення - використовують для захисту вантажних трубопроводів і відкритих ділянок вантажних ємностей на судах, що транспортують криогенні гази (наприклад, скраплений природний газ), а також для захисту постів управління вантажними операціями і колекторів.

Система водяних завіс - це загальносуднова система, яка призначається для створення суцільних водяних завіс, що виконують функцію захисту людей від теплової радіації, а також перешкоджають поширенню вогню, пара, газів і охолоджує корпусні конструкції судна. Система передбачається на рятувальних судах, поромах, пожежних катерах та інших судах. Також можливе поєднання з системою водяного пожежогасіння.

Система водяного зрошення - використовується для зниження температури повітря в приміщеннях, де зберігаються легкозаймисті або вибухові речовини (крюйт-камери), а також зрошення шахт виходів з машинних приміщень, зовнішніх поверхонь приміщень, звернених в бік шляхів, і доріжок для вагонів і автотранспорту на поромах, натомість ізоляції конструкцій класу А, зрошення надбудов деяких суден, куполів газовозів.

Система пінного гасіння - призначена для гасіння пожежі шляхом подачі піни на поверхню, що горить або заповненням піною приміщення, що підлягає захисту. Система застосовується для гасіння пожеж у вантажних наливних відсіках, машинному відділенні, вантажних насосних відділеннях, комор легкозаймистих матеріалів і речовин, малярних, закритих вантажних палубах поромів і трейлерних суден для перевезення автотранспорту та рухомий техніки з паливом в баках і ін.

Система вуглекислотного гасіння - використовуються для захисту вантажних приміщень, насосних відділень, приміщень генераторів, комор (наприклад, малярних і ліхтарних), плит та вентиляційних каналів камбузів.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вони застосовуються також у машинних відділеннях і для індивідуального захисту генераторів.

Система гасіння інертними газами - може застосовуватися в якості основного засобу пожежогасіння в суховантажних трюмах, засіб, застережливого виникнення пожежі шляхом створення і постійного підтримання в вантажних танках атмосфери, що не займається

Система порошкового гасіння – цією системою повинні бути обладнані всі судна, що перевозять зріджені гази наливом. На судні може бути кілька установок, змонтованих на санчатах так, щоб площі, що захищаються ними перекривали одна одну.

Аерозольна система пожежогасіння - один з найпоширеніших видів протипожежного устаткування, що встановлюється на сучасних судах. Така система шляхом розпилення сумішей для гасіння створює навколо вогнища загоряння атмосферу, яка не підтримує горіння.

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В якості об'єкту дослідження в роботі розглядається малотонажний катер Calais Majest'In, який представляє собою пасажирський човен, призначений для перевезення до 70 осіб. В даній дипломній роботі було проведено дослідження ефективності заміщення дизельного палива на паливний біоетанол в головному двигуні IVECO N45.

В другому розділі був проведений аналіз способів подачі етанолу у двигуни. Було прийняте рішення переконвертувати головний двигун для роботи на біоетанолі шляхом використання примусового запалювання, як найбільш поширеної та відпрацьованої технології використання спиртового палива.

Були визначені оптимальний кут випередження запалення (22 градуси до ВМТ) та коефіцієнт надлишку повітря (1,4). В якості обмежувальних характеристик використовувались максимальний тиск згоряння, потужність, а в якості цільових –рівень викидів NOx, питома ефективна витрата палива.

Одним з можливих способів застосування біоетанолу є використання його у вигляді синтез-газу, отриманого шляхом термохімічної утилізації теплоти відпрацьованих газів.

Питома витрата етанолу при паровій конверсії знижується в діапазоні зміни ступеня конверсії 75...100%, при вуглекислотній конверсії в діапазоні 76...100%, при реакції розкладання в діапазоні 86...100%.

Перевірка умови реалізації розглянутих способів конверсії етанолу при використанні ТХУ теплоти ВГ, зводиться до порівняння кількості енергії, необхідної для отримання синтез-газу та кількості теплоти, яка виділяється з відхідними газами на режимі роботи двигуна.

При використанні парової і вуглекислотної реакції перетворення біоетанолу необхідна теплова енергія для отримання синтез-газу переважає теплову енергію, яка виділяється з відпрацьованими газами на номінальному

					КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

режимі роботи двигуна. Для використання парової конверсії та вуглекислотної конверсії етанолу необхідно використовувати додаткове джерело теплової енергії.

При використанні реакції розкладання біоетанолу кількість теплової енергії Q , для отримання синтез-газу становить близько 30% від теплової енергії, яка виділяється з відпрацьованими газами двигуна.

Встановлено, що для двигуна, який використовує етанол застосування термохімічної утилізації для отримання синтез-газу ефективно тільки для реакції розкладання.

Також були розглянуті питання охорони праці. Економічний розрахунок підтвердив доцільність конвертації двигуна для роботи на біоетанолі з системою термохімічної утилізації теплоти відпрацьованих газів.

					<i>КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ</i>	Аркуш
						67
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Черниш І. І., Кар'янський С. А., Оженко Є. М. Сучасні суднові двигуни: особливості конструкції, експлуатації та автоматизованого управління. Одеса : НУ «ОМА», 2019. 217 с.
2. Roy B., Wankhede A. A Guide to 2-Stroke Marine Engine Components. Marine Insight, 2013. 104 p.
3. Woodyard D. Pounder's marine diesel engines and gas turbines. Eighth edition. Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 200 Wheeler Road, Burlington, 2004. 914 p.
4. Наливайко В. С., Тимошевський Б. Г., Ткаченко С. Г. Суднові двигуни внутрішнього згоряння : підруч. Миколаїв : Вид-во Торубара В.В., 2015. 332 с.
5. Kees Kuiken. Diesel Engines for ship propulsion and power plants. Target Global Energy Training. Onnen, The Netherlands. July 2008.
6. Судновий механік: Довідник у 3 томах / за редакцією А. А. Фока. Одеса.: Фенікс, 2008. Т. 1. 1036 с.
7. Latarche M. Pounder's marine diesel engines and gas turbines. Tenth edition. Elsevier Ltd, 2021. 930 p.
8. Woodyard D. Marine diesel engines and gas turbines. 9th ed. Oxford, 2009. 896 p.
9. Steam reforming of hydrocarbon fuels / Q. Ming, T. Healey, L. Allen [at al.] // Catalysis Today. – 2002. – № 77. – P. 51–64.
10. Selective Steam Reforming of Aromatic Hydrocarbons / D. Duprez, A. Miloudi, G. Delahay [at al.] // Journal of catalysis. – 1986. – № 111. – P. 56–66.
11. Cheekatamarla P. K. Reforming catalysts for hydrogen generation in fuel cell applications / P. K. Cheekatamarla, C. M. Finnerty // Journal of Power Sources. – 2006. – № 160. – P. 490–499.
12. Міжнародні конвенції, кодекси, рекомендації ІМО і МАРПОЛ. Одеса, 2008. 80 с.

					<i>КРМ.142.6222м.23.08.00.ПЗ</i>	Аркуш
						68
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		