

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

« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА

Спеціальність 142 – Енергетичне машинобудування
Освітня програма – Двигуни внутрішнього згоряння

Для здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

Керівник роботи



Борис ТИМОШЕВСЬКИЙ

Здобувач освіти



Нікіта ФРОЛОВ

Миколаїв 2024

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

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ОСВІТИ

Фролов Нікіта Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення паливної системи автомобільного двигуна шляхом використання альтернативного палива

2. Керівник роботи д.т.н., проф. Тимошевський Б. Г.,
(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 – 4ЧН11/12,5, паливо – газове та ДМЄ,
потужність двигуна – 90 кВт, частота обертання колінчастого валу – 2400 хв⁻¹

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Застосування двигуна 4ЧН11/12,5 на автомобільному транспорті; Особливості використання альтернативного газоподібного палива в дизельних двигунах; Модернізація паливної системи двигуна шляхом використання альтернативних палив; Економічне обґрунтування модернізації; Забезпечення вимог охорони праці

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Поперечний розріз двигуна 4ЧН11/12,5; Компонівка паливної системи на
вантажному автомобілі; Схема подачі газового палива; Система подачі
диметилового ефіру; Паливна форсунка

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

 (підпис)

 (прізвище та ініціали)

 (підпис)

 (прізвище та ініціали)

Нікіта ФРОЛОВ

(прізвище та ініціали)

Борис ТИМОШЕВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній розроблений комплекс заходів щодо ефективного використання альтернативного палива в автомобільному двигуні. Розглянуто економічне обґрунтування впровадження модернізації. Наведені заходи щодо забезпечення охорони праці.

Кваліфікаційна робота виконана українською мовою на 64 сторінках розрахунково-пояснювальної записки. Використано 10 джерел. Графічна частина представлена на 5 кресленнях формату А1.

Ключові слова: диметилловий ефір, природний газ, форсунка, економічність.

In the qualification work, a set of measures was developed for the efficient use of alternative fuel in an automobile engine. The economic justification of the modernization implementation is considered. Measures to ensure labor protection are presented.

The qualification work is executed in Ukrainian language on 64 pages of explanatory note. 10 sources are used. The graphic part is presented on 5 drawings of format A1

Key words: dimethyl ether, natural gas, injector, efficiency.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						2
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1. Застосування двигуна 4ЧН11/12,5 на автомобільному транспорті.....	5
Розділ 2. Особливості використання альтернативного газоподібного палива в дизельних двигунах.....	13
Розділ 3. Модернізація паливної системи двигуна шляхом використання альтернативних палив.....	33
Розділ 4. Економічне обґрунтування.....	49
Розділ 5. Забезпечення вимог охорони праці.....	53
Висновки.....	58
Список використаної літератури.....	59
Додаток А. Поперечний розріз двигуна 4ЧН11/12,5.....	60
Додаток Б. Компоновка паливної системи на вантажному автомобілі.....	61
Додаток В. Схема подачі газового палива.....	62
Додаток Г. Система подачі диметилового ефіру.....	63
Додаток Д. Паливна форсунка.....	64

ВСТУП

Використання альтернативних палив в автомобільних двигунах є актуальним через зростаючий дефіцит традиційних енергоресурсів, підвищення цін на нафту та необхідність зниження негативного впливу транспорту на довкілля. Такі палива, як природний газ, диметиловий ефір та біопаливо, сприяють зменшенню викидів парникових газів, знижують експлуатаційні витрати та підвищують енергетичну незалежність. Їх впровадження відповідає глобальним трендам екологізації та сталого розвитку транспортної галузі.

Мета даної роботи – розробити умови щодо покращення роботи автомобільного двигуна шляхом використання альтернативного палива.

Задачі що вирішуються у роботі:

1. Проаналізувати особливості конструкції й експлуатації автомобільного двигуна 4ЧН11/12,5.
2. Визначити ефективність застосування альтернативного палива в двигуні.
3. Оцінити запропоновані рішення, технічні рекомендації та заходи з техніки безпеки.

Об'єкт дослідження – паливна система двигуна.

Предмет дослідження – параметри паливної системи.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАСТОСУВАННЯ ДВИГУНА 4ЧН11/12,5 НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Двигун 4ЧН11/12,5 є чотиритактним дизельним двигуном, який широко вико-ристовується в різних сферах транспорту та промисловості завдяки своїй на-дійності, економічності й здатності працювати в важких умовах. Застосування такого двигуна на вантажному автомобілі має свої переваги й особливості. Двигун використовується в малотоннажних і середньотоннажних вантажних автомобілях, де основними вимогами є економічність, витривалість і простота обслуговування.

Двигун 4ЧН11/12,5 використовується переважно в таких типах вантаж-них автомобілів [1]:

1. Малотоннажні вантажівки (1,5...3,5 тони):
 - Застосовується у міських умовах для перевезення товарів, будівельних матеріалів чи сільськогосподарської продукції.
2. Середньотоннажні вантажівки (3,5...7,5 тон):
 - Підходить для міжміських перевезень, де важлива економічність і висока витривалість двигуна.
3. Будівельна техніка:
 - Використовується на самоскидах, бортових вантажівках і міксерів для перевезення бетону.
4. Сільськогосподарські автомобілі:
 - Установлюється на техніку для транспортування зерна, кормів або добрив.

Переваги двигуна у автомобільному транспорті полягає в тому, що двигун добре переносить інтенсивну експлуатацію в умовах високих навантажень, поганих доріг і змінного клімату, механічна паливна система (без електроніки) дозволяє проводити ремонт і діагностику в польових умовах

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

без складного обладнання, двигун однаково добре працює як на дорогах із твердим покриттям, так і в умовах бездоріжжя. Це робить його незамінним для сільської місцевості, низька витрата палива робить цей двигун ідеальним вибором для автомобілів, які виконують регулярні рейси на середні дистанції.

Однак, окрім переваг використання двигуна у вантажному транспорті є і недоліки, а саме:

1. Шумність

- Рівень шуму дизельного двигуна є вищим порівняно із сучасними двигунами, що може бути проблемою для міських умов.

2. Екологічні обмеження

- Двигун не відповідає сучасним стандартам екологічності (євро-5, євро-6), що обмежує його використання у країнах із жорсткими нормами викидів.

3. Потужність

- Двигун потужністю 80...120 к.с. Підходить для невеликих і середніх вантажівок, але недостатній для важких вантажівок і тягачів.

Двигун 4ЧН11/12,5 успішно використовується у вантажних автомобілях завдяки своїй економічності, простоті обслуговування та надійності. Незважаючи на те, що цей двигун не відповідає сучасним вимогам екологічності та по-тужності, він залишається ефективним рішенням для багатьох галузей. Завдяки універсальності та можливості модернізації двигун може продовжувати служити ще багато років, особливо в країнах, де немає жорстких вимог до стандартів викидів [2].

Двигун 4ЧН11/12,5 (рис. 1.1) – це чотирициліндровий чотиритактний дизельний двигун з турбонаддувом має діаметр циліндру 110 мм і хід поршня 125 мм [2]. Двигун міцний і простий у обслуговуванні, має економічне споживання палива, може використовуватися в широкому температурному діапазоні, що робить його універсальним для різних кліматичних умов.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

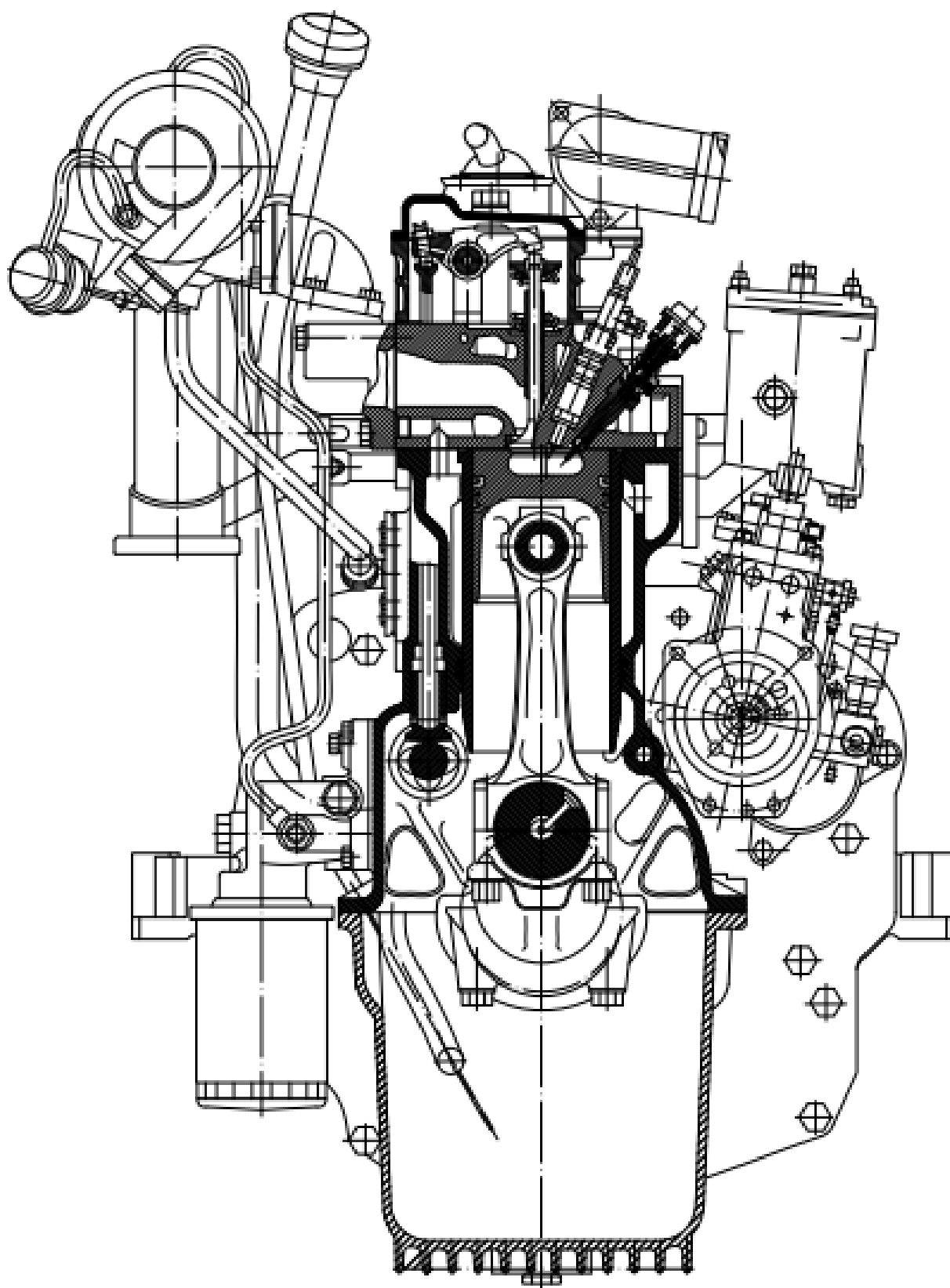


Рисунок 1.1 – Поперечний переріз двигуна 4ЧН11/12,5

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		7

Розподільний вал (рис. 1.2) це одна з ключових деталей газорозподільного механізму, яка забезпечує своєчасне відкривання та закривання впускних і випускних клапанів відповідно до тактів роботи двигуна. Його конструкція, матеріал та точність виготовлення відіграють критично важливу роль у роботі двигуна, впливаючи на продуктивність, економічність та надійність. Розподільний вал виготовлений із високоякісної легированої сталі, що має високу міцність і стійкість до зношування. Для підвищення ресурсу поверхня кулачків піддається цементації та загартуванню, що створює тверду зносостійку поверхню.

Вал оснащений кількома кулачками, кількість яких відповідає числу клапанів двигуна. У двигуні 4ЧН11/12,5 використовується по два клапани на кожен циліндр (впускний і випускний), тобто вал має 8 кулачків. Вісь обертання розподільного вала розташована в корпусі двигуна, а його обертання синхронізується з обертанням колінчастого вала через шестеренний привід.

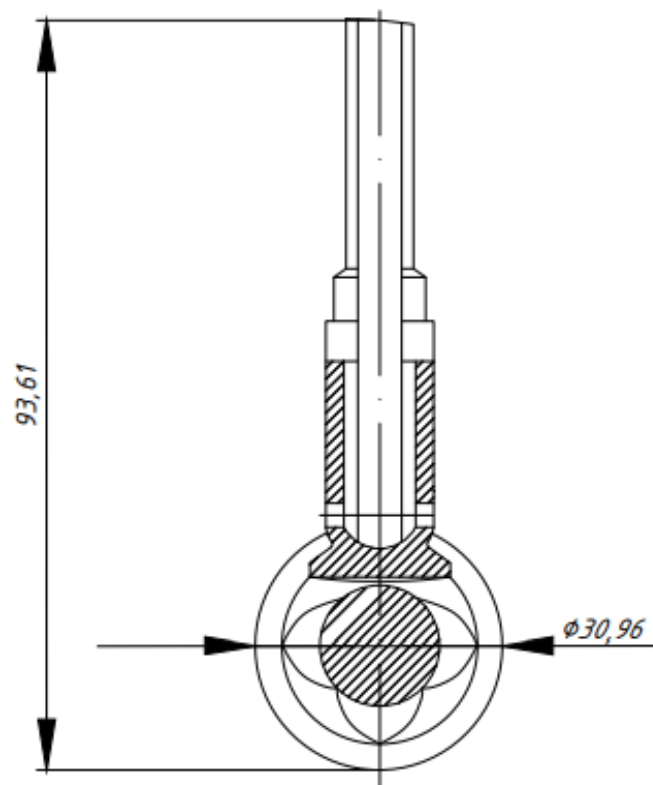


Рисунок 1.2 – Розподільний вал

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

Розподільний вал отримує обертальний момент від колінчастого вала через шестеренний привід. Завдяки зниженню швидкості обертання, розподільний вал виконує один повний оберт за два робочих цикли двигуна (4 такти). Кулачки вала взаємодіють із штовхачами клапанів, які, у свою чергу, впливають на клапани через коромисла. При обертанні кулачок підіймає штовхач, відкриваючи клапан, а після проходження вершини кулачка клапан повертається у закрите положення під дією пружини.

Поршень (рис. 1.3) двигуна 4ЧН11/12,5 є важливою частиною поршневого механізму і використовується в чотиритактному дизельному двигуні. Поршень виготовляється з високоміцного алюмінієвого сплаву, що забезпечує легкість і високу теплопровідність. Має циліндричну форму з днищем, адаптованим для зниження температурних і механічних навантажень.

Поршень складається з:

- Днище - конструкція може бути пласкою або випуклою з каналами для кращого згоряння паливно-повітряної суміші.
- Компресійні кільця - використовуються для герметизації камери згоряння, щоб запобігти прориву газів у картер.
- Маслозміні кільця - відповідають за зняття надлишку масла зі стінок циліндра.
- Поршневий палець - кріпиться до шатунної головки і забезпечує з'єднання поршня з шатуном.
- Канавки для кілець - спеціальні жолоби, в які вставляються поршневі кільця.

Поршень двигуна перетворює теплову енергію згорілого палива на механічну роботу, передає зусилля через шатун на колінчастий вал, забезпечує герметичність камери згоряння.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Оскільки двигун дизельний, поршень працює за високих температур і навантажень, тому його днище може мати канали для подачі масла для охолодження. Система змащення забезпечує зменшення тертя і зношування.

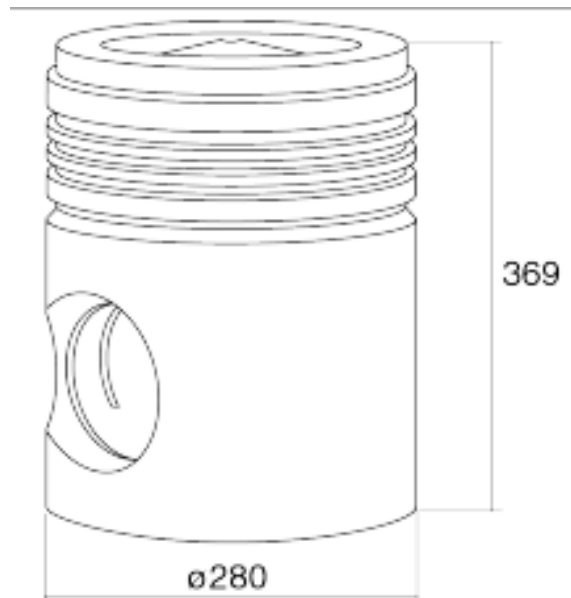


Рисунок 1.3 – Поршень

Турбонагнітач двигуна 4ЧН11/12,5 є ключовим елементом системи наддуву, що дозволяє підвищити потужність та ефективність роботи двигуна. Його конструкція та принцип роботи спрямовані на використання енергії відпрацьованих газів для стиснення повітря, яке подається у циліндри.

Призначення турбонагнітача:

- Збільшення маси повітря, що подається в циліндри, для забезпечення повного згоряння палива.
- Підвищення потужності двигуна без збільшення його робочого об'єму.
- Зменшення витрати палива завдяки кращій енергоефективності.
- Зменшення викидів шкідливих речовин за рахунок оптимального згоряння.

Вихлопні гази проходять через турбінну частину, обертаючи крильчатку турбіни, обертання передається через вал на крильчатку компресора,

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

компресор стискає атмосферне повітря і направляє його у впускний колектор двигуна, підвищений тиск повітря в камері згоряння дозволяє подати більше пального, що підвищує потужність двигуна.

Паливний насос високого тиску для двигуна 4ЧН11/12,5 є важливою складовою системи живлення, призначеною для забезпечення подачі пального під високим тиском до циліндрів двигуна. Такий насос має ключове значення для нормальної роботи дизельного двигуна, забезпечуючи точний контроль над кількістю і моментом впорскування пального в кожен циліндр. Від нього залежить ефективність згоряння пального, потужність двигуна, витрати пального та рівень вихлопних газів.

Це поршневий паливний насос високого тиску, який працює за допомогою поршнів для створення тиску в паливній системі. Насос розподіляє паливо в кожен циліндр відповідно до їх потреб.

Паливний насос високого тиску створює тиск, достатній для ефективного впорскування пального в циліндри. Тиск може варіюватися в залежності від типу двигуна, але для дизельних двигунів він часто знаходиться в межах від 1000 до 2000 бар.

Насос прокачує паливо через систему фільтрів і нагнітає його під високим тиском до форсунок. Кількість пального, що подається в кожен циліндр, коригується в залежності від обертів двигуна, що дозволяє забезпечити оптимальне згоряння пального в різних режимах роботи.

Паливопідкачувальний насос двигуна 4ЧН11/12,5 це складова системи подачі пального, що відповідає за забезпечення постійного потоку пального до основного паливного насоса високого тиску, а також за підтримку стабільного тиску в паливній системі. Він забезпечує подачу пального з паливного бака до фільтрів, а потім – до основних компонентів паливної системи, таких як насос високого тиску і форсунки.

Основна функція паливопідкачувального насоса – перекачування пального з паливного бака в систему високого тиску, а також забезпечення

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

безперебійної подачі пального до основного паливного насоса. Він створює необхідний негативний тиск в паливній системі для подачі пального і запобігає потраплянню повітря в паливну систему.

Насос підкачує паливо від паливного бака через систему фільтрації до основного насоса високого тиску. В процесі роботи паливо спочатку проходить через фільтри, щоб очищатися від забруднень, а потім подається під невеликим тиском до основного насоса високого тиску.

Тиск на виході паливопідкачувального насоса зазвичай не перевищує 3...5 бар, оскільки завдання цього насоса полягає не в створенні високого тиску, а в забезпеченні безперебійної подачі пального в основний насос. Продуктивність насоса повинна бути достатньою для забезпечення необхідної кількості пального для стабільної роботи всіх систем двигуна, зокрема для підтримки постійної подачі пального до насоса високого тиску.

					<i>KPM.142.6221м.24.17.00.ПЗ</i>	Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА В ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ

Використання альтернативного газоподібного палива в дизельних двигунах автомобілів є перспективним напрямом розвитку транспортної галузі. До таких палив належать природний газ (метан), біогаз, диметиловий ефір (ДМЕ) та водень. Їх застосування має низку особливостей, які впливають на конструкцію двигуна, режими його роботи та загальну ефективність [3].

Переваги використання газоподібного палива

Екологічність.

Використання газоподібного палива в автомобільних двигунах є одним із ключових напрямків зниження негативного впливу транспорту на довкілля. Газоподібні палива, такі як природний газ (метан), біогаз, диметиловий ефір (ДМЕ) та водень, мають суттєві екологічні переваги у порівнянні з традиційними рідкими нафтопродуктами.

1. Зниження викидів шкідливих речовин

Газоподібне паливо забезпечує чистіше згоряння в порівнянні з дизельним і бензиновим паливом, що зменшує кількість викидів:

Оксидів азоту (NO_x): Газоподібне паливо згорає при нижчій температурі, що зменшує утворення оксидів азоту.

Сажі та твердих частинок: Завдяки відсутності великих молекул вуглецю газоподібне паливо майже не утворює сажу.

Парникових газів (CO_2): Зокрема, біогаз і водень можуть забезпечувати значне зниження викидів вуглекислого газу або навіть нульові викиди.

2. Зменшення впливу на якість повітря. Транспорт на газоподібному паливі сприяє покращенню якості повітря, особливо у великих містах.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Зниження шкідливих викидів сприяє зменшенню рівня забруднення, що позитивно впливає на здоров'я населення.

3. Використання відновлюваних ресурсів. Біогаз є прикладом екологічно чистого палива, яке виробляється з органічних відходів. Його використання дозволяє не лише зменшити залежність від викопних ресурсів, а й утилізувати органічні відходи, запобігаючи їх розкладанню з утворенням метану.

4. Водень як екологічне паливо. Водень є ідеальним прикладом екологічного газоподібного палива, яке при згорянні утворює лише воду. Його використання дозволяє повністю уникнути шкідливих викидів, що робить його ключовим у переході до транспорту з нульовим рівнем забруднення.

5. Менший вплив на кліматичні зміни. Використання природного газу та інших газоподібних палив знижує загальну кількість викидів парникових газів, що сприяє боротьбі зі зміною клімату. Особливо це актуально при використанні біогазу, який вважається нейтральним до вуглецю.

Екологічність є однією з головних переваг газоподібного палива, яка стимулює його впровадження в транспортній галузі. Використання таких палив сприяє зниженню рівня забруднення повітря, зменшенню викидів парникових газів та впливу на клімат, що є важливим кроком до сталого розвитку та захисту довкілля.

Економічність

Використання газоподібного палива в автомобільних двигунах має суттєві економічні переваги, що робить його привабливим вибором для багатьох галузей транспорту. Газоподібні палива, такі як природний газ, біогаз і водень, сприяють зниженню витрат на експлуатацію та підвищенню рентабельності транспортних засобів.

1. Низька вартість палива. Природний газ та біогаз зазвичай коштують дешевше, ніж традиційне дизельне або бензинове паливо. Це дозволяє значно зменшити витрати на паливне забезпечення, особливо для комерційного транспорту, який здійснює великі пробіги.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Зменшення витрат на технічне обслуговування

Газоподібне паливо згорає чистіше, що зменшує утворення нагару та сажі у двигуні. Це призводить до:

- Подовження терміну служби деталей двигуна.
- Зниження частоти заміни моторного масла та фільтрів.
- Зменшення витрат на ремонт і технічне обслуговування.

3. Енергоефективність. Газоподібні палива, такі як природний газ і диметилловий ефір (ДМЕ), мають високий коефіцієнт тепловіддачі, що сприяє ефективнішому використанню енергії. У поєднанні зі спеціальною конструкцією двигуна це дозволяє знизити витрати палива на одиницю пробігу.

4. Стимулювання від держави. У багатьох країнах використання альтернативних палив, включаючи газоподібні, заохочується через податкові пільги, субсидії на встановлення обладнання та знижені акцизи. Це додатково знижує загальні витрати для власників транспортних засобів.

5. Зменшення залежності від імпортного палива. Використання місцевих джерел газоподібного палива, таких як біогаз або водень, дозволяє знизити залежність від імпорту нафтопродуктів. Це не лише економить кошти, але й сприяє енергетичній незалежності.

6. Збільшення ресурсів для повторного використання. Біогаз, який виробляється з відходів, є прикладом економічного рішення, що дозволяє використовувати органічні відходи для отримання палива. Це забезпечує подвійний економічний ефект: зменшення витрат на утилізацію та отримання додаткового джерела енергії.

Економічність використання газоподібного палива полягає в його низькій вартості, зменшенні витрат на технічне обслуговування та стимулюванні від держави. Ці переваги роблять газоподібне паливо вигідним вибором для транспортних компаній, приватних власників автомобілів та

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

промислового транспорту, сприяючи скороченню витрат та підвищенню ефективності транспортної галузі.

Високий рівень згоряння

Однією з ключових переваг використання газоподібного палива, такого як природний газ, біогаз, диметиловий ефір (ДМЕ) або водень, є високий рівень згоряння. Це властивість, яка забезпечує ефективне перетворення енергії палива в механічну роботу, зменшення втрат енергії та мінімізацію шкідливих викидів.

1. Однорідність паливо-повітряної суміші. Газоподібне паливо легше змішується з повітрям, створюючи однорідну суміш. Це сприяє рівномірному процесу згоряння в циліндрах двигуна, знижуючи локальні температурні піки та утворення шкідливих речовин, таких як оксиди азоту (NO_x).

2. Високий коефіцієнт теплотворності. Багато видів газоподібного палива, зокрема метан і водень, мають високий коефіцієнт теплотворності. Це означає, що згоряння такого палива забезпечує більше енергії за меншої кількості палива, що підвищує загальну ефективність двигуна.

3. Зниження утворення сажі. Газоподібне паливо, на відміну від рідких нафтопродуктів, не містить великих молекул вуглецю, які можуть стати джерелом утворення сажі. Це сприяє чистішому згорянню, зменшуючи рівень забруднення двигуна та знижуючи потребу в технічному обслуговуванні.

4. Зменшення втрат енергії. Процес згоряння газоподібного палива відбувається з меншими втратами тепла через однорідність суміші та більш повне окиснення палива. Це зменшує витрати палива на одиницю пробігу, що є економічно вигідним для користувачів.

5. Покращення динамічних характеристик. Чистіше та ефективніше згоряння газоподібного палива сприяє більш плавній роботі двигуна, зниженню вібрацій та шуму. Це підвищує комфорт водіння та продовжує термін служби агрегатів.

					<i>KPM.142.6221м.24.17.00.ПЗ</i>	Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

6. Екологічний аспект. Високий рівень згоряння газоподібного палива сприяє значному зменшенню кількості незгорілих вуглеводнів і чадного газу (CO) у вихлопних газах. Це позитивно впливає на довкілля та робить використання газоподібного палива важливим для екологізації транспортної галузі.

Високий рівень згоряння є однією з визначальних переваг газоподібного палива, яка забезпечує підвищену ефективність двигунів, економію палива та зниження шкідливих викидів. Ця характеристика робить газоподібне паливо перспективним вибором для розвитку сучасного екологічного та економічного транспорту.

Особливості конструкції та роботи двигунів

Модифікація паливної системи

Перехід на газоподібне паливо в автомобільних двигунах вимагає значних змін у конструкції паливної системи. Це обумовлено фізико-хімічними властивостями газоподібного палива, такими як його агрегатний стан, щільність та особливості згоряння. Модифікація паливної системи є ключовою особливістю, яка дозволяє адаптувати двигуни для ефективної та безпечної роботи на природному газі, біогазі, диметиловому ефірі (ДМЕ) або водні.

1. Спеціальні форсунки. Газоподібне паливо потребує використання форсунок, здатних працювати з високим тиском і забезпечувати точне дозування палива. Такі форсунки адаптовані для розпилення газу або змішування його з повітрям до подачі в циліндри.

2. Системи подачі палива. Для роботи з газоподібним паливом потрібна герметична система високого тиску, яка включає:

- Редуктори-теплообмінники для зниження тиску газу до рівня, безпечного для подачі в двигун.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Регулятори тиску, які забезпечують стабільну роботу двигуна за різних умов експлуатації.

- Газові балони, розраховані на зберігання палива під високим тиском.

3. Система впорскування. У двигунах, адаптованих для газоподібного палива, часто використовується двопаливна або монопаливна система впорскування:

- Двопаливна система: Використовує дизельне паливо як запалювальне, а газ як основне джерело енергії.

- Монопаливна система: Працює виключно на газоподібному паливі, використовуючи модифіковану камеру згоряння та електронні системи управління.

4. Електронна система управління. Газоподібне паливо вимагає високоточного управління процесами впорскування та згоряння. Електронні блоки керування (ECU) адаптуються для роботи з газом, що дозволяє оптимізувати співвідношення паливо/повітря, запалювання та інші параметри.

5. Герметичність і безпека. Оскільки газоподібне паливо зазвичай зберігається під високим тиском, особливу увагу приділяють герметичності системи, щоб уникнути витоків. Використовуються спеціальні клапани безпеки, датчики витоку газу та системи аварійного відключення подачі.

6. Адаптація для різних видів газоподібного палива

- Природний газ та біогаз: Потребують компресорного обладнання для заправки балонів і систем для видалення домішок.

- Диметилловий ефір (ДМЕ): Використовує форсунки та паливну систему, адаптовані для роботи з рідиною, що випаровується.

- Водень: Вимагає спеціальних балонів і систем впорскування, здатних витримувати високий тиск і унеможливити витік водню.

Модифікація паливної системи є необхідною умовою для ефективного використання газоподібного палива в автомобільних двигунах. Вона включає

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вдосконалення систем подачі, впорскування та управління, а також забезпечення високого рівня безпеки та герметичності. Ці зміни дозволяють максимально розкрити переваги газоподібного палива, зокрема його екологічність, економічність та високу ефективність.

Двопаливний режим

Двопаливний режим роботи двигуна – це технологія, яка дозволяє використовувати одночасно два види палива, найчастіше дизельне та газоподібне (наприклад, природний газ або біогаз). Такий підхід забезпечує оптимальну комбінацію переваг обох видів палива, підвищуючи ефективність, екологічність та економічність роботи двигуна.

1. Принцип роботи двопаливного режиму. У двопаливному двигуні дизельне паливо виконує роль запалювального компонента, а основним джерелом енергії виступає газоподібне паливо. Основні етапи роботи двигуна в такому режимі:

- Дизельне паливо впорскується у невеликій кількості, достатній для створення первинного займання.
- Газоподібне паливо подається через окрему систему у камеру згоряння, де змішується з повітрям.
- Займання суміші відбувається під впливом дизельного палива, забезпечуючи рівномірне згоряння.

2. Особливості конструкції. Для роботи у двопаливному режимі двигун потребує низки конструктивних змін:

- Система подачі газу: Встановлюється редуктор, який знижує тиск газу до рівня, прийняттого для впорскування, та забезпечує стабільну подачу палива.
- Додаткові форсунки: Газові форсунки інтегруються в паливну систему або впорскують газ через впускний колектор.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Електронна система управління: Контролює співвідношення газу та дизельного палива, оптимізує роботу двигуна залежно від навантаження та умов експлуатації.

- Захисні системи: Передбачають датчики витоку газу, клапани аварійного відключення та інші елементи для забезпечення безпеки.

3. Переваги двопаливного режиму

- Економічність: Значна частина дизельного палива замінюється дешевшим газоподібним паливом, що знижує витрати на експлуатацію.

- Екологічність: Газоподібне паливо згорає чистіше, зменшуючи викиди оксидів азоту, сажі та парникових газів.

- Гнучкість: У разі відсутності газоподібного палива двигун може працювати виключно на дизелі без втрати працездатності.

- Підвищення ресурсу двигуна: Чистіше згоряння зменшує нагар і знос деталей, що продовжує термін служби двигуна.

4. Технічні виклики

- Складність адаптації: Модифікація двигуна для двопаливного режиму потребує спеціалізованого обладнання та налаштувань.

- Підвищені вимоги до безпеки: Газоподібне паливо потребує герметичної системи подачі та надійного зберігання.

- Залежність від якості палива: Для стабільної роботи важливі чистота та однорідність газу.

5. Застосування двопаливного режиму

- Вантажний та комерційний транспорт: Висока економічність двопаливного режиму робить його популярним у транспортних компаніях.

- Сільськогосподарська та будівельна техніка: Використання двопаливних двигунів дозволяє зменшити експлуатаційні витрати у важких умовах роботи.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Генератори та стаціонарні двигуни: Двопаливний режим підходить для забезпечення економічної роботи генераторів у віддалених районах.

Двопаливний режим – це сучасне рішення, яке поєднує екологічність газоподібного палива з надійністю дизельного двигуна. Така технологія дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити ефективність роботи двигуна та зменшити його негативний вплив на довкілля. Незважаючи на технічні виклики, двопаливні двигуни стають все популярнішими у транспортній та промисловій галузях.

Підвищення вимог до герметичності

При використанні газоподібного палива в автомобільних двигунах однією з ключових особливостей є підвищені вимоги до герметичності паливної системи. Це обумовлено фізичними властивостями газу, його високим тиском зберігання та пожежонебезпечністю. Герметичність системи є критичним фактором, який впливає на безпеку, ефективність і екологічність роботи двигуна [4].

1. Необхідність високого рівня герметичності. Газоподібне паливо, таке як природний газ, біогаз, диметилевий ефір (ДМЕ) або водень, зберігається під високим тиском у спеціальних балонах. У разі витіку газу можливі:

- Втрати палива, що знижує економічну ефективність.
- Підвищення ризику займання або вибуху, особливо при накопиченні газу в замкнених просторах.
- Негативний вплив на навколишнє середовище через неконтрольовані викиди метану або інших газів.

2. Особливості конструкції для забезпечення герметичності. Для забезпечення повної герметичності системи подачі газу використовуються такі елементи:

- Газові балони високого тиску: Виготовляються з металу або композитних матеріалів, що витримують тиск до 200-300 бар.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Клапани та регулятори: Застосовуються для зменшення тиску перед подачею палива в систему та запобігання витокам.

- Герметичні з'єднання: Використовуються ущільнювальні кільця та прокладки, стійкі до високого тиску й хімічного впливу палива.

- Системи захисту від витоків: Включають датчики тиску і витоку, які автоматично перекривають подачу палива в разі порушення герметичності.

3. Інтеграція системи моніторингу. Для забезпечення безпеки та своєчасного виявлення проблем у паливній системі встановлюються електронні системи моніторингу:

- Датчики витоку газу.
- Системи контролю тиску в балонах і паливопроводах.
- Аварійні клапани, які автоматично відключають подачу газу у разі порушення герметичності.

4. Переваги забезпечення герметичності

- Підвищення безпеки: Запобігання витокам газу знижує ризик займання або вибуху.

- Економія палива: Герметична система забезпечує мінімальні втрати газу.

- Екологічність: Уникнення неконтрольованих викидів газів знижує вплив на навколишнє середовище.

5. Виклики забезпечення герметичності

- Додаткові витрати: Використання високоякісних матеріалів і компонентів збільшує вартість системи.

- Регулярне обслуговування: Для підтримки герметичності необхідно періодично перевіряти систему та замінювати ущільнювачі.

- Складність модернізації: Адаптація традиційних дизельних двигунів до роботи на газоподібному паливі вимагає суттєвих змін конструкції.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Підвищення вимог до герметичності є важливою особливістю конструкції та роботи двигунів, що працюють на газоподібному паливі. Герметична система подачі забезпечує безпеку, ефективність і мінімізацію екологічного впливу, що робить її критичним елементом у процесі адаптації двигунів до альтернативного палива. Незважаючи на виклики, високий рівень герметичності є необхідною умовою для безпечної та ефективної роботи газових двигунів.

Технічні виклики

Використання газоподібного палива, такого як природний газ, біогаз, диметилловий ефір (ДМЕ) або водень, відкриває нові можливості для екологізації та підвищення ефективності автомобільних двигунів. Однак впровадження таких технологій супроводжується низкою технічних викликів, які потребують вирішення для забезпечення безпечної та стабільної роботи.

1. Модифікація конструкції двигуна

Газоподібне паливо потребує адаптації традиційних двигунів внутрішнього згоряння:

Система подачі палива: Потребує встановлення газових форсунок, редукторів тиску, балонів для зберігання палива.

Система управління: Необхідно інтегрувати електронну систему управління подачею палива та співвідношенням паливо/повітря.

Покращення камери згоряння: Адаптація до властивостей газоподібного палива, таких як висока температура займання (наприклад, у водню).

2. Безпека та герметичність

Газоподібне паливо зберігається під високим тиском, що створює ризик витоків:

Потрібні герметичні системи подачі палива.

Використання матеріалів, стійких до впливу газу та тиску.

Установка датчиків витoku газу та аварійних клапанів.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3. Складність зберігання та транспортування

Газоподібне паливо має низьку щільність енергії, що ускладнює його зберігання:

Балони для газу повинні витримувати високий тиск (до 200-300 бар).

Необхідна розвинута інфраструктура для заправки транспортних засобів.

4. Ефективність згоряння

Хоча газоподібне паливо забезпечує чистіше згоряння, його тепла віддача іноді нижча, ніж у дизельного чи бензинового палива:

Потрібна оптимізація процесів упорскування та змішування газу з повітрям.

Можливе зниження потужності двигуна, особливо у двопаливному режимі.

5. Різноманітність газоподібного палива

Кожен тип газоподібного палива має свої характеристики, які ускладнюють універсальне рішення:

Природний газ: Вимагає системи для видалення домішок і компресорних установок.

Біогаз: Потребує попереднього очищення від сірководню та інших домішок.

Водень: Має високу реактивність і низьку енергетичну щільність, що ускладнює його використання у двигунах внутрішнього згоряння.

6. Високі початкові витрати

Модифікація двигуна та встановлення обладнання для роботи на газоподібному паливі потребують значних інвестицій.

Розвиток інфраструктури для заправки газом (заправні станції, компресорне обладнання) також є витратним.

7. Регулювання та стандарти

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Використання газоподібного палива потребує дотримання суворих стандартів безпеки та екологічності.

Необхідність сертифікації обладнання та технічного обслуговування збільшує складність експлуатації.

Технічні виклики при використанні газоподібного палива є суттєвими, однак вони можуть бути подолані за допомогою сучасних технологій та інженерних рішень. Незважаючи на складність, переваги газоподібного палива, зокрема його екологічність та економічність, роблять його перспективним для розвитку транспорту майбутнього. Постійне вдосконалення технологій та інфраструктури сприятиме подоланню цих викликів і ширшому впровадженню газоподібного палива у транспортній галузі.

Перспективи розвитку

Диметиловий ефір

Диметиловий ефір (ДМЕ) є одним із найбільш перспективних видів газоподібного палива для автомобільних двигунів. Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям, він здатний забезпечити високу ефективність згоряння, мінімальні викиди шкідливих речовин та економічну доцільність використання.

1. Фізико-хімічні властивості ДМЕ

Хімічна формула: CH_3OCH_3 .

Агрегатний стан: ДМЕ зазвичай знаходиться в газоподібному стані при нормальних умовах, але легко переходить у рідкий стан під невеликим тиском (близько 5 бар).

Висока займистість: Завдяки низькій температурі займання (235°C) ДМЕ добре підходить для використання у дизельних двигунах.

Екологічність: При згорянні ДМЕ практично не утворює сажі та має низький рівень викидів оксидів азоту (NO_x).

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Переваги ДМЕ як палива

Сумісність з дизельними двигунами: ДМЕ має властивості, схожі на дизельне паливо, що дозволяє використовувати його у дизельних двигунах із мінімальною модифікацією.

Чисте згоряння: Згоряння ДМЕ не супроводжується утворенням сажі, що зменшує забруднення двигуна та навколишнього середовища.

Можливість виробництва з відновлюваних ресурсів: ДМЕ може виготовлятися з біомаси, природного газу, вугілля чи синтез-газу, що сприяє зменшенню залежності від викопних ресурсів.

Зниження шкідливих викидів: Використання ДМЕ дозволяє суттєво знизити викиди оксидів азоту (NO_x) і вуглекислого газу (CO_2) у порівнянні з традиційними паливами.

3. Технічні особливості використання ДМЕ

Модифікація паливної системи: ДМЕ потребує спеціальних ущільнювачів та матеріалів для паливної системи через його високу розчинність у звичайних гумових елементах.

Система подачі палива: Використання ДМЕ вимагає встановлення системи для зберігання палива під помірним тиском і точного дозування палива.

Адаптація двигуна: Камера згоряння та форсунки дизельного двигуна потребують оптимізації для ефективної роботи з ДМЕ.

4. Екологічні переваги

Зменшення викидів парникових газів: Завдяки можливості виробництва з відновлюваних джерел, ДМЕ може мати нейтральний вуглецевий баланс.

Відсутність сажі: Чисте згоряння сприяє зниженню забруднення довкілля, що робить ДМЕ екологічно привабливим паливом.

5. Перспективи використання ДМЕ

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Комерційний транспорт: Вантажівки, автобуси та інші комерційні транспортні засоби можуть ефективно працювати на ДМЕ завдяки його схожості з дизельним паливом.

Сільськогосподарська техніка: Використання ДМЕ може забезпечити економічну та екологічну ефективність у сільськогосподарських машинах.

Електрогенератори: ДМЕ є перспективним для стаціонарних двигунів, які використовуються у генераторах.

6. Технічні виклики

Розвиток інфраструктури: Для широкого впровадження ДМЕ потрібна розвинена мережа заправних станцій.

Високі початкові витрати: Модифікація двигунів та створення системи зберігання вимагає значних інвестицій.

Стабільність виробництва: Масове виробництво ДМЕ потребує стабільних джерел сировини та вдосконалення технологій синтезу.

Диметилловий ефір є перспективним газоподібним паливом для автомобільних двигунів завдяки своїй екологічності, чистоті згоряння та сумісності з дизельними двигунами. Незважаючи на технічні виклики, розвиток технологій виробництва та інфраструктури робить ДМЕ одним із ключових кандидатів на заміну традиційних викопних палив, сприяючи переходу до сталого та екологічного транспорту.

Водень

є одним із найперспективніших видів газоподібного палива для автомобільних двигунів. Завдяки своїй екологічності, високій теплотворності та широким можливостям виробництва, водень має потенціал стати ключовим джерелом енергії у транспортній галузі майбутнього.

1. Фізико-хімічні властивості водню

Хімічна формула: H_2 .

Агрегатний стан: За нормальних умов водень є газом, але його можна зберігати у зрідженому стані або під високим тиском.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Енергетична щільність: Водень має найвищу теплотворну здатність серед усіх видів палива, хоча його об'ємна енергетична щільність нижча за рідкі палива.

Чистота згоряння: При згорянні водню утворюється лише вода, що забезпечує нульові шкідливі викиди.

2. Переваги водню як палива

Екологічність: Водень є абсолютно чистим паливом, яке не утворює шкідливих речовин, таких як сажа, оксиди азоту чи вуглекислий газ.

Універсальність: Водень може використовуватися як у двигунах внутрішнього згоряння, так і в паливних елементах для виробництва електроенергії.

Відновлюваність: Водень можна виробляти з відновлюваних джерел, таких як вода (електроліз) або біомаса.

3. Використання водню в автомобільних двигунах

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ): Водень може використовуватися як альтернативне паливо в традиційних двигунах із мінімальними модифікаціями, але потребує оптимізації камери згоряння та системи впорскування.

Паливні елементи: Водень використовується для генерації електроенергії в електрохімічних комірках, яка живить електродвигуни автомобілів. Це найпоширеніший спосіб його використання в сучасному транспорті.

4. Екологічні переваги

Нульові викиди: При використанні водню єдиним побічним продуктом є вода, що робить його абсолютно безпечним для довкілля.

Зниження парникових газів: Перехід на водень дозволяє мінімізувати вплив транспорту на зміну клімату.

5. Технічні виклики використання водню

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Зберігання: Водень має низьку об'ємну щільність, що потребує спеціальних балонів високого тиску (до 700 бар) або зрідження за наднизьких температур (-253°C).

Інфраструктура: Водневі заправні станції поки що розвинені недостатньо, що обмежує масове впровадження водневих транспортних засобів.

Виробництво: Водень вимагає великих енергетичних витрат для виробництва, особливо якщо використовуються невідновлювані джерела енергії.

Безпека: Через високу займистість водню система зберігання та подачі палива повинна бути максимально герметичною та безпечною.

6. Перспективи впровадження водню

Легкові автомобілі: Водневі автомобілі, такі як Toyota Mirai та Hyundai Nexo, вже активно використовуються, демонструючи можливості водневих технологій.

Вантажний транспорт: Завдяки високій енергоефективності водень підходить для великогабаритних транспортних засобів.

Громадський транспорт: Автобуси на водневих паливних елементах є ідеальним рішенням для екологізації міського транспорту.

Сільськогосподарська та будівельна техніка: Водень може використовуватися в техніці, що потребує високої автономності.

7. Підтримка водневих технологій

Уряди багатьох країн стимулюють розвиток водневої економіки шляхом субсидій, грантів та інвестицій у інфраструктуру.

Водень є ключовим елементом у стратегіях переходу до нульових викидів, затверджених ЄС, США, Японією та іншими державами.

Водень є перспективним газоподібним паливом, яке здатне значно змінити транспортну галузь, забезпечуючи екологічність, економічність та ефективність. Незважаючи на технічні виклики, постійний розвиток

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

технологій та інфраструктури сприятиме ширшому впровадженню водневого палива, роблячи його ключовим елементом сталого транспорту майбутнього.

Біогаз

Біогаз є одним із найперспективніших видів газоподібного палива для автомобільних двигунів завдяки своїй екологічності, відновлюваній природі та можливості виробництва з органічних відходів. Його використання дозволяє зменшити викиди парникових газів, забезпечити енергетичну незалежність та знизити витрати на паливо [5].

1. Що таке біогаз?

Біогаз — це суміш газів, що утворюється в результаті анаеробного (безкисневого) розкладання органічних матеріалів, таких як:

Сільськогосподарські відходи (гній, силос).

Харчові відходи.

Побутові органічні відходи.

Відходи стічних вод.

Основними компонентами біогазу є:

Метан (CH_4): 50–75%, який є основним джерелом енергії.

Вуглекислий газ (CO_2): 25–50%.

Домішки, такі як сірководень (H_2S) та водяна пара.

2. Переваги використання біогазу

Екологічність: Біогаз є відновлюваним джерелом енергії, його використання сприяє скороченню викидів CO_2 та інших парникових газів.

Енергетична незалежність: Біогаз може вироблятися локально, зменшуючи залежність від імпорту викопного палива.

Зменшення відходів: Використання органічних відходів для виробництва біогазу сприяє їх утилізації та запобігає забрудненню навколишнього середовища.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Сумісність із двигунами: Біогаз може використовуватися у модифікованих двигунах внутрішнього згоряння, особливо в тих, що працюють на природному газі.

3. Технічні аспекти використання біогазу

Очищення: Для використання в автомобільних двигунах біогаз потребує очищення від домішок, таких як сірководень і CO_2 , перетворюючись на біометан.

Система подачі: Біометан зберігається в стислому (CNG) або зрідженому (LNG) стані, що вимагає використання спеціальних балонів високого тиску.

Адаптація двигуна: Двигуни, що працюють на природному газі, можуть використовувати біогаз із мінімальними модифікаціями.

4. Екологічні переваги

Нейтральність вуглецю: Біогаз вважається вуглецево-нейтральним паливом, оскільки CO_2 , що утворюється при його згорянні, є частиною природного циклу вуглецю.

Зниження шкідливих викидів: Чисте згоряння біометану зменшує викиди оксидів азоту, сажі та інших забруднювачів у порівнянні з дизельним паливом.

5. Перспективи використання біогазу

Легковий транспорт: Біогаз є економічно вигідним рішенням для автомобілів, які вже використовують CNG або LNG.

Комерційний транспорт: Автобуси, вантажівки та сільськогосподарська техніка можуть ефективно працювати на біогазі, знижуючи витрати на паливо.

Стаціонарні двигуни: Біогаз широко використовується у генераторах для виробництва електроенергії.

6. Технічні виклики

Інфраструктура: Потрібна розвинена мережа заправних станцій для біогазу.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Очищення та зберігання: Технології очищення біогазу та його компресії потребують вдосконалення для зниження витрат.

Масове виробництво: Виробництво біогазу залежить від наявності сировини, що може бути обмежуючим фактором у деяких регіонах.

7. Економічні переваги

Низька вартість: Біогаз є дешевшим за дизельне або бензинове паливо.

Державна підтримка: У багатьох країнах використання біогазу стимулюється через субсидії, податкові пільги та гранти на розвиток інфраструктури.

Біогаз є перспективним газоподібним паливом для автомобільних двигунів, що поєднує екологічність, економічність і доступність. Його використання сприяє зменшенню залежності від викопних палив, вирішенню проблеми утилізації органічних відходів та зниженню негативного впливу транспорту на довкілля. Розвиток технологій виробництва та очищення біогазу, а також створення відповідної інфраструктури, забезпечить ширше впровадження цього виду палива у транспортній галузі.

Використання альтернативного газоподібного палива в дизельних двигунах сприяє екологізації транспорту, зниженню вартості експлуатації та залежності від традиційного палива. Незважаючи на технічні виклики, постійний розвиток технологій і розширення інфраструктури роблять цей напрямок одним із ключових у сучасній транспортній галузі.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДВИГУНА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ

Попит на дизельні двигуни з дизельним циклом значно зріс останнім часом час, особливо це стосується автомобілів для власного користування. Двигун з дизельним циклом забезпечує більш раціональне споживання палива, що дозволяє знизити витрати палива під час експлуатації автомобіля.

Однак збільшення використання дизельних двигунів суттєво підвищує атмосфері кількість шкідливих викидів, таких як, наприклад, оксиди азоту та Тверді частки. Двигуни з дизельним циклом, незважаючи на те, що вони дозволяють отримати більш високу економію палива, викидають великі дози окису азоту (NO_x) та твердих частинок у порівнянні з бензиновими або газоліновими двигунами. Природоохоронне законодавство, наприклад екологічний стандарт Євро-4 Європейського Союзу визначає допустимі межі газоподібних викидів для автомобільних двигунів Запропонований для розгляду еко-логічний стандарт Євро-5 найближчим часом накладатиме жорсткі обмеження викиди твердих частинок з дизельних двигунів [6].

Одним із способів підвищення ефективності та зниження викидів дизельних двигунів, тобто зменшення викидів NO_x та твердих частинок, є заміна дизельного палива на газоподібне, таке як, наприклад, пропан (C_3H_8), метан (CH_4) чи природний газ (основним компонентом якого є метан). Під газоподібним паливом маються на увазі такі види палива, які є газом при нормальній температурі та нормальному атмосферному тиску. Для зберігання та/або при подачі в двигун вони можуть бути зріджені.

Метан має просту хімічну будову: кожна молекула має один атом вуглецю, оточений чотирма атомами водню. Навпаки, традиційні види палива, такі як дизельне та бензинове, мають більш складні хімічні склади, що містять сполуки довших ланцюжків вуглеводнів. Крім того, традиційні види палива

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

містять великі кількісні співвідношення вуглецю, сірки та азоту і не вигоряють з таким ступенем чистоти, як газоподібні види палива. Метан як паливо не утворює великих доз викидів або твердих частинок.

Крім чистішого згоряння газоподібні види палива, такі як метан, мають перевагу, що полягає в тому, що їх запаси порівняно великі, і вони Найбільш рівномірно розподілені планети проти нафтовими запасами.

Двигуни з дизельним циклом, які були переведені на газоподібне паливо, що використовуються протягом ряду років. Однак для переведення таких дизельних двигунів на газоподібне паливо необхідно зробити значні зміни.

Основна причина, через яку двигуни з дизельним циклом вимагають модифікації, полягає в тому, що паливо займається і згоряє всередині двигуна. У звичайному дизельному двигуні самозаймання дизельного палива відбувається при його впорскуванні в циліндр, в якому повітря стиснене до певних значень тиску та температури. Зазвичай це відбувається при температурі вище 500°З тиск понад 45 бар. Однак такі гази, як метан та пропан, вимагають значно більш високих значень температур та тиску, ніж ті значення, які необхідні для забезпечення сталого самозаймання.

Для використання газоподібних видів палива у транспортних засобах, які зазвичай працюють на дизельному паливі, наприклад, у міських автобусах, можна перетворити дизельні двигуни на двигуни електричного запалювання шляхом встановлення свічок запалювання та систем запалення та зменшення коефіцієнта стиснення приблизно до співвідношення 15:1. Зменшення коефіцієнта стиснення потрібно для того, щоб запобігти роботі двигуна з детонацією. Однак результатом такого перетворення є звичайний двигун карбюраторного типу, і, таким чином, губляться переваги в к.к.д., які характерні для двигунів з дизельним циклом.

Один з способів переведення дизельного двигуна на газоподібне паливо полягає в переведення двигуна на пусковий упорскування. У звичайному двигуні, який використовує пускове паливо, повітря стискають, і газ

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

впорскують у стиснене повітря через інжектор в кінці такти стиснення. Другий інжектор вводить пускове паливо у камеру згоряння. Тиск і температура всередині камери є достатніми для забезпечення самозаймання пускового палива, яке у свою чергу займає газо-повітряну суміш.

Процес горіння у двигуні даного типу є по суті багатостадійним процесом, який вимагає змішування повітря та палива всередині чи зовні циліндра, стиснення та впорскування пускового палива, запалення палива, а потім горіння.

Дизельні двигуни цього типу вимагають наявності двох окремих інжекторів (один для газу та один для пускового палива) у поєднанні зі змішаною системою запалювання. Більше того, допоміжне обладнання, яке необхідне встановити поруч із двигуном для подачі двох видів палива в кожен інжектор, робить двигун значно більш складним та дорогим у порівнянні з звичайним дизельним двигуном [7].

Тому необхідний двигун із дизельним циклом, який працює на газоподібному паливі, але при цьому не вимагає складного або великогабаритного інжектор або система запалювання. Більше того, необхідний двигун із дизельним циклом, який здатний працювати із забезпеченням відповідності запланованим показниками викидів твердих частинок.

З точки зору першого аспекту даний винахід пропонує двигун з займання від стиснення, виконаний з можливістю роботи з використанням суміші газу, основу якого становить метан, та ініціатора запалення, причому суміш впорскується в камеру згоряння двигуна.

Переважно, вказаний двигун із запаленням від стиснення є двигуном із дизельним циклом.

Вираз «газ, основу якого становить метан», що використовується в даному документі, означає посилання на речовину, яка є газоподібним при нормальній температурі та нормальному атмосферному тиску і містить велику

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

частку метану. Велика частка метану означає вміст метану, як правило, вище 70%, краще - вище 80%, а найбільш переважно - понад 90%. Ще краще, щоб газ, основу якого становить метан, був природним газом, який являє собою звичайне паливо по причин, описаних вище.

Практично неможливо скраплювати гази з високою часткою метану, і тому газ може подаватися у двигун під тиском у надкритичному стані.

Газ, основу якого становить метан, та ініціатор запалення подаються в двигун як одне попередньо змішане паливо, що містить у пропорції зріджений газ, що знаходиться під високим тиском, і ініціатор запалювання. Ініціатор запалення може бути всередині газу у зваженому стані у вигляді туману.

Газ може бути будь-яким придатним вуглеводневим газом, що містить метан. також може містити інші гази, такі як етан, пропан, бутан або будь-яку їх суміш. Крім того, придатні газові суміші, що містять суміш інших газів.

Ініціатор запалення палива (який може бути присадкою, що покращує запалювання) дає можливість займати суміш у камері згоряння під дією температури та тиску в циліндрі, як у звичайному дизельному двигуні. За допомогою винаходів вирішують проблему відомих двигунів, що працюють з пусковим паливом. На кожен циліндр потрібен лише окремий інжектор, і запалювання стає більш ефективним. Даний винахід дозволяє без проблем перевести застарілі дизельні двигуни, встановлені в автобусах та вантажних автомобілях, на рідкі та газоподібні природні види палива [8].

Як ініціатор запалювання можна використовувати різноманітні речовини, які будуть займатися в камері згоряння, наприклад, такою речовиною може бути звичайне дизельне паливо. Його переважно вибирають для освіти вільних радикалів при підвищених температурах камери згоряння двигуна, що прискорює окислення палива та викликає запалення.

Ініціатор запалення переважно містить цетанову присадку, яка підвищує цетанове число палива. Цетанове число являється добре відомим показником періоду затримки між упорскуванням палива в камеру згоряння та

					<i>KPM.142.6221m.24.17.00.ПЗ</i>	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

запалюванням палива. Більш високе цетанове число означає більш короткий період затримки між упорскуванням та запаленням, що бажано для двигуна з дизельним циклом. Як правило, традиційне дизельне паливо містить цетанову присадку.

Ініціатор запалення може бути чистою цетановою присадкою або альтернативному варіанті він може містити рідину-носіє, в яку підмішана цетанова присадка, як у випадку дизельного палива, про яке згадується вище. Переважно, щоб цетанова присадка мала властивість змішування з носієм.

Використання носія сприяє дозуванню ініціатора запалення, яке може знадобитися в двигуні для змішування ініціатора запалення з газом у правильній пропорції.

Рідина-носіє і цетанова присадка переважно можуть подаватися в двигун із використанням звичайного паливного насоса дизельного двигуна.

Рідиною-носієм може бути, наприклад, синтетичне паливо з високим цетановим числом - "газ у рідину" (GTL), ДМЕ (диметиловий ефір), складні метилові ефіри жирних кислот (FAME, наприклад, RME), гас або газолін. Переважно, рідина-носіє є звичайним дизельним паливом. Таким чином, дизельне паливо може містити стандартне кількість цетанової присадки або для отримання зазначеного кращого значення цетанового числа дизельне паливо може містити підвищене кількість цетанової присадки [9].

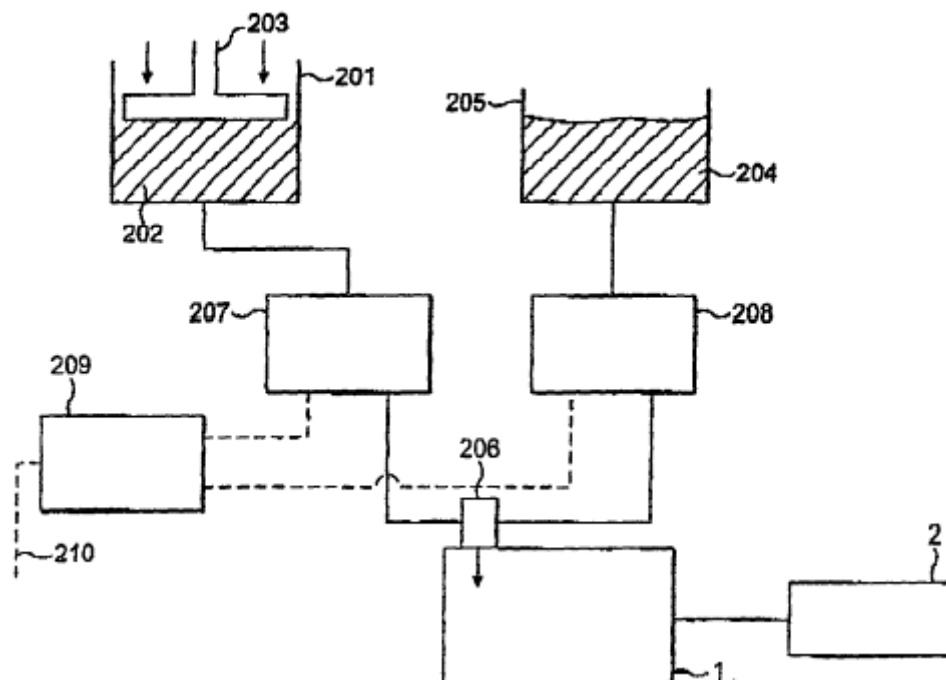
В кваліфікаційній роботі пропонується розглянути можливість роботи двигуна 4ЧН11/12,5 на природному газі з ініціатором запалювання – диметиловому ефірі у співвідношенні 9:1.

На рис. 3.1 зображено систему паливоподачі, у якій два паливні компоненти зберігаються окремо.

Газ, що знаходиться під тиском, зберігається в резервуарі 201, який проточно сполучається з паливним насосом 207. Паливний насос 207 приймає сигнали керування від пристрою 209 керування і своєю чергою проточно сполучається з паливним інжектором 206. Ініціатор 204 запалювання

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зберігається в баку 205, який проточно сполучається з насосом 208, що приймає сигнали керування від пристрою 209 керування. Насос 208 також проточно сполучається з інжектором 206, який призначений для впорскування палива в камеру згоряння двигуна 1.



version)

Рисунок 3.1 – Система топливopодачи

Резервуар 201 містить газ 202, що перебуває під тиском або в зрідженому вигляді за рахунок впливу поршня 203. Ініціатор 204 запалювання міститься в баку 205.

Якщо ініціатор 204 запалювання є рідиною за нормальної температури та нормального тиску, то бак 205 може не бути герметичним.

Однак, якщо ініціатор запалювання за нормальної температури та нормального тиску перебуває в газоподібному стані, його зберігають у герметичному баку 205.

Газ та ініціатор запалювання подають в інжектор 206 двигуна (показано лише один інжектор) відповідно через насоси 207 і 208, які приймають сигнали керування від вузла 209 керування паливом.

Вузол 209 отримує сигнали керування, а також показники робочих параметрів двигуна від машиніста по лінії 210 керування. Вузол 209 регулює співвідношення газу та ініціатора запалювання залежно від режиму роботи та навантаження двигуна.

Наприклад, на холоді або під час пуску двигуна може знадобитися вищий процентний вміст ініціатора запалювання для досягнення заданої вихідної потужності двигуна. Після прогрівання двигуна вузол 209 може керувати насосом 208 для зменшення частки ініціатора запалювання, що подається в інжектор 206. У даному варіанті виконання інжектор 206 призначений для приймання двох компонентів палива і для введення їх одночасно в камеру згоряння. Два компоненти змішують в інжекторі безпосередньо перед впорскуванням у камеру згоряння, тим самим забезпечуючи однорідне розсіювання ініціатора запалювання в газі, що перебуває під тиском, або в зрідженому газі.

Загальний вигляд розташування обладнання на автомобілі показаний на рис. 3.2.

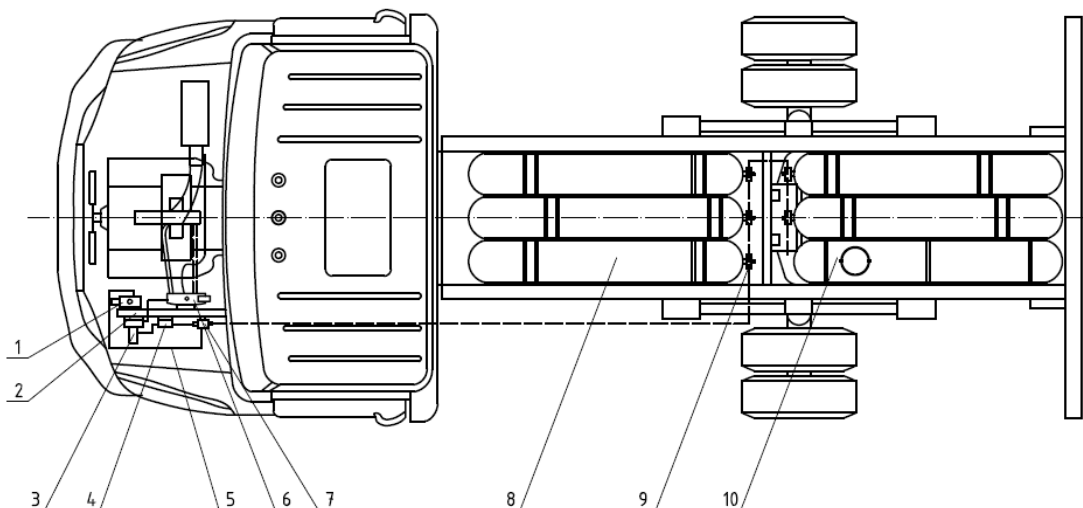


Рисунок 3.2 – Схема монтажу газової паливної системи:

1 – вентиль магістральний; 2 – кронштейн кріплення агрегатів в моторному відсіку; 3 – редуктор високого тиску; 4 – клапан електромагнітний газовий високого тиску; 5 – трубопровід; 6 – редуктор-підігрівач; 7 – заправний пристрій; 8 – балони; 9 – вентилі балонів; 10 – Балон с ДМЕ

Розроблено схему однопаливної системи подачі ДМЕ в двигун (рис. 3.3). Система працює наступним чином. ДМЕ заправляється в газовий балон через вбудований заправний пристрій. Далі вбудованим в балон насосом ДМЕ подається через кульовий клапан по паливному трубопроводу в магістральний насос. Далі по нагнітальному паливному трубопроводу паливо надходить у газовий фільтр, що забезпечує очищення палива від механічних домішок. В паливній магістралі на хрестовині для контролю тиску палива передбачений датчик тиску, а також штуцер контрольної точки для підключення манометра. Потім по паливопроводу паливо надходить до електромагнітного клапана. Після його включення (одночасно включається і електромагнітний клапан) паливо надходить в ПНВТ. Далі ПНВТ подає паливо через чотири форсунки в циліндри дизеля.

Перевагою описаної системи подачі палива є використання електричного управління подачею ДМЕ, а спеціальна конструкція газового балона з вбудованим (зануреним) підкачувальним насосом і наявність контрольно-запобіжних елементів в арматурі балона, паливних трубопроводах і ПНВТ підвищує безпеку всієї системи.

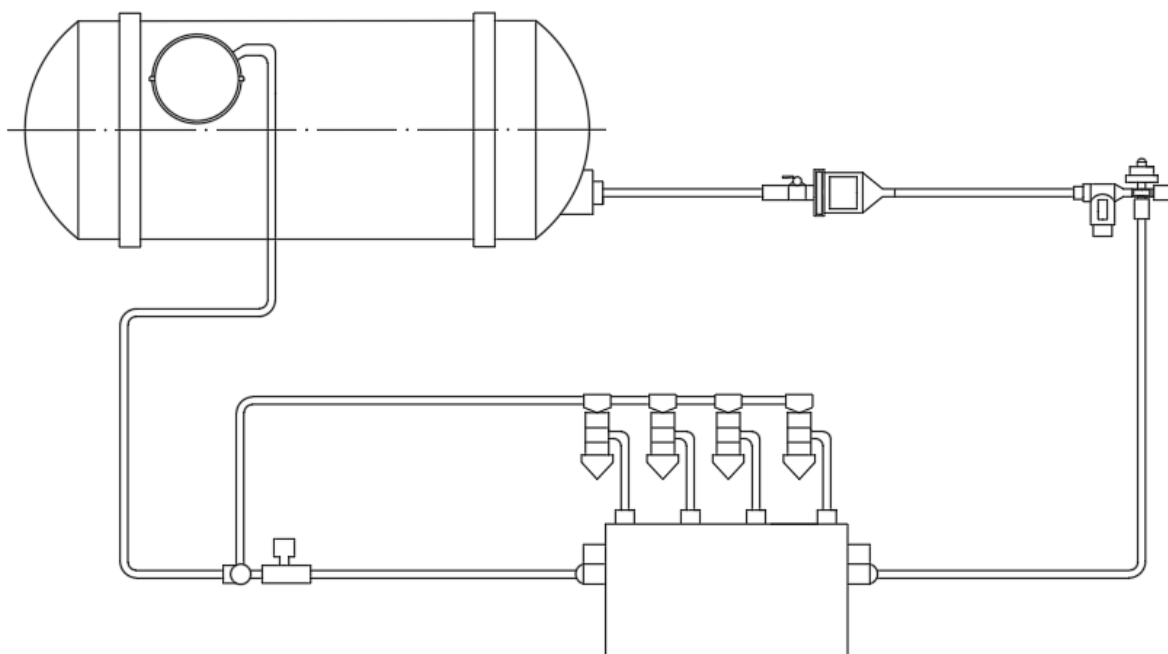


Рисунок 3.3 – Принципова схема системи подачі ДМЕ в дизель

					<i>КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		40

Форсунка (рис. 3.4) призначена для впорскування газоподібного палива в камеру згоряння.

Форсунка встановлена у вузлі двигуна звичайним способом, добре відомим фахівцям у цій галузі техніки.

Наконечник форсунки розташований всередині камери згоряння двигуна та призначений для впорскування певної кількості палива безпосередньо в камеру згоряння.

Голка виконана таким чином, щоб забезпечити герметизацію отвору, зробленого у наконечнику. Голка механічно з'єднана з поршнем інжектора за допомогою стержня. Поршень, стержень і голка підтискаються у напрямку до наконечника пружиною, яка впливає на стопорну гайку. Пружина створює зусилля на поршень, забезпечуючи можливість підтискання голки у напрямку до наконечника в канал, розташований у ньому, що герметизує наконечник і запобігає проникненню рідини або газу в інжектор чи їх витіканню з нього.

Форсунка оснащена керованим серворозподільником, який отримує сигнали управління від блоку управління двигуном (ECU). Серворозподільник подає "імпульс" масла, що перебуває під високим тиском, або сигнал у з'єднання, у відповідь на отримання від блоку управління двигуном (ECU) сигналу управління "впорскування".

З'єднання сполучене потоком із камерою, розташованою у нижній частині поршня. Під час роботи у з'єднання подається імпульс у відповідь на сигнал управління, отриманий від блоку управління двигуном. Імпульс викликає переміщення поршня проти сили підтискання пружини, тим самим піднімаючи стержень і голку, що забезпечує створення каналу, через який паливо може потрапляти в камеру згоряння.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

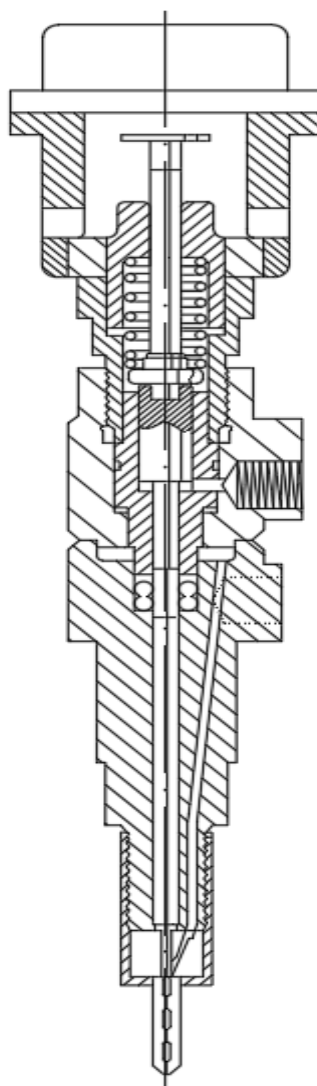


Рисунок 3.4 – Форсунка

Розрахунок робочого циклу двигуна

Розрахунок робочого циклу двигуна на дизельному паливі

Вихідні дані

D - Діаметр циліндра (м).....0,11

S - Хід поршня (м).....0,125

n - Частота обертання (1/хв)....2400

Z - Тактність (2-х,4-х).....0,5

i - Число циліндрів.....4

Тиск наддуву Pk (МПа)0,2

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тиск навколишнього середовища P_0 (МПа)0,103

Температура навколишнього середовища T_0 (К).....297

Показник політропи стиснення в компресорі n_k1,8

5 Для подальшого розрахунку необхідно вибрати:

Коефіцієнт надлишку повітря для згоряння $ALFA$1,79

Коефіцієнт продувки F_{Ia}1,05

Коефіцієнт залишкових газів $GAMMA_{Ar}$0,05

Коефіцієнт використання тепла в точці z XI_z0,6

Коефіцієнт використання тепла в точці b XI_b0,7

Ступінь стиснення $EPSILON$12

Ступінь підвищення тиску при згорянні $LAMBDA$1,2

Підігрів заряду від стінок циліндра $DELTA T_{Ar}$ (К).....10

Коефіцієнт заокруглення індикаторної діаграми $ZETA$0,98

Коефіцієнт втрати тиску у впускному колекторі $delta P_a$0,98

Механічний ККД двигуна ETA_m0,89

Втрата тиску в повітроохолоджувачі $DELTA P_{ohl}$ (МПа).....0,003

Зниження температури в повітроохолоджувачі $DELTA T_{ohl}$ (К).....70

Температура залишкових газів T_g (К).....800

Рідке нафтове паливо | 1

Газоподібне паливо | 0

Альтернативне паливо | 0

Вуглець $C=0,87$

Водень $H_2=0,13$

Сірка $S=0$

Кисень $O_2=0$

Відсотковий вміст води $W=0$

РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ НАПОВНЕННЯ.

Температура повітря за компресором T_k398,9(К)

Температура заряду перед двигуном T_s328,9(К)

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Температура заряду до кінця процесу наповнення $T_a \dots 360,8(K)$

Тиск повітря перед двигуном $P_s \dots 0,197(MPa)$

Тиск заряду до кінця процесу наповнення $P_a \dots 0,193(MPa)$

Коефіцієнт наповнення ЕТАН $\dots 0,9280$

РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ СТИСНЕННЯ.

$A_{vc} \dots 19,2922$

$B_c \dots 0,00253$

Теплоємність газоповітряної суміші та залишкових газів
на ході стиснення визначається за формулою:

$$C_{vc} = 19,2922 + 0,00253 \cdot T$$

Середній показник політропи стиснення $n_1 \dots 1,3695$

Тиск наприкінці стиснення (МПа) $5,8027$

Температура наприкінці стиснення $T_c(K) 903,8$

РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ЗГОРЯННЯ.

Хімічний коефіцієнт молекулярної зміни ВЕТА0 $\dots 1,0363$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни ВЕТА $\dots 1,0346$

Частка палива, що згоріла в точці z $x_z \dots 0,8571$

Коефіцієнт молекулярної зміни в точці z ВЕТАz $\dots 1,0296$

$A_{vz} \dots 19,7683$

$b_z \dots 0,00303$

$A_{vb} \dots 20,0479$

$B_b \dots 0,00315$

Середня мольна ізохорна теплоємність у точці z визначається за
формулою: $C_{vz} = 19,7683 + 0,00303 \cdot T$

Середня мольна ізохорна теплоємність у точці b визначається за
формулою: $C_{vb} = 20,0479 + 0,00315 \cdot T$

Максимальна температура згоряння $T_z (K) \dots 1\,641,0 \dots 1\,641,0$

Максимальний тиск згоряння $P_z (MPa) \dots 6,963$

РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ РОЗШИРЕННЯ.

Ступінь попереднього розширення ρ_01,558

Ступінь подальшого розширення DELTA.....7,703

Середній показник політропи розширення n_21,2434

Температура наприкінці процесу розширення T_b (К)...997,0

Тиск наприкінці процесу розширення P_b (МПа)....0,5500

ІНДИКАТОРНІ ПОКАЗНИКИ

Теоретичний середній індикаторний тиск P_{1i} (МПа).....1,0821

Дійсний середній індикаторний тиск P_i (МПа).....1,0604

Індикаторний ККД η_{TAI}0,3292

Індикаторна питома витрата газу b_{ig} , м.куб/(кВт*год).....0,00

Індикаторна питома витрата рідкого палива b_{ineft} , кг/(кВт*год)...0,2536

Індикаторна питома витрата альтернативного палива b_{ialt} ,
кг/(кВт*год).0,0000

Індикаторна потужність двигуна N_i , кВт.....100,9

ЕФЕКТИВНІ ПОКАЗНИКИ

Середній ефективний тиск P_e (МПа).....0,9438

Ефективний ККД двигуна η_{TAE}0,2930

Ефективна питома витрата рідкого палива b_{eneft} , кг/(кВт*год)....0,2849

Ефективна потужність двигуна N_e , кВт.....89,8

Найнижча теплотворна здатність нафтового палива q_1 , кДж/кг.....43
122,0

Розрахунок робочого циклу двигуна на природному газі з диметилловим ефіром

Паливо, що використовується в двигуні

Складова β Частка в суміші

Газоподібне паливо β 0,9

Альтернативне паливо β 0,1

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

МАСОВИЙ СКЛАД ГАЗОВОГО ПАЛИВА

Окис вуглецю $\text{CO}=0$

Водень $\text{H}_2=0,033$

Метан $\text{CH}_4=0,94$

Двоокис вуглецю $\text{CO}_2=0$

Кисень $\text{O}_2=0$

Азот $\text{N}_2=0,001$

Ацетилен $\text{C}_2\text{H}_2=0,012$

Етилен $\text{C}_2\text{H}_4=0$

Етан $\text{C}_2\text{H}_6=0$

Пропан $\text{C}_3\text{H}_8=0,008$

Бутан $\text{C}_4\text{H}_{10}=0,004$

СУММА=1

МАСОВИЙ СКЛАД АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА

Диметиловий ефір $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}=1$

РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ НАПОВНЕННЯ.

Температура повітря за компресором $T_k \dots\dots\dots 398,9(\text{K})$

Температура заряду перед двигуном $T_s \dots\dots\dots 328,9(\text{K})$

Температура заряду до кінця процесу наповнення $T_a \dots 360,8(\text{K})$

Тиск повітря перед двигуном $P_s \dots\dots\dots 0,197(\text{МПа})$

Тиск заряду до кінця процесу наповнення $P_a \dots\dots 0,193(\text{МПа})$

Коефіцієнт наповнення $\text{ЕТАН} \dots\dots\dots 0,9280$

РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ СТИСНЕННЯ.

$A_{vc} \dots\dots\dots 19,2958$

$V_c \dots\dots\dots 0,00253$

Теплоємність газоповітряної суміші та залишкових газів
на ході стиснення визначається за формулою:

$$C_{vc} = 19,2958 + 0,00253 \cdot T$$

Середній показник політропи стиснення $n_1 \dots\dots\dots 1,3695$

Тиск наприкінці стиснення (МПа) 5,8027

Температура наприкінці стиснення T_c (К) 903,8

РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ЗГОРЯННЯ.

Хімічний коефіцієнт молекулярної зміни $BETA_0$0,8206

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни $BETA$0,8292

Частка палива, що згоріла в точці z xz0,8571

Коефіцієнт молекулярної зміни в точці z $BETA_z$0,8536

Av_z19,8231

bz0,00309

Av_b20,1332

Bb0,00322

Середня мольна ізохорна теплоємність у точці z визначається за формулою: $C_{vz} = 19,8231 + 0,00309 \cdot T$

Середня мольна ізохорна теплоємність у точці b визначається за формулою: $C_{vb} = 20,1332 + 0,00322 \cdot T$

Максимальна температура згоряння T_z (К).....1 960,0

Максимальний тиск згоряння P_z (МПа).....6,963

РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ РОЗШИРЕННЯ.

Ступінь попереднього розширення g_01,543

Ступінь подальшого розширення $DELTA$7,779

Середній показник політропи розширення n_21,2316

Температура наприкінці процесу розширення T_b (К)...1 217,0

Тиск наприкінці процесу розширення P_b (МПа)....0,5566

10. ІНДИКАТОРНІ ПОКАЗНИКИ

Теоретичний середній індикаторний тиск P_{1i} (МПа).....1,0804

Дійсний середній індикаторний тиск P_i (МПа).....1,0588

Індикаторний ККД ETA_i0,3136

Індикаторна питома витрата газу big , м.куб/(кВт*год).....0,29

Індикаторна питома витрата рідкого палива b_{ineft} , кг/(кВт*год)...0,0000

					КРМ.142.6221 м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Індикаторна питома витрата альтернативного палива b_{alt} ,
кг/(кВт*год).0,0375

Індикаторна потужність двигуна N_i , кВт.....100,7

ЕФЕКТИВНІ ПОКАЗНИКИ

Середній ефективний тиск P_e (МПа).....0,9423

Ефективний ККД двигуна η_{AE}0,2791

Ефективна питома витрата газу b_{eg} , м.куб/(кВт*год).....0,32

Ефективна питома витрата альтернат. палива b_{ealt} , кг/(кВт*год)..0,0422

Ефективна потужність двигуна N_e , кВт.....89,6

З аналізу видно, що двигун 4ЧН11/12,5 при роботі на природному газі за основними ефективними показниками не поступається прототипу. У ключових точках робочого циклу значення тиску та температури практично збігаються з допустимими відхиленнями. Крім того, слід зауважити, що динамічне навантаження на деталі кривошипно-шатунного механізму залишається незмінним.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						48
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ДВИГУНА

Мета: аналітичне обґрунтування економічної ефективності впровадження в експлуатацію спроектованого двигуна в порівнянні з існуючим прототипом.

При економічному обґрунтуванні порівнюються між собою параметри двигуна до та після модернізації.

У таблиці 4.1 приведені техніко-економічні показники базового двигуна та спроектованого двигуна 4ЧН11/12,5.

Таблиця 4.1 – Техніко-економічні показники двигунів

Найменування	Позначення	Розмірність	Базовий двигун	Спроектований двигун
Потужність	N_e	кВт	90	90
Частота обертання	n	хв^{-1}	2400	2400
Діаметр циліндра, м	D	м	0,11	0,11
Хід поршня, м	S	м	0,125	0,125
Питома витрата палива	g_{ep}	кг/кВт·год	0,285	0,453
Механічний ккд	η_m	-	0,7	0,7
Питома витрата масла	g_m	кг/кВт·год	0,0022	0,0022
Вага	G	кг	500	500
Габарити	L	м	0,84	0,84
	B	м	0,75	0,75
	H	м	1,06	1,06
Ціна двигуна	Π	грн	700000	900000
Ціна палива	Π_{π}	грн/кг	50	28
Ціна масла	Π_m	грн/кг	12,5	12,5
Час роботи за рік	t	год	2000	2000
Число контрольних ремонтів	η	-	1	1
Сумарний коефіцієнт по капітальних ремонтах	$\epsilon_{\min}$	-	1,1	1,1

Коефіцієнт частини вартості роботи	b	-	0,05	0,05
Коефіцієнт використання потужності	K _п	-	0,85	0,85
Коефіцієнт частини вартості капітального ремонту	K _{к.р.}	-	0,3	0,3
Ресурс двигуна до першого перебирання	t _{пер}	год	30000	30000
Ресурс двигуна до капітального ремонту	t _{к.р.}	год	100000	100000
Нормативний коефіцієнт порівняння економічної ефективності	E	-	0,15	0,15

Метод призначений для:

1. Обґрунтування технічних і економічних переваг при виборі оптимальних варіантів створення та впровадження нової техніки.
2. Відображення параметрів економічності та ефективності через норми і нормативи.
3. Оцінки реальної ефективності від впровадження нових технічних рішень.

Розрахунок економічної ефективності

1) Річна продуктивність

$$N = K_n \cdot N_e \cdot t, \text{ кВт*г за рік}$$

2) Термін служби

$$T = \frac{t_{\text{кр}}}{t}, \text{ рік}$$

3) Річні поточні витрати на паливо

$$Z_n = N \cdot \Pi_n \cdot g_e, \text{ грн}$$

4) Річні поточні витрати на масло

$$Z_m = g_m \cdot N \cdot \Pi_m \cdot 10^{-3}, \text{ грн}$$

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

5) Річні витрати на поточний ремонт

$$З_{н.р} = \frac{b \cdot t \cdot Ц}{t_{пер}}, грн$$

6) Річні поточні витрати на капітальний ремонт

$$З_{к.р} = \frac{K_{к.р} \cdot t \cdot Ц}{t_{к.р} \cdot \varepsilon_{\min}}, грн$$

7) Річний економічний ефект у споживача

$$U_1 = \underline{З_n + З_m + З_{к.р} + З_{н.р}}, грн$$

8) Річний економічний ефект у споживача від використання спроектованого двигуна.

$$E_k = \left[Ц_\delta \cdot \frac{N_c}{N_\delta} \cdot \left(\frac{\frac{1}{T_\delta} + E_\delta}{\frac{1}{T_c} + E_c} \right) + \frac{U_1^{1\delta} - U_1^c}{\frac{1}{T_c} + E_c} \right] - Ц_c, грн$$

$$\text{де } U_1^{1\delta} = \frac{N_c}{N_\delta} \cdot U_1^\delta$$

9) Час окупності модернізованого двигуна

$$T_{окуп} = \frac{\Delta K}{\Delta S}, \text{років}$$

де ΔK – додаткові одноразові витрати на модернізацію двигуна,

ΔS – річна економія при експлуатації модернізованого двигуна

$$\Delta S = З_n^\delta - З_n^c + З_m^\delta - З_m^c + З_{н.р}^\delta - З_{н.р}^c + З_{к.р}^\delta - З_{к.р}^c, грн$$

Результати розрахунку економічної ефективності представлені в табл. 4.2.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку економічної ефективності
спроектованого двигуна

Найменування	Позначення	Розмірність	Базовий двигун	Спроектований двигун
Річна продуктивність	N	кВт·год/рік	153000,0	153000,0
Термін служби	T	рік	15,0	15,0
Річні поточні витрати на паливо	Z_p	грн	2180250,0	1940652,0
Річні поточні витрати на масло	Z_m	грн	4207,5	4207,5
Річні витрати на поточний ремонт	$Z_{п.р}$	грн	2333,3	3000,0
Річні витрати на капітальний ремонт	$Z_{к.р}$	грн	3818,2	4909,1
Річний економічний ефект у споживача	U_1	грн	2190609,0	1952768,6
	U_1^{16}	грн	2190609,0	-
Річний економічний ефект у споживача від використання спроектованого двигуна	E_k	грн	897725,0	
Додаткові одноразові витрати на модернізацію двигуна	ΔK	грн	200000,0	
Річна економія при експлуатації модернізованого двигуна	ΔS	грн	237840,4	
Час окупності модернізованого двигуна	$T_{окуп}$	рік	0,84	
		місяць	10,09	

Річний економічний ефект, що виникає завдяки зменшенню поточних річних витрат споживача на паливо порівняно з базовим двигуном, становить 237840,4 грн. Інвестиції в заміну базового двигуна окупляться приблизно за 10,0 місяців.

РОЗДІЛ 5

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Забезпечення вимог охорони праці на автомобільному транспорті

Охорона праці на автомобільному транспорті є одним із ключових аспектів забезпечення безпеки працівників, ефективності роботи та дотримання законодавчих норм. Враховуючи високу небезпеку, пов'язану з експлуатацією транспортних засобів, обслуговуванням техніки та організацією дорожнього руху, важливо впроваджувати системні заходи для мінімізації ризиків [10].

1. Основні вимоги охорони праці

Організація робочих місць: Робочі місця водіїв, механіків та обслуговуючого персоналу мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам, бути обладнаними засобами захисту та мати належне освітлення.

Навчання працівників: Усі працівники повинні проходити обов'язкове навчання з питань охорони праці, інструктажі щодо безпечної експлуатації техніки та регулярну перевірку знань.

Медичний контроль: Персонал, особливо водії, зобов'язаний проходити регулярні медичні огляди для підтвердження придатності до роботи в умовах підвищеної відповідальності.

2. Безпека водіїв

Технічний стан транспорту: Перед виїздом транспортний засіб має пройти технічний огляд для виявлення можливих несправностей.

Дотримання режиму праці та відпочинку: Для запобігання перевтомі водії повинні працювати згідно з встановленим графіком, що регулює тривалість робочого дня та відпочинку.

Засоби індивідуального захисту: Водії мають бути забезпечені засобами захисту (жилети зі світловідбивними елементами, захисні рукавички тощо) для роботи в аварійних умовах.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3. Безпека технічного персоналу

Ремонтні роботи: При обслуговуванні та ремонті транспортних засобів працівники повинні дотримуватися правил безпеки, користуватися інструментами та обладнанням за призначенням.

Захист від небезпечних речовин: Мастила, пально-мастильні матеріали та хімічні реагенти мають зберігатися у спеціально відведених місцях із відповідним маркуванням.

Вентиляція приміщень: У майстернях має бути забезпечена вентиляція для видалення шкідливих парів і газів.

4. Організація безпеки руху

Контроль швидкості: На підприємстві необхідно організувати контроль за швидкісним режимом транспорту на території.

Маркування зон: У місцях підвищеної небезпеки (зони навантаження, стоянки) має бути чітке маркування та встановлені попереджувальні знаки.

План дій у надзвичайних ситуаціях: Підприємство повинно мати затверджений план дій у разі ДТП чи іншої аварійної ситуації.

5. Дотримання нормативних документів

Всі заходи з охорони праці на автомобільному транспорті мають відповідати чинним законам і нормативам, зокрема Кодексу законів про працю України, Закону України "Про охорону праці" та іншим регламентуючим актам.

Дотримання вимог охорони праці на автомобільному транспорті є запорукою безпеки працівників та ефективності роботи підприємства. Системний підхід до організації охорони праці, регулярний контроль та впровадження сучасних технологій дозволяють знизити ризики виробничого травматизму і забезпечити належний рівень безпеки.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що впливають на персонал під час обслуговування транспортних двигунів

Обслуговування транспортних двигунів супроводжується впливом ряду небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно позначатися на здоров'ї персоналу. Для забезпечення безпеки працівників важливо ідентифікувати ці фактори, оцінити їх ризики та розробити заходи для мінімізації впливу.

1. Небезпечні фактори

Рухомі та обертові частини обладнання: Під час обслуговування двигунів існує ризик травмування через необережний контакт з рухомими або обертовими механізмами (шків, вали, ланцюги).

Висока температура: Після роботи двигуна його елементи мають підвищену температуру, що створює ризик опіків.

Ризик вибуху чи пожежі: Через наявність легкозаймистих матеріалів (палива, мастил) можливі випадки загоряння або вибуху при неправильному поводженні.

Робота у замкнених просторах: Обслуговування двигунів у гаражах чи майстернях з поганою вентиляцією може створювати небезпеку отруєння вихлопними газами.

2. Шкідливі фактори

Хімічні речовини: Під час роботи з двигунами персонал контактує з палим, мастильними матеріалами, охолоджувальними рідинами, які можуть спричинити подразнення шкіри чи отруєння.

Шум та вібрація: Робота двигуна створює високий рівень шуму і вібрацій, які можуть негативно впливати на слух, нервову систему та опорно-руховий апарат.

Газоподібні речовини: Вихлопні гази, які містять оксиди вуглецю (CO), азоту (NO_x) та інші токсичні речовини, становлять серйозну небезпеку для органів дихання.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Мікроклімат: Робота у майстернях із недостатнім опаленням чи вентиляцією може створювати дискомфортні умови (підвищена вологість, низька температура).

3. Аналіз впливу факторів

Частота контакту: Регулярний вплив шкідливих факторів (наприклад, хімічних речовин чи шуму) підвищує ризик професійних захворювань.

Інтенсивність: Чим вищий рівень шуму, температура чи концентрація газів, тим серйозніший вплив на здоров'я працівників.

Тривалість впливу: Довготривала робота у шкідливих умовах збільшує ймовірність хронічних захворювань.

4. Заходи зниження ризиків

Організаційні заходи:

Проведення інструктажів із безпеки праці.

Регулярне навчання персоналу щодо правил роботи з обладнанням і матеріалами.

Технічні заходи:

Установка вентиляційних систем для видалення вихлопних газів.

Використання шумозахисних матеріалів у приміщеннях.

Забезпечення ізоляції рухомих частин обладнання.

Індивідуальний захист:

Забезпечення персоналу захисним одягом, рукавичками, окулярами та респіраторами.

Використання протишумових навушників та віброзахисних рукавичок.

Медичний контроль:

Регулярні медичні огляди для своєчасного виявлення професійних захворювань.

Виявлення та аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час обслуговування транспортних двигунів дозволяє розробити ефективні заходи для забезпечення безпеки працівників. Системний підхід до охорони

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

праці, використання засобів індивідуального захисту та створення комфортних умов роботи допомагають знизити ризик травматизму та професійних захворювань.

					<i>КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ</i>	Аркуш
						57
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було досягнуто таких результатів:

- Проаналізовано особливості конструкції й експлуатації двигуна 4ЧН11/12,5. Було встановлено, що цей чотиритактний дизельний двигун є надійним, економічним і здатним працювати в складних умовах.

- Досліджено ефективність використання альтернативного газоподібного палива. Використання природного газу, біогазу, диметилового ефіру чи водню сприяє зниженню викидів шкідливих речовин і підвищенню екологічності транспорту.

- Розроблено рекомендації щодо модернізації паливної системи. Запропоновано технологічні зміни, необхідні для адаптації двигуна до роботи на газоподібному паливі, включаючи впровадження двопаливного режиму.

- Економічно обґрунтовано впровадження альтернативного палива. Розраховано, що річний економічний ефект від впровадження газоподібного палива становить значну суму, а період окупності модернізації є відносно коротким.

- Розглянуто заходи щодо забезпечення охорони праці. Наведено рекомендації з покращення безпеки працівників під час роботи з двигунами, які працюють на альтернативному паливі.

Робота підтверджує перспективність використання альтернативного газоподібного палива в автомобільних двигунах для підвищення їхньої економічності, екологічності та енергоефективності. Виконані дослідження сприятимуть впровадженню сучасних рішень у транспортній галузі та зменшенню негативного впливу транспорту на довкілля.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%9C%D0%97_%D0%94-245.
2. 4ЧН11/12,5. Керівництво з експлуатації, 1999. 180 с.
3. Grieshabe, H., Raatz, T. (2014). Basic principles of the diesel engine. In: Reif, K. (eds) Diesel Engine Management. Bosch Professional Automotive Information. Springer Vieweg, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03981-3_3
4. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах / за редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф Шеховцова. Харків: Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004. Т. 6: Надійність ДВЗ. 421 с.
5. Bennett S. Modern Diesel Technology: Light Duty Diesels. New York: Delmar, 2012. – 412 p.
6. Наливайко В. С., Тимошевський Б. Г., Ткаченко С. Г. Суднові двигуни внутрішнього згоряння : підруч. Миколаїв : Вид-во Торубара В.В., 2015. – 332 с.
7. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах / за редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф Шеховцова. Харків: Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004. Т. 1: Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. 493 с.
8. Challen B., Baranescu R. Diesel Engine Reference Book. Second edition Butter-worth-Heinemann, 1999. – 675 p.
9. Lakshminarayanan P. A., Avinash Kumar Agarwal. Design and Development of Heavy Duty Diesel Engines. Springer, 2020. – 912 p.
10. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.

					КРМ.142.6221м.24.17.00.ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		