

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра технологічних процесів та обладнання переробних і харчових
виробництв

Допущений до захисту
Завідувач кафедри, к.т.н.,
доцент Олексій ТОКАРЧУК

(Підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

“ ___ ” _____ 2023 р.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ
ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

Виконав: студент групи 71-МАШ-маг-3

Дешевий Андрій Вячеславович

Керівник: PhD, ст. викл.

Бурлака Сергій Андрійович

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра технологічних процесів та Інженерно-технологічний факультет
обладнання переробних і харчових
виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ:

завідувач кафедри
к.т.н., доцент Олексій ТОКАРЧУК

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

студенту Дешевому Андрію Вячеславовичу

на тему

«Дослідження впливу температури на експлуатаційні характеристики
системи живлення дизельного двигуна»

затверджену Наказом від «__» _____ 2023 року №

Вихідні дані для підготовки роботи:

1. Методичні вказівки з виконання магістерської роботи.
2. План-проспект магістерської роботи.
3. Підручники та навчально-методичні посібники, статистичні дані.
4. Наукові видання (монографії, книги, збірники, журнали, методики, матеріали ЦНТІ).
5. Методика економічної оцінки результатів досліджень.
6. Дані власних досліджень, одержаних за попередній період.

Календарний план виконання магістерської роботи

Структура роботи		Об'єм, стор.	Термін підготовки	Підпис керівника
Анотація		1	Листопад 2023 року	
Вступ		4	Листопад 2023 року	
Розділ 1	Аналіз палив та їх вплив на процес згорання	24	Листопад 2023 року	
Розділ 2	Теоретичні залежності роботи системи живлення дизельного двигуна	33	Листопад 2023 року	
Розділ 3	Методика проведення експериментальних досліджень визначення експлуатаційних показників системи живлення	19	Листопад 2023 року	
Розділ 4	Результати експериментальних досліджень впливу температури на експлуатаційні показники системи живлення	11	Листопад 2023 року	
Розділ 5	Економічна ефективність запропонованого методу	15	Листопад 2023 року	
Висновки		4	Листопад 2023 року	
Список використаної літератури		8	Квітень 2023 року - листопад 2023 р.	

Термін подання роботи на кафедру

для попереднього захисту «__» _____ 2023 р.

Завдання видано «__» _____ 2023 р.

Завдання прийняв до виконання _____ Дешевий А.В.

Керівник _____ С.А. Бурлака PhD, ст. викл.

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	4
ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ ПАЛИВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРОЦЕС ЗГОРАННЯ	12
1.1 Показники сумішеутворення та паливоподачі у дизельних двигунах...	12
1.2 Аналіз фізико-хімічного складу дизельного палива	13
1.3 Відомості про властивості дизельного палива	14
1.4 Вимоги до якості та стандарти дизельних палив	20
1.5 Технічні характеристики досліджуваного двигуна ЗМЗ 5143	24
2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА	29
2.1 Основні елементи системи живлення дизельного двигуна	29
2.2 Оцінка системи живлення та її вплив на потужність двигуна	37
2.3 Вплив стану ЦПГ та ГРМ на потужність двигуна	40
2.4 Вплив технічного стану газорозподільчого механізму на роботу двигуна	41
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ.....	47
3.1 Аналіз випробування дизельних палив	47
3.2 Вибір обладнання для досліджень	49
3.3 Методика проведення експлуатаційних випробувань	50
3.4 Методика побудови експериментальних залежностей.....	54
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ.....	56
4.1 Вплив дизельного палива марки Л-0,5-62 на потужні показники двигуна	56
4.2 Якісні показники дизельного палива марки З-0,2-35 на потужні показники двигуна	57
4.3 Вплив температури на фізичні властивості і обводнення дизельного палива.....	58
4.4 Рекомендації щодо експлуатації системи живлення дизельного двигуна	62
4.5 Розробка приладу для діагностики герметичності паливної системи	

низького тиску.....	67
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ...	72
5.1 Витрати виготовлення приладу для перевірки герметичності паливної магістралі низького тиску	72
5.2 Економічний ефект застосування приладу для перевірки герметичності паливної магістралі низького тиску.....	75
5.3 Економічна ефективність основних показників дослідницької роботи	77
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

АНОТАЦІЯ

Дешевий А.В. Дослідження впливу температури на експлуатаційні характеристики системи живлення дизельного двигуна.

Рукопис.

Магістерська робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, 2023 р.

Дизельні двигуни є невід'ємною частиною багатьох сфер виробництва та транспорту, і їх нормальна робота залежить від численних факторів, включаючи температуру навколишнього середовища. Дослідження впливу температури на експлуатаційні характеристики системи живлення дизельного двигуна є важливим аспектом забезпечення надійності та ефективності цих двигунів в різних кліматичних умовах.

Ця дипломна робота присвячена систематичному аналізу та дослідженню впливу температури на різні аспекти системи живлення дизельного двигуна, включаючи паливоподачу, засмоктування повітря, роботу пального насоса та форсунок, а також ефективність та викиди. Робота включає в себе лабораторні дослідження та польові спостереження в різних кліматичних умовах для отримання об'єктивних даних.

Результати дослідження вказують на значний вплив температури на якість та ефективність роботи системи живлення дизельного двигуна. Висока температура може призвести до проблем з паливоподачею та підвищення викидів, тоді як низька температура може ускладнити пуск та зменшити робочий об'єм двигуна. Рекомендації щодо оптимальних умов експлуатації системи живлення в різних кліматичних умовах будуть надані на підставі отриманих результатів.

Ключові слова: дизельний двигун, система живлення, температурні умови, паливоподача, засмоктування повітря, паливний насос, форсунки, експлуатаційні характеристики.

ABSTRACT

Deshevyy A.V. Study of the effect of temperature on the operating characteristics of the diesel engine power system.

Manuscript.

Master's thesis for obtaining an educational and qualification level

"Master's" in the specialty 133 Industrial mechanical engineering.

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, 2023

Diesel engines are an integral part of many areas of production and transportation, and their normal operation depends on numerous factors, including the ambient temperature. The study of the effect of temperature on the operational characteristics of the diesel engine power system is an important aspect of ensuring the reliability and efficiency of these engines in various climatic conditions.

This thesis is devoted to a systematic analysis and investigation of the effect of temperature on various aspects of the diesel engine power system, including fuel delivery, air intake, fuel pump and injector operation, as well as efficiency and emissions. The work includes laboratory research and field observations in different climatic conditions to obtain objective data.

The results of the study indicate a significant influence of temperature on the quality and efficiency of the diesel engine power system. High temperatures can lead to fuel problems and increased emissions, while low temperatures can make starting difficult and reduce engine displacement. Recommendations regarding the optimal operating conditions of the power supply system in different climatic conditions will be provided on the basis of the obtained results.

Key words: diesel engine, power system, temperature conditions, fuel supply, air intake, fuel pump, injectors, operational characteristics.

ВСТУП

Відповідно до аграрної політики нашої держави у сільськогосподарське виробництво постачається високопродуктивна техніка. Практично всі потужношвидкісні трактори, самохідні збиральні машини та автомобілі оснащують дизельними двигунами.

Довговічність, надійність та економічність роботи сільськогосподарських машин багато в чому залежить від правильної роботи паливної апаратури автотракторних дизелів. Дизельна паливна апаратура повинна забезпечити рівномірну по циліндрах двигуна подачу палива, величина якої залежить від завантаження двигуна. Паливо надходить у циліндр двигуна в строго певний час та під необхідним тиском.

Промисловість випускає нині кілька типів паливної апаратури. Широко застосовуються рядні паливні насоси, різновидом яких є малогабаритні уніфіковані насоси розподільного типу для двох-, чотирициліндрових дизельних двигунів, а також багаторядні насоси для дво-, чотири-, шести-, восьмициліндрових дизельних двигунів. Одноплунжерні насоси розподільного типу за габаритами та вагомими показниками значно кращі за рядні.

Практика показує, що далеко не всі підприємства та ТОВ витрачають паливо та мастильні матеріали відповідно до технічно обґрунтованих норм. Основною причиною є технічно неправильна експлуатація паливної апаратури. Інженери часто не знають призначення окремих елементів паливної апаратури, зміна їх параметрів у роботі та вплив їх на показники роботи дизельних двигунів. Підбір деталей у комплект та регулювання апаратури часто проводять не кваліфіковано, внаслідок чого витрата палива на одиницю роботи зростає на 15-30%.

Складовою частиною дизельної паливної апаратури є прецизійні деталі, які відрізняються високою точністю виготовлення. Допуски в прецизійних парах дуже малі (від 0,006 до 0,0006 мм), тому дизельне паливо має дуже

ретельно очищатися від води та механічних домішок.

З метою підвищення безвідмовності та більш ефективного використання дизельних двигунів, зниження витрат праці, засобів на технічне обслуговування та ремонт пред'являються високі вимоги до якості та своєчасності діагностування технічного стану, а також проведення регулювань паливної апаратури.

Мета даного дослідження - є дослідження впливу температури на роботу системи живлення дизельного двигуна.

Конкретні цілі дослідження включають:

Вивчення та аналіз впливу різних температурних умов на ефективність та надійність роботи системи живлення дизельного двигуна.

Визначення змін у паливоподачі та роботі пального насоса та форсунок під впливом змін температури.

Вивчення та оцінка викидів залежно від температурних умов та їх вплив на довкілля.

Розробка рекомендацій для оптимізації експлуатації системи живлення дизельного двигуна в різних кліматичних умовах.

Забезпечення більшого розуміння виробникам, експлуатантам та інженерам впливу температури на ефективність роботи дизельних двигунів та покращення їх технічних характеристик.

Об'єкт досліджень - температурні умови, які впливають на роботу цієї системи живлення.

Предмет досліджень – система живлення дизельного двигуна.

Наукову новизну роботи складають:

1. Робота включає в себе аналіз різних аспектів впливу температури на систему живлення дизельного двигуна, включаючи паливоподачу, засмоктування повітря, роботу пального насоса та форсунок. Цей комплексний підхід дозволяє отримати глибше розуміння процесів, які відбуваються в системі живлення.

2. Дослідження враховує вплив різних температурних умов, включаючи як літні, так і зимові температури. Це робить дослідження більш практичним і корисним для реальних умов експлуатації.

3. Результати дослідження дозволять розробити практичні рекомендації для оптимізації роботи системи живлення в різних кліматичних умовах. Це може бути корисним для виробників автомобілів, експлуатантів і інженерів, які працюють з дизельними двигунами.

4. Дослідження також оцінює вплив температур на викиди, що є актуальною темою в сучасних умовах, де звертається увага до зменшення негативного впливу на довкілля.

Методи дослідження: Експериментальні дослідження: Проведення спеціальних випробувань на реальному дизельному двигуні в різних температурних умовах. Під час цих експериментів можна вимірювати показники, такі як викиди, споживання палива, тиск в системі живлення, роботу форсунок та інші характеристики.

Аналітичні методи: Аналіз та обробка даних з попередніх експериментів для визначення впливу температури на показники системи живлення. Використання математичних моделей для прогнозування реакції системи на різні температурні умови.

Вимірювання та тестування: Використання спеціальних приладів для вимірювання температурних параметрів, тиску палива, рівня масла, ефективності пального насоса, роботи форсунок і інших параметрів системи живлення під час реальної експлуатації.

Моделювання та симуляція: Використання комп'ютерних програм для моделювання роботи системи живлення в різних температурних умовах. Це дозволяє прогнозувати вплив температури на характеристики без проведення реальних експериментів.

Лабораторні дослідження: Використання спеціальних лабораторних установок для відтворення умов роботи системи живлення під

контрольованими температурними умовами. Це дозволяє досліджувати певні аспекти роботи системи в ізольованих умовах.

1. АНАЛІЗ ПАЛИВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРОЦЕС ЗГОРАННЯ

Показники сумішеутворення та паливоподачі у дизельних двигунах

У двигунах внутрішнього згорання теплова енергія, необхідна для здійснення механічної роботи, отримується в результаті хімічних реакцій між паливом, що подається в циліндр і кількістю повітря. Час, протягом якого протікають ці реакції в сучасних швидкохідних двигунах, дуже обмежений і становить соті і навіть тисячні частки секунди. Тривалість процесу підготовки суміші палива з повітрям до хімічної реакції залежить від типу сумішеутворення і тактності двигуна.

Способи утворення паливоповітряної суміші і протікання хімічних реакцій зумовлюють ряд вимог, що висувуються до палив, що застосовуються в двигунах внутрішнього згорання. У двигунах із внутрішнім сумішеутворенням (дизелі) паливо подається безпосередньо в циліндр. Початок подачі палива відбувається наприкінці такту стиснення і трохи випереджає момент займання, а частина палива вводиться у процесі згорання. У цих умовах потрібно забезпечити хороше розпилювання палива, при якому дрібні краплі, що утворюються, змішуються з повітрям, що знаходиться в циліндрі.

Необхідно, щоб період процесу згорання палива у циліндрі був невеликим.

Крім зазначених основних вимог необхідно, щоб паливо, що застосовується:

- 1 Забезпечувало швидкий та надійний запуск двигуна незалежно від температури навколишнього середовища;
- 2 Дозволяло здійснити процес згорання без утворення нагару та коксу на поверхнях камери згорання;
- 3 Сприяло зменшенню зносів та корозії дзеркала циліндра, поршневих

кілець та поршня;

4 Забезпечувало умови повного, своєчасного згоряння та зниження кількості токсичних складових у продуктах згоряння.

Сумішоутворення в дизелях здійснюється в кінці такту стиснення та початку такту розширення. Процес займає короткий проміжок часу, що відповідає 20-60 ° повороту колінчастого валу. Процес сумішоутворення в дизелі має такі особливості:

1 Сумішоутворення протікає всередині циліндра і в основному здійснюється в процесі впорскування палива;

2 Порівняно з карбюраторним двигуном тривалість сумішоутворення у кілька разів менше;

3 Горюча суміш, приготована за умов обмеженого часу, характеризується великою неоднорідністю, тобто. нерівномірним розподілом палива за об'ємом камери згоряння.

Сумішоутворення, що починається з моменту надходження палива в циліндр, складається з процесів розпилення палива на дрібні частинки, заповнення розпиленими частинками простору камери згоряння, випаровування частинок і змішування пари, що утворюються з повітрям.

У сучасних автомобільних і тракторних двигунах знаходиться застосування об'ємне, об'ємно-плівкове, плівкове, вихрокамерне та передкамерне сумішоутворення.

Аналіз фізико-хімічного складу дизельного палива

У двигунах внутрішнього згоряння застосовують рідкі та газоподібні палива. Головним джерелом отримання рідкого палива є природна нафта. В результаті її прямої перегонки та спеціальної вторинної переробки отримують бензин, лігроїн, дизельне паливо тощо. Рідке паливо складається в основному із суміші вуглеводнів, які відрізняються за груповим складом, що визначає

вміст у ньому окремих елементів. Груповий склад характеризує вміст у паливі вуглеводнів різних гомологічних рядів. Він визначає основні фізико-хімічні властивості палива та впливає на процеси випаровування, займання та горіння палива.

Основною складовою нафти є вуглеводні: парафіни (алкани) виду C_nH_{2n+2} , нафтени (циклани) виду C_nH_{2n} та ароматичні вуглеводні виду C_nH_{2n-6} та C_nH_{2n-12} . У середньому в нафті міститься 84-85% вуглецю та 12-14% водню, решта азот, кисень та сірка. Вуглеводні, що входять до складу рідких палив, мають в одній молекулі 5-30 атомів вуглецю (у бензині 5-12, у гасі та дизельному паливі - до 30). У дизельному паливі більш цінними компонентами є Н-алкани, які мають нижчу температуру самозаймання, яка, крім того, знижується з укрупненням молекули. Тому як дизельне паливо застосовують більш важкі фракції нафти.

1.3 Відомості про властивості дизельного палива

Дизельне паливо призначене для двигунів внутрішнього згорання із запаленням робочої суміші від стиснення (дизелів). Представляє суміш вуглеводнів гасової, газойлевої та солярової фракцій, одержуваних в результаті перегонки нафти, з температурою кипіння 180-360°С щільністю 0,79-0,86 г/см³.

Якість дизельного палива.

Найважливішими експлуатаційними показниками якості дизельних палив є займистість, фракційний склад, температури помутніння та застигання, коксування тощо.

Займистість.

Займистість - найважливіша властивість дизельного палива. Визначається періодом затримки самозаймання (ПЗЗ), який складається з часу, що витрачається на розпад паливного струменя на краплі, часткове їх

випаровування та змішання парів палива з повітрям (фізична складова), та часу, необхідного для завершення хімічних реакцій та формування вогнищ самозаймання складова).

Температура самозаймання - найменша температура, за якої паливо самозаймається без відкритого джерела вогню. Чим нижча температура самозаймання дизельного палива, тим менший період затримки займання (ПЗВ), тим рівномірніший процес згоряння і м'якше робота двигуна. Процесу самозаймання горючої суміші в дизелі передує інтервал часу - період затримки займання, який триває від початку подачі палива до камери згоряння (КС) до моменту його займання. За час ПЗВ відбувається ціла низка фізико-хімічних процесів: розпилення палива, перемішування його з повітрям, нагрівання до температури стисненого повітря та випаровування. Поруч із цими процесами протікають складні хімічні реакції багатостадійного окислення вуглеводнів. У горючій суміші утворюються нестійкі кисневмісні сполуки, альдегіди тощо, які потім розпадаються. Розпад супроводжується виділенням частини (10-15%) тепла та слабким холодним блакитним свіченням. В результаті передполум'яних реакцій виділяється теплота, підвищується температура пальної суміші, збільшується швидкість хімічних реакцій, холоднополум'яний процес переходить в пальнополум'яний, відбуваються самозаймання та горіння палива. Дизельне паливо складається в основному з парафінових (П), нафтових (Н) та ароматичних (А) вуглеводнів. Найбільш схильні до окислення та самозаймання парафінові вуглеводні. Найбільш стійкі до окиснення ароматичні вуглеводні.

Якщо ПЗВ занадто великий, то суміш займається із запізненням, при цьому в циліндрі дизеля накопичується і займається велика порція палива.

Це викликає різке наростання тиску, з'являються стуки, тобто. дизель працює "жорстко", збільшуються знос деталей, прорив газів у картер двигуна, витрата палива та ін. На малюнку 1.1 наведено розгорнуту діаграму дизельного двигуна.

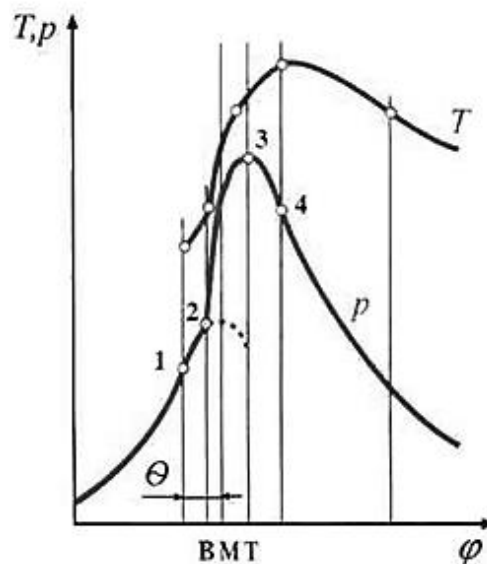


Рисунок 1.1. Розгорнута діаграма дизельного двигуна.

1,2 – період затримки займання; 2, 3 – фаза швидкого горіння; 3, 4 – фаза повільного горіння; 4 і далі - догорання лінії розширення. Θ - кут випередження упорскування.

Оцінкою samozаймистості палива в дизелі є цетанове число (ЦЧ), що залежить головним чином від хімічного складу палива. Значення ЦЧ дизельного палива дорівнює вмісту цетану (у відсотках від об'єму) у суміші з альфаметилнафталіном, еквівалентної по займистості випробуваного палива. Моторний метод визначення ЦЧ дизельного палива за методом збігу спалахів проводиться на спеціальній дизельній установці одноциліндрової ІТ9-3 або ІТ9-3М зі змінним ступенем стиснення за стандартних умов (ГОСТ 3122-67). Випробування полягає у порівнянні samozаймистості випробуваного дизельного палива та еталонного. Підбирають суміш відповідного складу до тих пір, поки займистість випробуваного палива збігається з відомою для еталонного.

Фракційний склад. Фракційний склад поряд із цетановим числом є одним із найважливіших показників якості дизельного палива. Він впливає на витрату палива, димність випуску, легкість пуску двигуна, знос деталей, що

труться, нагароутворення і закоксування форсунок, пригорання поршневих кілець. Вплив фракційного складу палива на робочий процес дизеля багато в чому залежить від типу сумішоутворення двигуна. Чим вище тиск, температура і інтенсивність вихрового руху заряду в камері згоряння двигуна, тим менше впливає фракційний склад палива на процес згоряння. Для швидкохідних дизелів потрібно паливо легшого фракційного складу, ніж тихохідних. Про фракційний склад дизельного палива судять за результатами перегонки палива, що здійснюється у лабораторних умовах на стандартній апаратурі. Найбільш важливими точками фракційного складу є значення температури википання 10, 50, 90 та 96% палива. Температура википання 10% палива характеризує наявність легких фракцій палива, що визначають його пускові властивості. За температуру початку кипіння ($t_{НК}$) приймають температуру пари, коли у холодильник стандартного приладу падає перша крапля конденсату. Для нормального запуску холодного двигуна необхідно щоб температура википання 10% палива була не вище 140-160°C. Температура википання 50% палива (середня випаровуваність) характеризує робочі фракції палива, які забезпечують прогрівання, прийомистість та стійкість роботи двигуна, а також плавність переходу з одного режиму на інший. Для забезпечення нормальної роботи двигуна ця точка повинна бути в межах 250-280°C. Повнота випаровування палива у двигуні характеризується температурою википання 90% та 96% палива. При занадто високих значеннях цих температур хвостові фракції не встигають випаровуватися, вони залишаються в рідкій фазі у вигляді крапель і плівки, які, стікаючи по стінках циліндра, призводять до підвищеного нагароутворення, розрідження олії та форсованого зносу. Температура википання 90% для літніх палив зазвичай перебуває у межах 320-340°C, а 96% - у межах 340-360°C.

Температури помутніння та застигання. Важливими експлуатаційними характеристиками дизельного палива є також його низькотемпературні властивості, що характеризують рухливість палива при негативній

температурі. У дизельному паливі містяться розчинені парафінові вуглеводні, які при зниженні температури кристалізуються. Низькотемпературні властивості оцінюються за значеннями температури помутніння та застигання.

Температура помутніння - це температура, коли він змінюється фазовий склад палива, оскільки поруч із рідкої фазою утворюється тверда. За цієї температури паливо за умов випробування починає каламутніти. При помутнінні дизельне паливо не втрачає плинності. Розміри кристалів такі, що вони проходять через елементи фільтрів тонкої очистки, утворюючи на них тонку плівку. Порушення подачі палива через його помутніння можливе при пуску та прогріві дизеля. Для забезпечення нормальної експлуатації двигуна необхідно, щоб температура помутніння дизельного палива була нижчою за температуру навколишнього повітря.

Температура застигання - це температура, за якої паливо повністю втрачає рухливість. Температура застигання нижче за температуру помутніння на 5-10°C. При зниженні температури кристали парафінових вуглеводнів, що ростуть, утворюють просторову решітку, всередині осередків, якою знаходяться рідкі вуглеводні палива. При температурі застигання палива кристалічна структура настільки зміцнюється, що паливо втрачає плинність і набуває студнеподібного вигляду. Для забезпечення нормальної роботи дизельного двигуна необхідно, щоб температура застигання палива була на 8-12°C нижче температури навколишнього повітря.

В'язкість. Визначають процеси випаровування і сумішоутворення в дизелі, так як від них залежить форма і будова паливного факела, розміри крапель, що утворюються, дальність проникнення крапель палива в камеру згоряння. Нижча щільність і в'язкість забезпечують краще розпилювання палива; з підвищенням зазначених показників якості збільшується діаметр крапель і зменшується повне їх згоряння, в результаті збільшується питома витрата палива, зростає димність газів, що відпрацювали. В'язкість палива впливає наповнення насоса та на витік палива через проміжки плунжерних

пар. Зі збільшенням в'язкості палива зростає опір паливної системи, зменшується наповнення насоса, що може призвести до перебоїв у його роботі. У таблиці 1.1 наведено залежність подачі палива насосом від температури палива

Таблиця 1.1 - Залежність подачі палива насосом від температури палива

Температура палива, °С	+10	-30	-40	-50
Подача насоса, кг/год	850	830	810	300

Нижче наведено залежність в'язкості дизельних палив від температури:

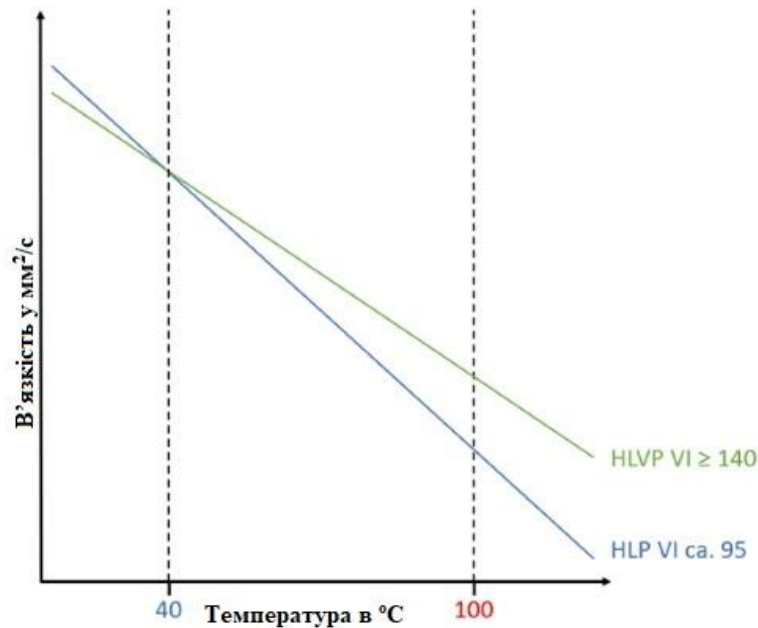


Рисунок 1.2 Залежність в'язкості дизельних палив від температури: 1 – літнє, 2 - зимове

При зменшенні в'язкості кількість дизельного палива, що просочується між плунжером та втулкою, зростає, в результаті знижується подача насоса. Переведення двигуна на паливо з меншою щільністю і в'язкістю може призвести до прогар головок поршня, у зв'язку з чим потрібне регулювання паливної апаратури. Коксування палива

Одна з важливих експлуатаційних властивостей дизельного палива характеризується чистотою двигуна та апаратури палива. При згорянні палива у двигуні утворюються нагар на стінках камери згорання та впускних клапанах, а також відкладення на розпилювачах та голках розпилювачів форсунок. На стінках камери згорання, днищах поршнів та впускних клапанах нагар твердий, темного кольору, а на розпилювачах та голках розпилювачів форсунок він м'який, смолистий, жовтуватого кольору, іноді у вигляді лакової світло-коричневої плівки. Відкладення нагару на стінках камери згорання погіршує відведення теплоти в систему охолодження двигуна, а на впускних клапанах призводить до їх закоксування і, отже, неправильної посадки тарілки клапана на сідло. В результаті такої несправності розжарені гази витікають, і посадкові поверхні клапана та сідла обгорають; в окремих випадках можливе зависання клапана. Нагароутворення у двигуні залежить від наступних показників застосовуваного дизельного палива: коксування, вмісту фактичних смол та сірки, фракційного складу, кількості ненасичених та ароматичних вуглеводнів та зольності.

Коксування - це властивість палива при нагріванні без доступу повітря утворювати кутистий осад - кокс. Коксування визначають для 10%-вого залишку після попередньої перегонки дизельного палива. Коксування 10%-вого залишку палива залежить від його фракційного складу та вмісту смолисто-асфальтових сполук і для дизельного палива повинна бути не більше 0,3%. Підвищення значення цього показника викликає збільшення нагару у двигуні.

Вимоги до якості та стандарти дизельних палив

Нормативи якості для дизельних палив в Україні регулюються стандартами ДСТУ (Державний стандарт України). Детальні вимоги до дизельного пального визначені у декількох стандартах. Основним стандартом,

який визначає вимоги до дизельного пального, є ДСТУ 7687:2015 "Пальне для транспорту. Дизельне пальне. Технічні умови".

Нижче наведені основні параметри і вимоги до дизельного пального згідно з ДСТУ 7687:2015:

1. Показники якості:

- Густина при 15 °С (кг/м³) - від 820 до 845.
- Фракційний склад (об'ємні %):
 - Дистилят до 250 °С - не менше 65% об'єму.
 - Дистилят до 350 °С - не менше 85% об'єму.
 - Дистилят до 370 °С - не менше 90% об'єму.
 - Зольність - не більше 0,01% об'єму.

2. Температура спалаху (закритий тигельний) - не менше 55 °С.

3. Кількість сірки:

- Вміст сірки не повинен перевищувати 0,005% маси.

4. Вміст ароматичних вуглеводнів:

- Вміст ароматичних вуглеводнів не повинен перевищувати 35% об'єму.

5. Вміст парафінів:

- Вміст парафінів не повинен перевищувати 60% об'єму.

6. Вміст води:

- Вміст води не повинен перевищувати 0,03% об'єму.

7. Кількість імпульсних прозорих дестилляційних замірів:

- Максимальна кількість - 200.

8. Вміст грязі та інших домішок:

- Вміст грязі та інших домішок не повинен перевищувати 0,003% об'єму.

9. Вміст вуглеводнів за вмістом синтетичних олив:

- Вміст вуглеводнів за вмістом синтетичних олив не повинен перевищувати 0,02% об'єму.

10. Кількість інших горючих речовин:

- Вміст інших горючих речовин не повинен перевищувати 0,3% об'єму.

Дизельне пальне, яке використовується в різні пори року, може мати деякі відмінності в складі для оптимальної працездатності двигуна в різних умовах. Ось основні різниці між літнім і зимнім дизельним паливом:

Літнє дизельне пальне:

1. **Нижча парафінова точка кипіння:** Літнє дизельне пальне має менше парафіну, що дозволяє знизити температуру застигання. Це робить його більш придатним для використання при вищих температурах.

2. **Вміст антигельвінного додатку:** Літнє пальне може містити антигельвінні добавки, які перешкоджають утворенню парафінових відкладень при низьких температурах, але їх концентрація зазвичай менша, оскільки це рідше потрібно.

3. **Точка замерзання:** Точка застигання літнього дизельного пального зазвичай нижча і розрахована на температури, які характерні для літніх місяців.

Зимнє дизельне пальне:

1. **Вищий вміст парафіну:** Зимнє дизельне пальне має вищий вміст парафіну, що допомагає запобігати застиганню пального при низьких температурах.

2. **Вища точка замерзання:** Точка застигання зимнього дизельного пального зазвичай вища, оскільки воно має залишити робочу рідкість навіть при низьких температурах.

3. **Антигельвінні добавки:** Зимнє пальне містить більше антигельвінних додатків для забезпечення нормальної роботи двигуна при морозі.

Європейські вимоги до якості дизельних палив жорсткіші. Так вимоги EN-590 1993 відрізняються від вимог ГОСТ 305-82 вищими вимогами до цетанового числа, не менше 49. Загальносвітова тенденція зміни вимог до

якості дизельних палив наступна: збільшення цетанового числа, зменшення щільності та вмісту сірки, нормування поліароматичних сполук. З 2000 року в Європі діють норми Євро-3, що встановлюють вимоги щодо цетанового числа не менше 51, по сірці не більше 0,035 масових %, щільності не більше 0,845 г/см³ при нормуванні вмісту поліароматичних сполук, не більше 11% обсягу. У 2004-2005 рр. у Європі запроваджуються вимоги Євро-4, які додатково знижують норматив за вмістом сірки не більше 0,005 масового %.

Значно розрізняються за властивостями та якістю вітчизняні дизельні палива. Зокрема, за масовим вмістом сірки - за ГОСТ 305-82 виробляються два види: з 0,5% сірки та близько 90% з 0,2% сірки для автомобільної техніки не вище за Євро-1. Решта по ряду ТУ із вмістом сірки 500 та 350 мг/кг для дизельних автомобілів Євро-2 та Євро-3. У перспективі мають вироблятися дизпалива за новим ГОСТ Р 52368-2005 із вмістом сірки 350, 50 та 10 мг/кг - для автомобілів, які відповідно відповідають вимогам Євро-3, Євро-4 та Євро-5.

З таким широким діапазоном асортименту та показників палива для автомобільної техніки на світовому ринку вже не стикаються в США, Японії, країнах ЄС та в інших розвинених країнах світу, які за останні десять років практично повністю перейшли на випуск бензинових і дизельних автомобілів нового покоління із застосуванням регульованих систем нейтралізації відпрацьованих газів, систем електронного керування двигуном та його паливною апаратурою з бортовою комп'ютерною діагностикою.

Тому, на майбутній період оновлення та забезпечення паливами змішаного вітчизняного автопарку, слід звернути увагу на низку таких проблем.

Складною проблемою на сьогодні залишається забезпечення автопарку паливами необхідних властивостей та якості, де одночасно перебувають в експлуатації більше половини автопарку автомобілів застарілих моделей не вище за Євро-1 і парк нових моделей Євро-2, Євро-3, що зростає, як

вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. Так, далеко не простими є питання адаптації палив, що надходять в обіг, відповідають вимогам Євро-2, з покращеними екологічними властивостями за вмістом сірки та цетановим числом для дизельних палив, до їх застосування у вітчизняному парку на автомобілях застарілих конструкцій, що не відповідають сучасним екологічним вимогам.

Наприклад, для переважної більшості вітчизняних дизелів, у тому числі нових рівня Євро-2 з механічною системою регулювання, робочий процес, конструкція та випуск яких розраховані для палива за ГОСТ 305-82 з цетановим числом 45 одиниць та вмістом сірки 0,2-0, 5%, застосування в експлуатації палив з ЦЧ вище 50 одиниць може призводити до зміни робочого процесу і, як наслідок, зниження потужності і економічності, підвищення димності, тобто. під нові палива рівня Євро-3 і вище потрібна радикальна модернізація дизельних двигунів, так і паливної апаратури з використанням систем електронного регулювання, що широко здійснюється сьогодні зарубіжними виробниками техніки.

Технічні характеристики досліджуваного двигуна ЗМЗ 5143

Двигун ЗМЗ 514 дизельний - є базовим варіантом сімейства двигунів ЗМЗ, призначеного для встановлення на автомобілі підвищеної прохідності сімейства УАЗ. Дизельний двигун ЗМЗ 514 встановлюється на автомобіль УАЗ Хантер. Уніфікований за основними габаритами та приєднувальними характеристиками із сімейством бензинових двигунів ЗМЗ-406.10.

Дизельний двигун ЗМЗ 5143 має чотирьох клапанну конструкцію газорозподільного механізму з важелевим приводом клапанів, двома розподільчими валами і гідроопорами в головці циліндрів, привід розподільчих валів ланцюгової з натяжними зірочками, робочий процес з об'ємним сумішоутворенням.

Чавунний зі вставними гільзами блок циліндрів, кований із легованої сталі колінчастий вал, ланцюговий привід газорозподільного механізму та масляного насоса, окремий привід ТНВД із зубчастим ременем, забезпечують надійність. Довговічність та стабільність параметрів двигуна.



Рисунок 1.3 Дизельний двигун ЗМЗ 5143

Таблиця 1.3 Технічні характеристики двигун ЗМЗ-5143

Показник	
Кількість циліндрів	4
Робочий об'єм, л	2,235
Ступінь стиснення	19,5
Максимальна потужність (брутто) при частоті обертання колінчастого валу-1, кВт (к.с.)	72 (98) 4000
Максимальний крутний момент (брутто) за частотою обертання колінчастого валу. Нм (кгсм)	216 (22) 2100

Мінімальна питома витрата палива г/кВт (г/лсч)	231 (170)
Діаметр циліндра та хід поршня, мм	87×94
Маса, кг.	225
Тип двигуна	Дизель
Екологія	Правила ЄЕК ООН (ЄВРО 2)

У двигуні ЗМЗ-5143.10 застосовані:

4-клапанна конструкція газорозподільного механізму з двома гвинтовими впускними каналами на один циліндр;

центральне розташування форсунки і камери згоряння в поршні, що охолоджується;

сталева прокладка головки циліндрів;

кований, з легованої сталі, азотований колінчастий вал;

антифрикційні, зносостійкі покриття робочих поверхонь клапанів, поршнів та поршневих кілець.

Зчеплення: тип діафрагмова, номінальна.

Електрообладнання: гідравлічний привід, напруга 12V

Двигун ЗМЗ 5143.10 призначений для встановлення на легкові автомобілі середнього класу, легкі вантажівки, мікроавтобуси, позашляховики із загальною вагою до 3,5 тонн.

Дизельний, швидкохідний, 4-циліндровий двигун з паливною апаратурою типу VE з механічним регулятором, з регульованою системою турбонаддуву та системою рециркуляції відпрацьованих газів.

Блок циліндрів двигуна ЗМЗ 514 відлитий із спеціального високоміцного чавуну, що надає конструкції двигуна жорсткість та міцність. Протоки для рідини, що охолоджує, утворюють сорочку охолодження. Виконані по всій висоті блоку, що покращує охолодження поршнів і зменшує деформацію блоку від перегріву. Сорочка охолодження відкрита у верхній частині у бік головки блоку. У картері блоку циліндрів ЗМЗ 514 встановлені

форсунки, призначені для охолодження олією поршнів.

Головка блоку циліндрів відлита із алюмінієвого сплаву. У ній встановлені впускні та випускні клапани. На кожен циліндр припадає по чотири клапани: два впускні і два випускні. Впускні клапани розташовані з правого боку головки, а випускні – з лівого. У головці блоку циліндрів є посадкові місця під форсунки та свічки розжарювання.

Розподільний вал виготовлений з низьковуглецевої легованої сталі. Кулачки розподільних валів різнопрофільні, розташовані несиметрично щодо своїх осей. На задні торці валів нанесено маркування тавруванням: на впускному валу - "ВП" випускному валу - "ВИП". У двигуні у кожного валу п'ять опорних. Розташованих у головці блоку циліндрів і закритих кришками, розточеними за одне ціле з головкою, тому кришки опор розподільних валів незамінні. У кожного валу знову опорних шийок. Вали обертаються в опорних, розташованих у головці блоку циліндрів і закритих кришками, розточене за одне ціле з головкою, тому кришки опор розподільних валів незамінні.

Від осьових переміщень розподільні вали утримуються упорними напівшайбами, встановленими у виточення кришок передніх опор і вхідними частинами, що виступають, у проточки на перших опорних шийках розподільних валів.

Поршні відлиті з алюмінієвого сплаву. На дно поршня відлита маркування розмірної групи діаметра спідниці поршня (літери "А", "В", "У") і нанесена стрілка, необхідна для правильної орієнтації поршня при встановленні в двигун (стрілка повинна бути спрямована у бік переднього торця блоку циліндрів). Внизу спідниці поршня виконано виїмку, що забезпечує розбіжність поршня з форсункою охолодження. У головці поршня виконані три канавки: у двох верхніх встановлені компресійні кільця, у нижній - маслоснімне. Канавка під верхнє кільце компресійне виготовлена в зміцнюючій вставці з нірезистового чавуну. На кожному поршні встановлені три кільця: два компресійні та одне маслоснімне. Компресійні кільця відлиті з

чавуну. Ось отвори для поршневого пальця зміщена на 0,5 мм у праву сторону (у напрямку руху автомобіля) від середньої площини поршня.

Колінчастий вал відлитий із високоміцного чавуну. Вал має вісім противаг. Від осьового переміщення його утримують напологливі напівшайби, встановлені на середній шийці. До заднього кінця колінчастого валу прикріплено маховик. В отвір маховика вставлені втулка розпору і підшипник носка первинного валу коробки передач.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

Основні елементи системи живлення дизельного двигуна

Форма камери згоряння сильно впливає на якість процесу сумішоутворення, а значить і на потужність та шумність роботи двигуна. Камери згоряння дизельних двигунів поділяються на два основні типи: нерозділені та розділені. Відповідно, мотори з камерами першого типу називаються дизелями з безпосереднім уприскуванням, а другого – з попереднім. На малюнку 2.1 представлені схеми уприскування палива.

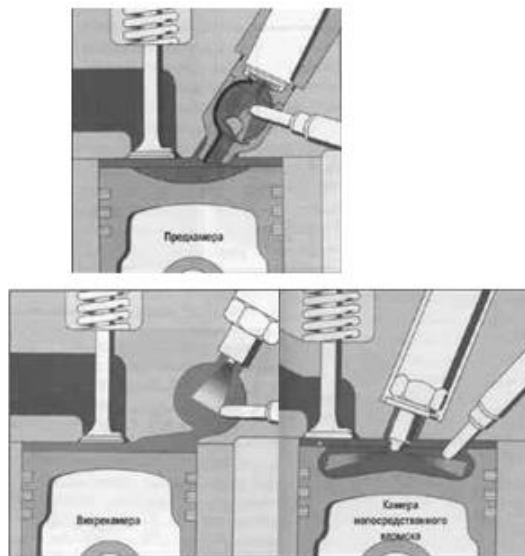


Рисунок 2.1 Схеми уприскування палива дизельних двигунів

Донедавна, безпосереднє уприскування використовувалося на тихохідних дизелях великого обсягу. Хоча такі двигуни економічніші (до 20%) моторів з розділеними камерами згоряння, їх застосування на невеликих дизелях стримувалося труднощами організації процесу згоряння, а також підвищеними шумом та вібрацією, особливо в режимі розгону.

Зараз завдяки повсюдному впровадженню електронного керування

процесом дозування палива вдалося оптимізувати процес згоряння паливної суміші у дизелі з нерозділеною камерою згоряння та знизити шумність до рівня сучасних вимог до двигуна легкового автомобіля. У наш час вже неможливо уявити позашляховик з дизелем, що сходить з конвеєра, без безпосереднього впорскування. При безпосередньому впорскуванні паливо відразу надходить у камеру згоряння, розташовану в днищі поршня. При цьому висуваються високі вимоги до подачі палива та повітря. Паливо повинне рівномірно розподілятися за об'ємом камери згоряння та інтенсивно перемішуватися з повітрям. Для цього використовують форсунки з багатоструменним розпилювачем, а тиск відкриття в залежності від системи впорскування досягає 1700 бар. Декілька років тому на ринку легкового машинобудування домінували дизелі з розділеними камерами згоряння. Впорскування палива в цьому випадку здійснюється не в надпоршневий простір, а в спеціальну камеру згоряння, виконану в головці блоку циліндрів. При цьому розрізняють два процеси сумішоутворення: передкамерний (його ще називають форкамерним) та вихрекамерний.

При форкамерному процесі паливо впорскується в спеціальну попередню камеру, ударяється об стінку і перемішується з повітрям. Зайнявшись, суміш надходить спеціальними каналами в основну камеру згоряння, де і згоряє повністю.

Під час вихрекамерного процесу згоряння також починається у спеціальній окремій камері, тільки виконаній у вигляді порожньої кулі. У період такту стиснення повітря по сполучному каналу надходить у передкамеру і інтенсивно закручується (утворює вихор) у ній. Впоране в певний момент паливо добре перемішується з повітрям.

Таким чином, при розділеній камері згоряння відбувається двоступеневе згоряння палива. Це знижує навантаження на поршневу групу, а також робить звук роботи двигуна м'якшим. Але, як ми вже згадували, економічність такого дизеля гірша, ніж у двигуна з безпосереднім впорскуванням. Тому останні все

частіше займають гідне місце під капотом легкових автомобілів та позашляховиків, хоча передкамерні дизелі все ще випускаються. Нові ж дизельні двигуни розробляються лише з безпосереднім упорскуванням.

Найважливішою ланкою дизельного двигуна є система паливоподачі, що забезпечує надходження необхідної кількості палива в потрібний момент часу та із заданим тиском в камеру згоряння. Головними її складовими є паливний насос високого тиску (ТНВД) та форсунки.

ТНВД, як це випливає з назви, призначений для створення необхідного високого тиску палива та подачі його на всіх режимах роботи двигуна до форсунок, які у свою чергу впорскують його в камеру згоряння. Форсунки і секції ТНВД, що нагнітають, є прецизійними деталями, виготовленими з високою точністю і мають мікронні зазори. Тому системі живлення дизеля доводиться приділяти велику увагу в обслуговуванні та ремонті.

ТНВС. Дані насоси досить складні за конструкцією, але є найнадійнішими. Складаються вони з окремих секцій за кількістю циліндрів дизеля, кожна з яких має гільзу і плунжер, що входить до неї, який приводиться в рух кулачковим валом, що отримує обертання від двигуна. Початок і закінчення циклу нагнітання палива, відповідно і подачі в циліндри, керується рейкою. Секції таких механізмів розташовані, як правило, у ряд, звідси і назва – рядні ТНВД. Подібні насоси, незважаючи на їхню надійність, нині вже практично не встановлюються на легкові автомобілі, хоча їх все ще можна зустріти на двигунах Mercedes OM-606 або Nissan TD-42. На жаль, навіть використання електронного управління рейкою подачі не дозволяє цим ветеранам відповідати сучасним нормам щодо токсичності та димності відпрацьованих газів, що висуваються до невеликих двигунів. Крім того, дизелі, що мають рядні ТНВД, не відрізняються тихою роботою.

Форсунки. Розглянувши системи створення високого тиску палива, варто сказати кілька слів про форсунки. Від справності цього елемента дизельного двигуна багато в чому залежить якість підготовленої для займання

суміші.

Зазвичай застосовуються форсунки з розпилювачами двох основних типів: штифтовим або багатодирчастим. Перші використовуються в дизелях із розділеною камерою згоряння, а другі - у моторах із безпосереднім упорскуванням. Розпилювач форсунки - дуже складний та високонавантажений елемент. Мало того, що він повинен точно впорскувати паливо, що подається під тиском до 2000 бар, він ще й піддається високому нагріванню в камері згоряння (до 900°C). Тому розпилювач форсунки виготовляється із жароміцних сталей із прецизійною точністю.

Турбіни. Як було зазначено вище, економічність дизеля обумовлена тим, що може працювати досить збіднених сумішах. Для згоряння палива необхідне чисте повітря (ідеально - кисень), яке на фазі впуску надходить у циліндр двигуна. Чим більше повітря поміститься в камері згоряння, тим більше палива можна спалити. При цьому виділиться більше енергії, яка перетворюється на поступальний рух поршня - потужність вихідного валу двигуна зростає.

Повітря в циліндр може потрапляти або шляхом всмоктування на впуску атмосферних дизелів, або під тиском, створюваним нагнітачем. Наддув повітря давно використовується на вантажних автомобілях для підвищення потужності, тому що тиск вихлопних газів дизеля в 1,5-2 рази вищий, ніж у бензинового мотора, що дозволяє турбокомпресору забезпечити наддув із найнижчих оборотів. Зараз і легковий дизель не можна уявити без турбіни.

Влаштований цей неодмінний атрибут сучасних дизельних двигунів в такий спосіб. Потік гарячих вихлопних газів із двигуна прямує на лопатки турбінної частини компресора, розкручуючи їх до сотень тисяч обертів, і проходить далі у випускний тракт. Турбінна частина жорстко закріплена на валу компресорної частини нагнітачів, що має лопатки зворотного напрямку. Розкручуючись, вони утворюють тиск чистого повітря у впускному колекторі, а значить і в камері згоряння. Для того щоб надлишковий тиск повітря, що

нагнітається в циліндри, не перевищував розрахункових величин (порядку 1000-1500 бар), нагнітачі обладнують спеціальним клапаном, що перепускає вихлопні гази повз турбінну частину, тим самим, знижуючи її оберти . Невеликим недоліком турбокомпресорів цього є провал за потужністю. Поки двигун не набере 2200-2500 об/хв, достатніх для розкручування нагнітача, наддув повітря в циліндри відбувається не надто ефективно. Щоб уникнути цього, на сучасних дизелях встановлюються нагнітачі із змінною геометрією турбіни. Її рухливі напрямні лопатки перетворюють переріз каналів, якими рухаються відпрацьовані гази, що забезпечує прискорення турбіни при малих оборотах двигуна. Але застосування цього нагнітача стало можливим лише після впровадження електронного керування дизельним двигуном. Такий турбокомпресор, незважаючи на його високу ефективність порівняно з простим, має й істотний недолік. У процесі роботи мотора поступово відбувається закоксування лопаток турбіни геометрії, що змінюється, що неминуче веде до поступового виходу механізму з ладу.

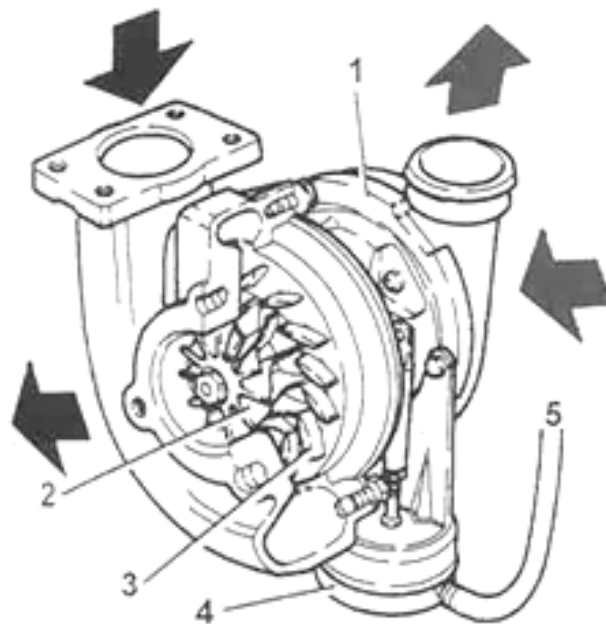


Рисунок 2.2 Схема турбокомпресора зі змінною геометрією турбіни:

1. Компресорна частина нагнітача.

2. Лопатки турбінної частини нагнітача.
3. Лопатки змінної геометрії.
4. Мембранний клапан керування лопатками змінної геометрії.
5. Вакуумна магістраль.

Охолоджувачі повітря (INTERCOOLER) .

Здається, що охолоджувач повітря надувки існує вже цілу вічність і кожен знає, для чого він призначений. Однак досвід показує, що багато власників дизельних автомобілів всерйоз вважають, що це радіатор охолодження турбокомпресора. Внесемо ясність. При нагнітанні повітря в циліндри двигуна за допомогою турбокомпресора він стискається і нагрівається. Як відомо, гаряче повітря має меншу щільність, ніж холодне. Значить, у камері згоряння його поміститься менше. Крім того, підвищення температури негативно позначається на наповненні циліндрів загалом. Встановлений після турбокомпресора радіатор охолодження надувного повітря, який називається intercooler, дозволяє усунути ці негативні ефекти. Маса повітря для приготування робочої суміші збільшується, за рахунок чого можуть бути досягнуті вищі потужнісні характеристики, а також менша витрата палива та димлення.

Сучасний дизельний автомобіль неможливо уявити без електронного управління всіма системами. Основними завданнями електронного управління двигуном є регулювання подачі палива та кута впорскування у всьому діапазоні навантажень та частот обертання колінчастого валу, а також управління турбокомпресором. Електроніка дизеля складається з трьох основних блоків: датчики та пристрої для збору інформації, мікропроцесорний блок для її обробки та виконавчі механізми. Загалом працює ця трійка наступним чином. Блок управління зчитує та оцінює сигнали з датчиків збору інформації (датчик обертів двигуна, температурний, підйому голки форсунки та інше). Виходячи з отриманих даних, мікропроцесор розраховує кількість

палива для впорскування та момент початку упорскування. Після цього розрахункові величини перетворюються на сигнали для виконавчих механізмів (переважно - електромагнітних клапанів).

На відміну від механічних дизелів, в яких від педалі "газу" до ТНВД підходить трос, в моторах з електронним управлінням педаль акселератора - це всього лише пристрій, що показує блоку управління ступінь її натискання. Електронна система управління здатна до самодіагностики. Мікропроцесор постійно порівнює рівні сигналів від датчиків з нормативними, закладеними на згадку, і у разі невідповідності негайно сигналізує про це. Звісно, застосування таких систем значно полегшує пошук несправностей.

Опис системи живлення COMMON RAIL.

Постійно зростаючі вимоги до систем упорскування дизельних двигунів призвели до появи системи, яка випереджає попередників за більшістю показників і має значні можливості для подальшого розвитку. Головними її відмінностями від конкурентів є здатність зміни моменту впорскування палива та високого тиску у широкому діапазоні, а також застосування багатоступінчастого впорскування. В результаті підвищується потужність двигуна при скороченні витрати палива, падають шум та вібрації силового агрегату.

Принцип дії цієї системи є наступним. Паливопідкачуючий насос низького тиску (електричний або механічний) подає паливо ТНВД. Останній постійно нагнітає паливо до магістралі, яка називається рампою. Маючи значний обсяг рампа є акумулятором високого тиску. Його величина чуйно відстежується датчиками, що передають сигнал на електронний блок, який керує роботою електромагнітних клапанів, що скидають тиск у системі або, навпаки, замикають її в залежності від режиму роботи двигуна.

Короткими магістралями паливо з рампи надходить до форсунок, які впорскують його в камеру згоряння.

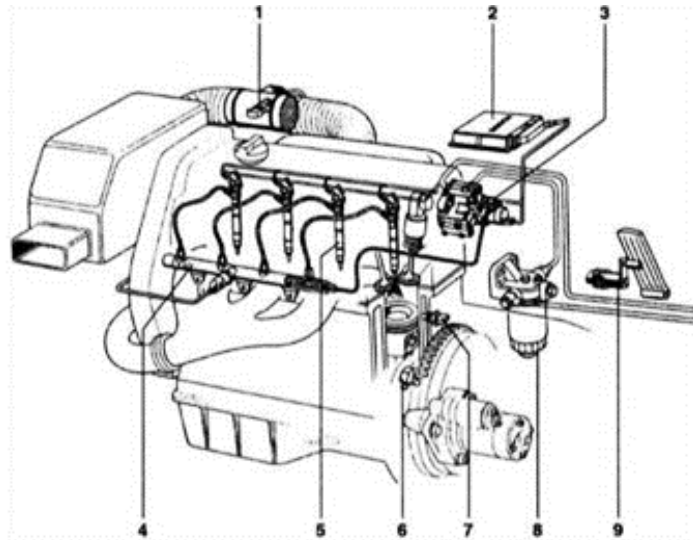


Рисунок 2.3 Схема розміщення елементів системи Common Rail на двигуні:

1. Датчик масової витрати повітря.
2. Електронний блок керування двигуном.
3. ТНВД
4. Рампа (акумулятор тиску).
5. Форсунка.
6. Датчик обертів двигуна.
7. Датчик тиску масла.
8. Паливний фільтр,
9. Датчик положення педалі акселератора.

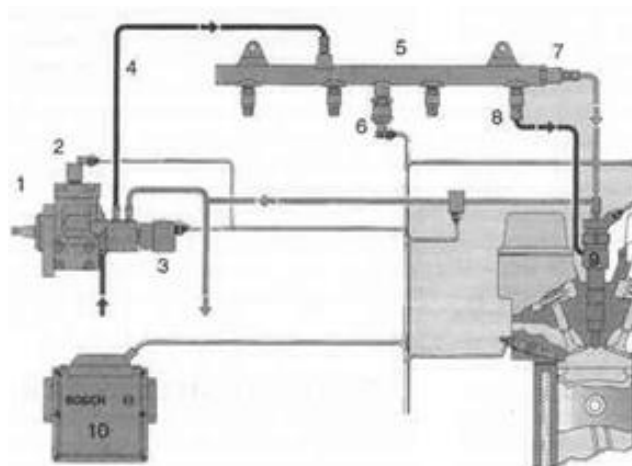


Рисунок 2.4 Принципова схема системи Common Rail:

1. ТНВС.
2. Клапан відключення секції плунжерної.
3. Редукційний клапан.
4. Магістраль високого тиску.
5. Рампа (акумулятор тиску).
6. Датчик тиску.
7. Клапан обмеження тиску.
8. Обмежувач пропускної спроможності.
9. Форсунка.
10. Електронний блок керування двигуном.

У цій системі найскладнішим елементом є форсунка з електромагнітним клапаном. Зате постійно підведений до форсунок високий тиск дає можливість їм багаторазово відкриватися перед основним упорскуванням, роблячи процес згоряння оптимальним. Багато великих автовиробників вважають таку систему паливоподачі найбільш перспективною. Мабуть, вона знаходитиме все більшого застосування. Зараз її можна зустріти на автомобілях BMW X5 3.0, Toyota LC Prado із двигуном 1KD, Mercedes G400.

2.2 Оцінка системи живлення та її вплив на потужність двигуна

Зменшення подачі палива та зниження тиску при упорскуванні – основні несправності системи живлення дизельного двигуна.

Ознаки несправності такі: неможливість пуску або утруднений пуск двигуна, падіння потужності, задимлення, стукіт, нестійка робота або "рознесення" його (двигун важко зупинити).

Причинами зменшення подачі палива, зниження тиску при упорскуванні та неможливості внаслідок цього запустити двигун можуть бути засмічення паливопроводів, забірника в паливному баку або фільтруючих елементів

паливних фільтрів, замерзання води або загусання палива у паливопроводах, наявність повітря в паливній системі, порушення кута випередження упорскування палива, несправності паливних насосів низького та високого тиску. Зменшення подачі палива та зниження тиску при впорскуванні, що призводять до падіння потужності, задимлення та стукоту двигуна, виникають при засміченні системи випуску газів; несправності приводу важеля регулятора (при повному натисканні на педаль подачі палива частота обертання колінчастого валу двигуна не збільшується); наявності повітря у паливній системі; порушення кута випередження упорскування палива (стукіт або задимлення); попадання води в паливну систему (дим білого кольору); надлишку палива, що подається в циліндри (дим чорного або сірого кольору); порушення регулювання або засмічення форсунок; знос плунжерної пари і отворів розпилювача форсунки; забруднення повітряного фільтра.

Рівномірність роботи двигуна порушується при ослабленні кріплення або трубі, що лопнула, високого тиску, незадовільній роботі окремих форсунок, порушенні рівномірності подачі палива секціями ТНВД, несправному регуляторі частоти обертання. Двигун починає працювати хаотично при заїданні рейки ТНВД, поломці пружини важеля її приводу, при попаданні зайвої кількості масла в камеру згоряння через знос циліндропоршневої групи.

Порушення герметичності магістралі низького тиску виникає, як правило, через нещільність у з'єднаннях. Якщо такі нещільності виникнуть у магістралі між паливним баком та насосом низького тиску, то подача палива різко зменшиться, двигун працює нестійко на малій частоті обертання колінчастого валу та зупиняється при збільшенні навантаження. При складанні магістралі досягають повної герметичності, особливо у з'єднань з паливним баком, фільтром грубого очищення та насосом низького тиску.

Засмічення паливопроводів та фільтрів у магістралі низького тиску. Про міру засмічення судять щодо зниження тиску палива на вході в насос високого

тиску. Визначають величину тиску контрольного манометра, який приєднують до отвору під пробку для випуску повітря на фільтрі тонкої очищення. Якщо тиск нижче допустимої межі при герметичних з'єднаннях, то замінюють фільтруючі елементи і перевіряють роботу підкачувального насоса низького тиску.

Несправність низького тиску насоса. Несправності насоса низького тиску викликають падіння його продуктивності та позначаються на пуску та роботі двигуна. Перш за все, утруднюється запуск двигуна, так як на малій частоті обертання колінчастого валу насос подаватиме менше палива і при нижчому тиску. У разі зростання навантаження та при малій подачі палива насосом спостерігається перебої в роботі двигуна, і він не зможе сприймати навантаження. Основними причинами несправностей та порушень у роботі насосів низького тиску є: попадання під клапани сміття, знос стрижня штовхача. При підвищеному зносі основних робочих поверхонь насоса (поршня та циліндра) знижується його продуктивність та падає тиск у магістралі. Зниження продуктивності може також відбутися при зменшенні пружності робочої пружини.

Несправності насоса високого тиску та форсунок. Несправності насоса високого тиску та форсунок при експлуатації можна виявити лише частково, більшість їх визначають лише під час перевірки за допомогою спеціального обладнання. Нижче наведено основні ознаки та характер несправності насосів високого тиску та форсунок.

Утруднений пуск двигуна відбувається внаслідок зносу плунжерів, гільз і нагнітальних секцій насоса, поломки пружин плунжерів, нагнітальних клапанів, зниження тиску впорскування форсунками в результаті втрати пружності пружин штоків, роботи соплових отворів форсунок і порушення оптимального регулювання. Перебої та нерівномірність у роботі циліндрів двигуна пов'язані з порушенням рівномірності подачі нагнітальними секціями насоса, відхиленнями в регулюванні форсунок, зависанням нагнітальних

клапанів, ослабленням з'єднань трубопроводів високого тиску, несправностями всережимного регулятора частоти обертання колінчастого вала. Втрата потужності двигуна залежить від величини подачі палива в циліндри двигуна та протікання процесів займання та згоряння. Недостатня подача викликається несправністю приладів магістралі низького тиску, а також неправильним регулюванням насоса високого тиску та регулятора. Підвищена димність спостерігається при зайвій подачі палива секціями насоса високого тиску, порушенні кута випередження упорскування, зниження тиску відкриття форсунок, заїдання голки та збільшення отворів розпилювача форсунок. При цих несправностях гази, що відпрацювали, мають чорний колір. Кут випередження упорскування впливає початок подачі палива в циліндри двигуна і склад суміші. Зміна кута випередження упорскування у бік випередження або запізнення від оптимального положення призводить до збільшення димлення двигуна. Як очевидно з кривої 1, зміна кута на $4 - 6^\circ$ викликає збільшення димності на 25 - 30%. Така зміна кута випередження упорскування спостерігається практично у 50% дизельних автомобілів, що знаходяться в експлуатації.

Початок упорскування форсункою, що визначається ступенем затягування пружини, впливає на розпилення палива і на момент займання. Зі зменшенням затягування пружини форсунки, а, отже, і зміною тиску впорскування (крива 2) погіршується якість розпилювання і зростає димлення двигуна та падіння потужності на 20%.

Залежність зміни димлення двигуна від навантаження (крива 3) показує, що при нормальному технічному стані приладів системи живлення димлення двигуна зростає в 4 - 5 разів зі збільшенням навантаження двигуна від 25 до 100%.

2.3 Вплив стану ЦПГ та ГРМ на потужність двигуна

Як відомо, знос циліндропоршневої групи викликає зниження величини компресії до 20-25%. Граничниц знос ЦПГ у восьмициліндрових двигунів погіршує їх потужні якості на 8-10% і збільшує на 3-5% чад моторного масла, а також призводить до збільшення викиду з продуктами згорання канцерогенних речовин. Гранична величина зношування циліндрів досягає 400 мкм. При цьому частка пускових внесків становить близько 25%. Угар моторної олії та димлення двигуна є визначальним фактором для здачі його на капітальний ремонт. При зносі циліндрів, поршнів та кілець зазори між ними збільшуються. Погіршується компресія, повітря і газу, що відпрацювали, прориваються з циліндра в картер, а масло з картера проникає в камеру згорання. Такі ненормальні явища, у свою чергу, викликають зниження потужності, збільшення димності, підвищену витрату олії та палива, інтенсивне нагароутворення в камері згорання, а іноді пригорання поршневих кілець.

Вплив технічного стану газорозподільчого механізму на роботу двигуна

Експлуатаційні дефекти ГРМ пов'язані переважно з не щільністю прилягання клапанів та порушенням регульовальних зазорів у клапанному механізмі. Збільшення зазору у впускних клапанів на 0,1 мм (між штангою та коромислом) викликає порушення фаз газорозподілу. Порушення (зсув) фаз газорозподілу призводить до зменшення коефіцієнта наповнення та збільшення коефіцієнта залишкових газів. Зазначені явища викликають погіршення потужності двигуна до 3-4% та збільшення витрати палива на 5-7%. Характерними дефектами деталей ГРМ є: знос і вигорання фасок клапана та його сідла, знос стрижня клапана по діаметру, знос бойка коромисла, втрата пружності та зменшення довжини пружини клапана, знос кулачків та шийок розподільчого валу тощо. Перелічені дефекти супроводжуються зменшенням потужності та економічності двигуна, підсмоктуванням повітря та збідненням

суміші, проривом відпрацьованих газів.

Усі характерні несправності дизельного двигуна, а також методи їх усунення наведені в таблиці.

Таблиця 2.1 Можливі причини несправностей дизельного двигуна

Ознака несправності	Можлива причина	Спосіб усунення	
		3	4
1	2	3	4
Перевірка 1	Чорний або сірий дим під навантаженням, помітніший на високих обертах	Забивання системи подачі повітря	Видаліть забивання
Провірка 2	Чорний або сірий дим під навантаженням, помітніший при високих і середніх обертах. Двигун може втрачати потужність	Забруднені, зношені або невідповідні форсунки	Очистіть або замініть форсунки
Перевірка 3	Чорний або сірий дим під навантаженням, помітніший при низьких і середніх обертах. Двигун працює тихіше, ніж	Запізнюється момент упорскування ТНВД	Встановіть момент упорскування. Відремонтуйте або замініть ТНВД, якщо його стан викликає сумніви

	звичайно.		
Перевірка 4	Чорний або сірий дим під навантаженням, помітніший при низьких і середніх обертах. Двигун працює шумніше звичайного	Занадто ранній момент упорскування ТНВД	Встановіть момент упорскування. Відремонтуйте або замініть ТНВД, якщо його стан викликає сумніви
Перевірка 5	Чорний або сірий дим під навантаженням, більш помітний при низьких і середніх обертах. Утруднений запуск	Низька компресія у циліндрах	Відремонтуйте двигун
Перевірка 6	Випадкові викиди білого чи сірого диму. Може супроводжуватися перепустками "запалювання" або детонацією	Заїдає форсунка	Відремонтуйте або замініть форсунку
Перевірка 7	Чорний чи сірий дим на всіх обертах. Помітна втрата потужності	Низький тиск наддуву (двигуни з турбонаддувом)	Відремонтуйте систему керування наддувом
Перевірка 8	Чорний або сірий	Неправильні	Відрегулюйте

	дим, помітніший на низьких і середніх обертах. Двигун може пропускати "запалювання"	клапанні зазори	клапанні зазори
Перевірка 9	Чорний чи сірий дим на всіх обертах. Двигун також може пропускати "запалювання" або детонувати	Неправильний тип або якість палива	Злийте паливо та залийте нове
Перевірка 10	Чорний або сірий дим на всіх обертах теплового двигуна. Більш помітний на низьких та середніх оборотах	Несправний пусковий пристрій (працюючий на паливі)	Відремонтуйте або замініть пусковий пристрій
Перевірка 11	Білуватий дим при високих оборотах двигуна та при невеликих навантаженнях. Можливий незвичайний запах вихлопних газів	Двигун працює непрогрітим	Усуніть або замініть несправний термостат
Перевірка 12	Білуватий дим при високих оборотах двигуна та при	Пізній момент упорскування ТНВД	Встановіть момент упорскування. Відремонтуйте або

	<p>невеликих навантаженнях.</p> <p>Більше помітний на холодному двигуні.</p> <p>Колір диму змінюється на чорний у разі підвищення температури.</p>		<p>замініть ТНВД, якщо його стан викликає сумніви</p>
Перевірка 13	<p>Білуватий дим при невеликих навантаженнях та нормальній температурі двигуна. Може супроводжуватись детонацією</p>	<p>Витік в одній або кількох форсунках</p>	<p>Відремонтуйте або замініть підозрювані форсунки</p>
Перевірка 14	<p>Блакитний дим при розгоні або роботі двигуна на холостому ході</p>	<p>Витік у сальниках клапанів або знос напрямних втулок або стрижнів клапанів</p>	<p>Замініть сальники або відремонтуйте головку блоку циліндрів</p>
Перевірка 15	<p>Блакитний дим при всіх обертах, навантаженнях та температурах</p>	<p>Зношені поршневі кільця або отвори циліндрів</p>	<p>Відремонтуй ті двигуни</p>

Перевірка 16	Блакитний дим при високих оборотах, знижується при середніх оборотах при всіх навантаженнях	Витік у сальниках турбокомпресора	Відремонтуйте турбокомпресор
Перевірка 17	Блакитний дим при високих температурах і при всіх обертах та навантаженнях	Моторне масло занадто рідке	Злийте стару олію та залийте олію потрібного сорту
Перевірка 18	Блакитний або сіро-блакитний дим із вихлопного отвору системи вентиляції картера	Зношені поршневі кільця або отвори циліндрів	Відремонтуйте двигун
Перевірка 19	Надлишкові масляні пари або крапельки з вихідного отвору системи вентиляції картера	Несправний вакуумний насос (якщо він встановлений)	Відремонтуйте вакуумну систему

Як було сказано в цьому розділі несправності системи живлення та незадовільний стан ЦПГ та ГРМ ведуть до зниження потужності двигуна, збільшення витрати палива та масел.

. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ

3.1 Аналіз випробування дизельних палив

На сьогоднішній день згідно з технічними умовами випускається дизельне паливо трьох марок. Залежно від умов застосування затверджено наступні марки дизельного палива: Л — літнє призначене для застосування від 0°C і вище, З - зимове, що застосовується від -20°C до 0°C, і А - арктичне, що застосовується від -50°C до - 20°C. Ухвалено наступне умовне позначення дизельного палива. Наприклад: Л-0,2-40 – тут Л – літнє, 0,2 – вміст сірки 0,2%, 40 – температура спалаху °С; З-0,2-35 – тут З – зимове, 0,2 – вміст сірки 0,2%, 35 – температура застигання -35°C; у арктичного палива відбивається лише вміст сірки А-0,4 - А - арктичний, 0,4 - вміст сірки %.

Таблиця 3.1 Результати перевірки дизельного палива марки Л-0.5-65.

Показники	Вимоги ДЕРЖСТАНДАРТ 305-73	Результат аналізу
Цетанове число	45 (не менше)	-
Фракційний склад: переганяється при t, С0: 50%	280 (не вище)	276
90%	360	355
В'язкість при 20 С", ст	3,0-6.0	4,2
Температура, Сі:		
помутніння	-5 (Не вище)	-7
Застигання	-10	-11

Спалах	65 (не нижче)	56
Вміст сірки, %	0,5 (не більше)	0,47
Зміст фактичних смол мг/100 мл (не більше)	40	52
Кислотність, мг/100 мл	5	4,0
Коксування 10%-ного залишку, %	0,3	0,29
Випробування на мідній платівці	Витримує	
Вміст водорозчинних кислот та лугів	відсутні	
Вміст води	Відсутнє	0,040
Зміст механічних домішок, %	Відсутнє	0,065

У процесі проведення лабораторних досліджень було проведено аналіз дизельних палив марок Л-0,2-40 та З-0,2-35.

Таблиця 3.2 Результати перевірки дизельного палива марки З-0,2-25

Показники	Вимоги ДЕРЖСТАНДАРТ 305-73	Результат аналізу
Цетанове число	45 (не менше)	-
Фракційний склад: переганяється при t, °: 50%	250 (не вище)	246
90%	340	345
В'язкість при 20 Сі, ст	2,0	2,3
Температура, Сі: помутніння	-20 (Не вище)	-18
Застигання	-25	-21

Спалах	35 (не нижче)	36
Вміст сірки, %	0,3 (не більше)	0.33
Зміст фактичних смол мг/100 мл (не більше)	30	52
Кислотність, мг/100 мл	5	5
Коксування 10%-ного залишку, %	0,3	0.29
Випробування на мідній платівці	Витримує	
Вміст водорозчинних кислот та лугів	відсутні	
Вміст води	Відсутнє	0,040
Зміст механічних домішок, %	Відсутнє	0.065

Механічні домішки у дизельних паливах неприпустимі, а згідно з проведеним аналізом вони присутні.

Механічні домішки в дизельних паливах з'являються внаслідок недбалого транспортування.

Для поліпшення якості дизельних палив на нафтопереробних заводах застосовують присадки: ізопропілнітрат і циклогексилнітрат - підвищення цетанового числа, присадка ПДП - поліпшення низькотемпературних властивостей. Товарні палива для швидкохідних дизелів отримують шляхом змішування газово-газойлевих фракцій прямої перегонки нафти до гідроочищення, і після гідроочищення в такому співвідношенні, щоб забезпечити вимоги ГОСТ 305-82 щодо вмісту сірки.

.2 Вибір обладнання для досліджень

Лабораторні дослідження включали стендові випробування паливної системи за допомогою гальмівного стенду двигунів. Для проведення цих

досліджень та оцінки діагностичних параметрів на основі теоретичного аналізу якості сумішоутворення та літературних джерел був розроблений дослідницький комплекс, який включав дизельний компресометр з межею вимірювання 10-60 кг/см², стенд для перевірки дизельних форсунок КІ 15706. Стенд для регулювання паливних насосів високого тиску КІ-921 МТ, мотортестер М2-2. Цей прилад дозволяє окрім частоти обертання та кута випередження упорскування контролювати ще 9 параметрів двигуна, включаючи потужнісні, а також спостерігати осцилограми впорскування по циліндрах на вбудованому осцилоскопі. Для вимірювання тиску тут використовується датчик, що встановлюється в розрив паливопроводу, дуже точний і ніколи не дає збоїв. Він універсальний та дозволяє, на відміну від накладних імпорتنих тензодатчиків, працювати з будь-якими паливопроводами від 4,5 мм (Merceries) до 10 мм (важка техніка). Недоліком цього датчика є великі габарити та необхідність роз'єднання паливопроводу. При проведенні експериментальних досліджень для отримання достовірної оцінки технічного стану ЦПГ, ГРМ та СЗ використовувалися додаткові діагностичні засоби та прилади. Для оцінки ЦПГ та ГРМ використовувалися пневмотестер К-272, вакууманалізатор КІ-5315, індикатор витрати газів КІ-13671 та прилад для вимірювання тиску в кінці такту стиснення окремих циліндрів двигуна КІ-861. Крім зазначених приладів та діагностичних засобів, використовувався мір'яльний інструмент (нутромір, мікрометр, набір щупів та індикатор годинного типу ІЧ-10), за допомогою якого вимірювалися геометричні розміри елементів ЦПГ та ГРМ на розібраному двигуні.

Визначення складу ОГ проводилося димоміром "Мета-01 МП".

3.3 Методика проведення експлуатаційних випробувань

У процесі експерименту проводилося вимірювання параметрів потужності. Випробування методу проводилося на автомобілях, які прийшли

на посаду діагностики у зв'язку з несправностями, які водії не змогли виявити самотужки.

Несправності випробуваних автомобілів виявлялися за допомогою стандартних засобів діагностики, решта – з використанням тестеру М2-2.

Достовірність отриманих результатів діагностування перевірялася всією сукупністю стандартних засобів, що є на посаді діагностики, а також частковим і повним розбиранням складових частин двигуна (ЦПГ, ГРМ і т.д.).

Технологічні дії щодо усунення та виявлення несправностей здійснювалися за запропонованим нами алгоритмом. При проведенні випробувань не виявлена кількість несправностей, що виникли в СК та двигуна, склала близько 7%, причому близько 5% з них не виявлено через помилки оператора-діагноста.

Для отримання достовірної та точної інформації в процесі експериментальних досліджень нами було знайдено кількість автомобілів, необхідних для проведення випробувань, що визначалося виходячи з прийнятої на практиці довірчої ймовірності $P = 95\%$ з похибкою вимірювань 5%.

Для розрахунку необхідної кількості випробуваних об'єктів достатньо використовувати шість вимірів. Результати проведених вимірів представлені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 Значення параметра СО на різних режимах роботи двигуна

№	Режими перевірки та значення параметра сажі, %	
	n = об/хв	Вільне прискорення
1	15	40
2	14,2	39,6
3	14	41
4	15,5	38,5

5	15	39,2
6	14,3	40

Потім знаходимо інтервали варіювання W , що визначаються як позитивна різниця між сусідніми значеннями для зазначених у табл.3.7 режимів:

$$W1 = 15 - 14,2 = 0,8;$$

$$W2 = 15,5 - 14 = 1,5;$$

$$W3 = 15 - 14,3 = 0,7;$$

$$W4 = 40 - 39,6 = 0,4;$$

$$W5 = 41 - 38,5 = 2,5;$$

$$W6 = 40 - 39,2 = 0,8.$$

Розбивши шість значень отриманих інтервалів варіювання на 3 групи по 2 об'єкти (автомобіля), отримаємо:

$W1, W2$ - 1-а група;

$W3, W4$ - друга група;

$W5, W6$ - третя група.

За вказаними вище даними визначаємо розмах варіювання W_n :

$$W_n = W_n / f, \quad (3.1)$$

де f -число ступенів свободи,

$$f = 1 (n-1), \quad (3.2)$$

де 1 - кількість повторних ухвал, проведених в однакових умовах;

n - кількість автомобілів під час перевірки.

$$W_n = \frac{0,8 + 0,5 + 0,7 + 0,4 + 2,5 + 0,8}{6(2-1)} = 0,95 \quad (3.3.)$$

Тоді знаючи W_n , можна визначити максимальне припустиме відхилення середнього значення від істинного J_p :

$$J_p = \frac{W_n}{d_n \sqrt{n}} t_p (n-1) \quad (3.4)$$

де $\frac{W_n}{d_n \sqrt{n}}$ - помилка середнього значення;

$tp(n-1)$ - значення коефіцієнта Стюдента для ймовірності p при числі вимірювань n ;

dn - постійний коефіцієнт, що дорівнює $dn = 1,693$; для прийнятої ймовірності 95% коефіцієнт Стюдента

$$tp95 = 2,45 \cdot 1 = 0,9.$$

Знаючи знайдені показники, визначаємо необхідну кількість випробуваних автомобілів:

$$n = \frac{[W_n / d_n]^2 \cdot t_p^2 (m - 1) + 1/2m + 2/\sqrt{2m}}{J_p^2} \quad (3.5)$$

Після виконання потрібних розрахунків $n = 30,2$, тобто. при заданій вірогідності довірчої 95% і похибки вимірювань 5% для випробувань потрібно 30 автомобілів.

Прийняті діагностичні параметри – частота обертання колінчастого валу двигуна, вміст сажі у відпрацьованих газах – оцінювалися за стабільністю та інформативністю за допомогою наступних формул:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3.6)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення – стабільність параметра;

\bar{X} – середньоарифметичне значення діагностичного параметра;

X – поточне значення діагностичного параметра;

n – число перевірок.

$$J(\Pi) = \frac{\bar{\Pi}_2 - \bar{\Pi}_1}{\sigma_1 + \sigma_2} \quad (3.7)$$

де $J(\Pi)$ – інформативність діагностичного параметра;

$\bar{\Pi}_1$, $\bar{\Pi}_2$ - середнє арифметичне значення діагностичних параметрів, що відповідають справному та несправному стану аналізованого об'єкта (ЦПГ,

ГРМ);

σ_1 , σ_2 - середньоквадратичні відхилення параметрів розподілів, що відповідають справному та несправному стану об'єкта, що розглядається.

Таким чином, діагностичними параметрами є вміст сажі у %, обороти колінчастого валу двигуна - n об/хв.

3.4 Методика побудови експериментальних залежностей

Побудова залежностей проводилася за отриманими експериментальними точками.

Так, при побудові потужнісних характеристик встановлювалися задані обороти двигуна, у яких вимірювався потужність двигуна. Потім обороти збільшувалися на 500 об/хв-1 і знову після стабілізації показань мотортестера вимірювалася потужність двигуна. Після проведення цієї операції в окрему тару (пляшку) заливалося дизельне паливо іншої марки, і знову вимірювався потужність двигуна, за вказаною вище методикою. Отримані криві оброблялися з допомогою ЕОМ методом найменших квадратів. Для отримання більш точних даних дизельне паливо марки, що перевіряється, використовувалося до кінця. Слід зазначити, що несправності в системах та механізмах двигуна зокрема ЦПГ, ГРМ були відсутні, що дозволило отримати більш точні та достовірні результати.

При проведенні експлуатаційних випробувань дизельне паливо, аналогічно вищевказаному випадку, допалювалося до кінця і заливалося випробуване.

При досягненні певної швидкості руху, на пляшці ставилася мітка, і після певного пробігу визначалася витрата палива. Потім паливо, що залишилося, допалювалося, знову заливалося інше паливо, і при певній швидкості замірялася витрата палива.

Запропонована вище методика побудови отриманих залежностей та проведення експлуатаційних випробувань дає похибку виміру не більше 5-7 %.

На підставі вище викладеного можна зробити висновок, що для отримання точних та достовірних результатів необхідно використовувати кількість автомобілів рівних 30.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ

4.1 Вплив дизельного палива марки Л-0,5-62 на потужні показники двигуна

Аналіз проведених експериментальних досліджень на гальмівному стенді, за визначенням потужності та питомої витрати палива показав, що при використанні еталонного палива потужність двигуна ЗМЗ-5143.10 автомобіля УАЗ "Патріот" становить 72 кВт при 3500 об/хв, а питома витрата палива становить 245 г/кВт * год.

Нижче наведено діаграми випробування зразків палива, взятих на АЗС.

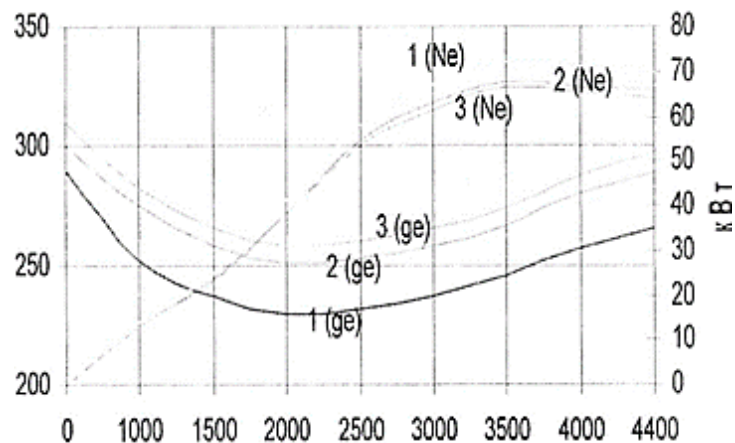


Рисунок 4.1 Результати випробування на паливі марки Л-0,5-65 де:
лінія 1 -результати випробування на еталонному паливі
лінія 2-результати випробування на зразку палива №1
лінія 3-результати випробування на зразку палива №2

При використанні зразка №1 потужність двигуна знизилася на 7%, питома витрата палива підвищилася на 9%. При використанні зразка №2

потужність знизилася на 10%, питома витрата палива підвищилася на 12%. Це відбувається через механічні та інші домішки присутні в паливі, які підвищують в'язкість палива. Ці домішки з'являються внаслідок недбалого транспортування та зберігання палива. Так, наприклад, в одному із зразків палива були явні сліди моторної олії та води. Через це погіршується якість розпилу, якість згоряння палива, внаслідок чого зростає питома витрата палива та падає потужність двигуна.

Якісні показники дизельного палива марки З-0,2-35 на потужні показники двигуна

Нижче наведено діаграми випробування зразків палива, взятих на АЗС.

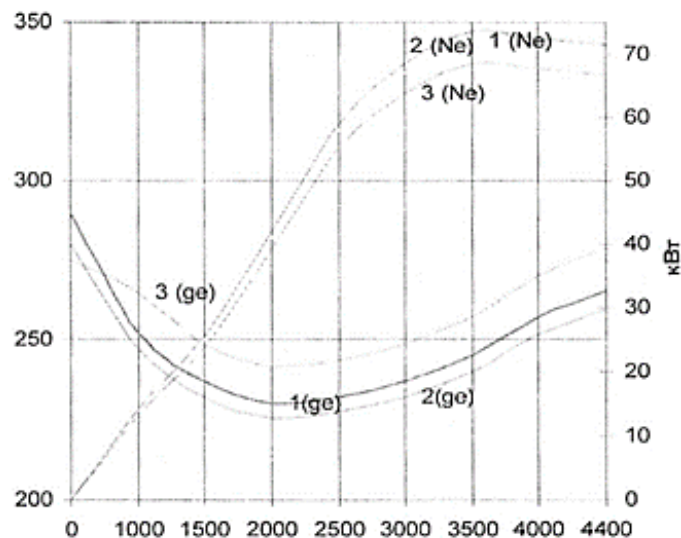


Рисунок 4.2 Діаграма випробування на паливі З-0,2-35

де: лінія 1 -результати випробування на еталонному паливі

лінія 2-результати випробування на зразку палива №1

лінія 3-результати випробування на зразку палива №2

При використанні зразка №1 потужність двигуна збільшилася на 5%, питома витрата палива знизилася на 2%.

При використанні зразка №2 потужність підвищилася на 5%, питома

витрата палива знизилася на 3%.

Збільшення потужності та зниження питомої витрати палива відбувається за рахунок того, що дизельне паливо марки 3-0,2-25 має меншу в'язкість, а відтак покращується якість розпилу та згорання палива.

При роботі дизельного двигуна на форсунках і камері згорання утворюються відкладення, що порушують подачу палива і нормальне протікання робочого процесу. В результаті знижується потужність і економічність двигуна, збільшуються димність і токсичність газів, що відпрацювали.

Застосування дизельних палив не відповідної якості негативно позначається на роботі двигуна та його експлуатаційних та паливо - економічних характеристиках. У зв'язку з цим з'являється необхідність у частому проведенні паливної апаратури ТО, частій зміні паливних фільтруючих елементів.

Застосування дизельних палив відповідної якості дозволяє економити на витратах паливі, т.к. йде зниження витрати палива, дозволяє рідше проводити ТО та заміну фільтруючих елементів.

4.3 Вплив температури на фізичні властивості і обводнення дизельного палива

Одним з недоліків дизельного палива є залежність його основних фізичних властивостей таких як густина та в'язкість залежать від температури. Це проявляється при зміні температурного режиму паливної системи працюючого двигуна, так і температури навколишнього середовища при зберіганні палива. Зі зміною температури палива у паливній системі змінюються його властивості. (рисунок 4.3).

Збільшення в'язкості веде до збільшення крапель у факелі, погіршення розпилення та випаровування палива. Паливо з великою в'язкістю догоряє на

такті розширення , що погіршує економічність двигуна та підвищує димність випускних газів . Великі краплі за рахунок великої кінетичної енергії, що накопичується при впорскуванні збільшують довжину факела. Частина палива потрапляє на стінки камери згоряння. Густина та в'язкість дизельного палива зі зміною температури також не залишається постійної . З підвищенням температури вона зменшується, а стисливість збільшується .

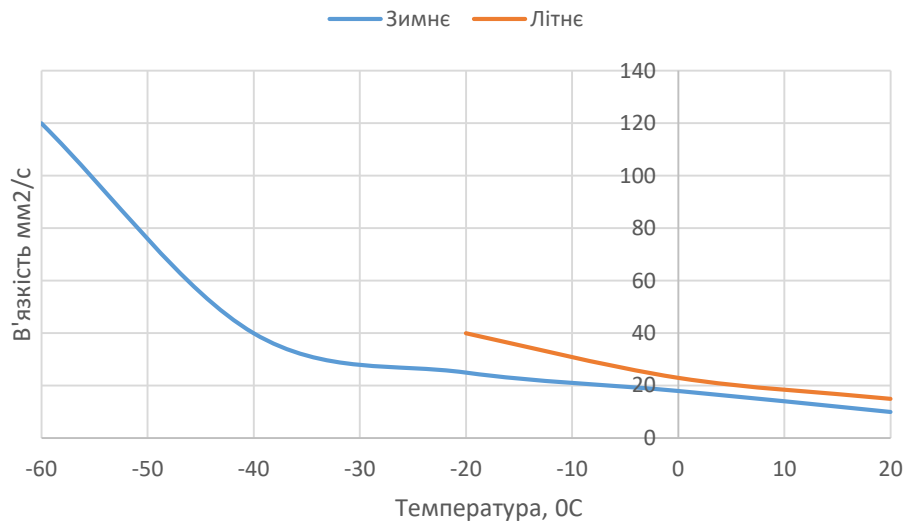


Рисунок 4.3 Залежність в'язкості дизельного палива від температури

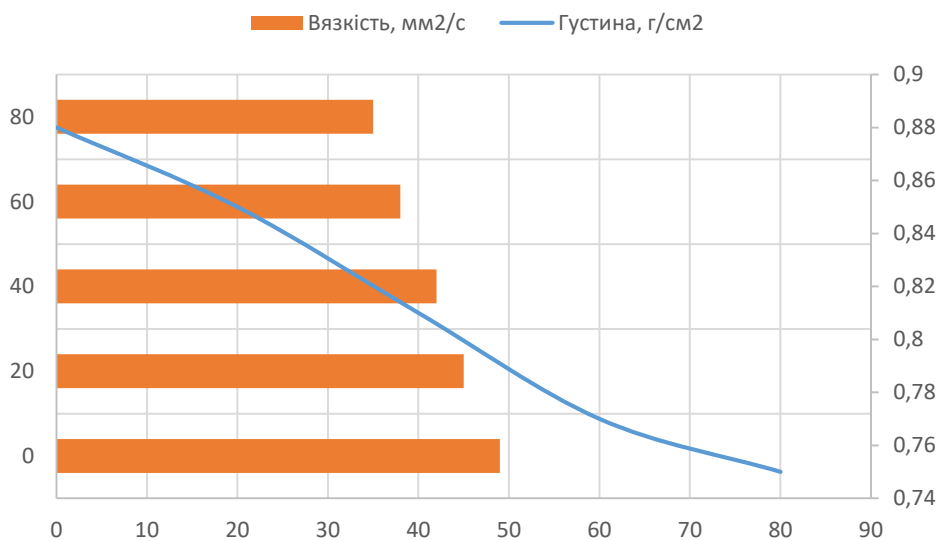


Рисунок 4.4 Зміна густини та в'язкості від температури

З рис. 4.4 видно, що з підвищенні температури від 0 до 80 °C густина

знижується майже на 10%. Якщо у літній період експлуатації тракторів температура палива, що надходить у головку паливного насоса, досягає 75...80 °С, то через зниження густини зменшується циклова подача палива в циліндри двигуна. Зі збільшенням густини підвищується тиск у трубопроводі перед форсункою, зсувається момент початку впорскування і зростає дійсна його тривалість. У такому інтервалі температур стисливість палива збільшується майже на 50%, що позначається на фактичному активному ході плунжера і, отже, на цикловій подачі. Надійність роботи паливної системи двигуна у значній мірі визначається умовами зберігання та застосування дизельного палива. Відомо, що вуглеводневе паливо всіх видів має зворотню гігроскопічність, тобто за певних умов розчиняє атмосферну вологу, а зі зміною цих умов її виділяють з розчинів у вигляді мікрокрапель. Розчинена у вуглеводневих рідинах вода не дисоційована на іони, а знаходиться у вигляді окремих молекул, які розташовані між молекулами вуглеводнів і не асоціюються з вуглеводнями аж до концентрації насичення. Кількість води, розчиненої у вуглеводневому паливі визначається будовою вуглеводнів та їх молекулярної масою. На розчинність води в першу чергу здійснюють вплив такі зовнішні фактори, як температура навколишнього повітря, вологість та тиск. З підвищенням температури розчинність води у всіх нафтопродукти збільшується рисунок 4.5.

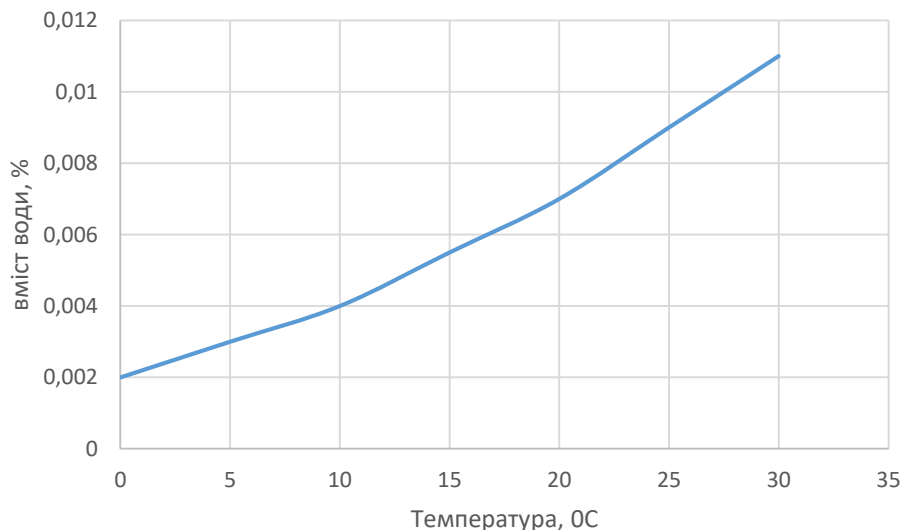


Рисунок 4.5 Залежність розчинності води у паливі від температури

При різкому зниженні температури вода з палива не встигає перейти у повітря і виділяється у вигляді мікрокрапель, утворюючи вільну воду, яка знаходиться в рівновазі. Якщо виділення мікрокрапель води з палива внаслідок зниження температури або тиску відбувається при негативних температурах, то процес супроводжується появою кристалів льоду; при швидкому охолодженні розмір кристалів 4...10 мкм, при повільному 15...40 мкм. Присутність у паливі механічних частинок веде до появи кристалів розміром до 10 мм. У цьому випадку кристали у вигляді снігоподібної маси плавають у паливі. Зміст води у паливі прямо пропорційно відносній вологості повітря та атмосферного тиску в надпаливному просторі; при пониженні зміст розчиненою води у паливі зменшується. При постійних температурі та абсолютній вологості повітря нагрівання палива супроводжується його осушенням. При одночасному підвищенні температури палива та повітря зміст води в паливі, як правило, збільшується ніж вища температура і чим більше різниця температур повітря та палива. Основним джерелом обводнення палива є атмосферна волога. В 1 м³ повітря в залежності від температури може утримуватися значна кількість вологи: при -40 °С - 0,1 г води , а при 30 °С - 35 г води, тобто в 350 разів більше. Багаторазове повторення процесів охолодження та нагрівання палива, пов'язане з характером експлуатації трактора в зимовий час - роботою на відкритому повітрі та стоянкою в теплих гаражах, що призводить до значного обводненню. Атмосферна волога здатна потрапляти у паливо внаслідок її конденсації з повітря на стінках паливних баків за наявності різниці температур між повітрям у надпаливному просторі бака та його стінками. Така конденсація відбувається особливо інтенсивно в тому випадку, коли стінки охолоджуються зовні (наприклад, при виїзді трактора з теплого гаража з малою кількістю палива в баку). Іноді волога з повітря осідає на стінках паливного бака у вигляді інею. Це відбувається

внаслідок того, що під час охолодження паливних баків температура їх стінок значно нижче температури палива та повітря надпаливного простору . Джерелом інею є не тільки водяна пара, що знаходиться в надпаливному просторі на початок охолодження, а й розчинена у паливі вода. Відносна вологість надпаливного простору бака швидко зростає і за певної ступеня охолодження настає насичення. У баку створюються сприятливі умови для інтенсивного утворення інею . У такому середовищі міститься близько 50% води, решту частина складають вуглеводневі фракції, що виділяються з палива. Таким чином, вода в паливі може знаходитися у двох станах: розчиненому та вільному . Особливу небезпека представляє у паливі вода, що у вигляді емульсії високої дисперсності. Її важко виявити в експлуатаційних умовах .

За наявності води у паливі знижується теплота згоряння, погіршується розпилування та випаровування в процесі горіння , зменшується тиск парів палива . У присутності води підвищується схильність палива до окислення та накопичення забруднень у вигляді нерозчинного осаду. Якщо у нафтопродукті є вода, що містяться в ньому активні в корозійному відношенні речовини дисоціюються у водному розчині, утворюючи електроліти та корозія носить електрохімічний характер. Таким чином наявність води у паливі призводить до таких негативних наслідків як погіршення процесу згоряння та корозії деталей паливної системи. Тому це слід враховувати та контролювати наявність води та по можливості видаляти її як перед заправкою машин, так і в процесі експлуатації . Найбільш ефективним способом водовидалення є процес сепарації.

4.4 Рекомендації щодо експлуатації системи живлення дизельного двигуна

Температура має значний вплив на експлуатаційні характеристики

системи живлення дизельного двигуна, включаючи паливоподачу, засмоктування повітря, та роботу пального насосу та форсунок. Ось детальний огляд впливу температури на ці характеристики:

1. **Паливоподача:**

- **Низька температура:** При низьких температурах дизельне паливо може згуститися або утворити віскозні відкладення. Це може перешкоджати подачі пального в систему живлення, особливо в системах безпосереднього вприскування.

- **Висока температура:** При високих температурах паливо може ставати менш в'язким, що може призвести до витікання або перекачування занадто великих об'ємів пального, зокрема в гарячу погоду або при невірному налаштуванні системи.

2. **Засмоктування повітря:**

- **Низька температура:** При низьких температурах щільність повітря збільшується, що може підвищити кількість кисню, доступного для згоряння. Це може поліпшити ефективність згоряння та підвищити потужність двигуна. Однак з низькими температурами може бути складніше роздолати стартові проблеми, оскільки надмірна щільність повітря може призвести до погіршення засмоктування повітря.

3. **Пальний насос і форсунки:**

- **Низька температура:** При низьких температурах олія та інші пальні рідини, які змащують паливний насос і форсунки, можуть стати більш в'язкими, що може призвести до збільшеного зносу та працездатності пального насосу та форсунок. Надто низька температура також може змінювати параметри роботи насоса і форсунок, що може вплинути на якість розпилення пального.

4. **Система пуску:**

- **Низька температура:** Пуск двигуна при низьких температурах може бути ускладненим через віскозність оливи в двигуні, підвищену

стисливість акумулятора та змінений характер роботи пального насосу і форсунок.

5. **Ефективність та викиди:**

- ****Температурний режим** впливає на ефективність згорання пального та викиди. Висока температура може підвищити температуру горіння, що може знизити викиди оксидів азоту (NOx), але збільшити викиди оксидів сірки (SOx). Низькі температури можуть призвести до більших викидів частки (PM) та вуглеводнів (HC).

Для оптимальної експлуатації системи живлення дизельного двигуна в різних температурних умовах, важливо використовувати паливо, оливу та антифриз, які відповідають специфікаціям виробника і призначені для конкретних погодних умов. Також слід забезпечити регулярне обслуговування системи живлення, щоб забезпечити її належну функціональність в усіх умовах.

Рекомендації для експлуатації системи живлення дизельного двигуна при різних температурах повітря включають в себе заходи для забезпечення нормального запуску та роботи двигуна в різних кліматичних умовах. Ось загальні поради для експлуатації дизельного двигуна в залежності від температури повітря:

Влітку (високі температури):

1. **Використовуйте високоякісне паливо:** Переконайтеся, що використовуєте високоякісне дизельне паливо, яке відповідає вимогам виробника.

2. **Зберігайте паливо при відповідних температурах:** Зберігайте паливо при температурі, яка відповідає літнім умовам, щоб уникнути перегріву або витікання.

3. **Контролюйте тиск палива:** Перевіряйте тиск палива в системі живлення, оскільки висока температура може вплинути на роботу пального насосу і форсунок.

4. **Захищайте двигун від перегріву:** Переконайтеся, що система охолодження працює належним чином та подбайте про надмірне перегрівання двигуна під час їзди в спекотну погоду.

Взимку (низькі температури):

1. **Використовуйте зимове дизельне пальне:** Взимку використовуйте дизельне пальне, призначене для низьких температур, з вищим вмістом антигельвінних додатків.

2. **Зберігайте пальне при відповідних температурах:** Зберігайте зимове пальне при температурі, яка відповідає зимовим умовам.

3. **Засмокуйте повітря від нагрітого джерела:** Взимку, якщо це можливо, засмокуйте повітря з грітого джерела, щоб забезпечити кращий запуск та роботу двигуна.

4. **Перевіряйте систему засмоктування повітря:** Впевніться, що система засмоктування повітря не має протікань або місць засмоктування холодного повітря під час руху.

5. **Захищайте двигун від перегріву:** Переконайтеся, що система охолодження працює належним чином і може утримувати температуру двигуна в оптимальних межах навіть в холодну погоду.

Таблиця з результатами може виглядати так:

Параметр	Рекомендації
Тип палива	Використовуйте відповідне дизельне пальне для сезону (літо/зима).
Температура зберігання пального	Зберігайте пальне при відповідних температурах для сезону.
Стан фільтрів палива	Регулярно замінійте фільтри палива відповідно до сезону.
Рівень та якість масла	Перевіряйте рівень та якість масла, особливо в холодний сезон.

Стан акумулятора	Переконайтеся, що акумулятор в хорошому стані і здатний до пуску в холодну погоду.
Система засмоктування повітря	Перевірте систему засмоктування повітря на протікання або місця засмоктування холодного повітря.
Регулярне обслуговування	Дотримуйтесь регулярного графіку обслуговування двигун

Розробка приладу для діагностики герметичності паливної системи низького тиску

Як було сказано вище незадовільний стан паливної магістралі низького тиску сильно впливає на роботу двигуна, його потужність, витрата палива та димність газів, що відпрацювали. Через порушення герметичності магістралі низького тиску подача палива зменшиться, двигун працює нестійко на малій частоті обертання колінчастого валу і зупиняється при збільшенні навантаження. При складанні магістралі досягають повної герметичності, особливо у з'єднань з паливним баком, фільтром грубого очищення та насосом низького тиску.

В даний час ця процедура проводиться водіями. Дана операція дуже трудомістка і не рідко водії самі не можуть виявити несправність або виявляють її з помилкою, а це неминуче веде до додаткових втрат палива, збільшує простої автомобіля на ремонті.

Нижче наведені способи перевірки магістралі без застосування приладу: пускають двигун і на малій частоті обертання колінчастого валу двигуна відвертають зливну пробку фільтра тонкого очищення палива та оглядають струмінь. За наявності в паливі неоднорідностей, бульбашок повітря можна зробити висновок, що магістраль негерметична. При цьому перевіряють усі з'єднання на ділянці від бака до насоса низького тиску та усувають нещільність підтяжки різьблення, заміною непридатних прокладок, муфт, штуцерів або трубопроводів. Цей метод дає загальну оцінку стану паливної магістралі низького тиску, тобто. механік (водій) неспроможна безпосередньо знати місце розгерметизації т.к. немає явних слідів підтікання палива. При використанні цього методу збільшується час простою автомобіля у ремонті, зростає собівартість ремонту.

З метою зниження часу простою автомобіля, збільшення продуктивності в даному дипломному проекті пропонується пристрій для перевірки

герметичності магістралі низького тиску. Даний пристрій здатний безпосередньо вказати місце підтікання палива, що різко збільшить продуктивність праці.

Прилад дозволяє виявляти місця розгерметизації системи живлення по появі бульбашок повітря або підтікання палива. Крім того, пристрій дозволяє швидко заповнити фільтри попереднього очищення при заміні елементів фільтрів. Пристрій приладу показано малюнку 5.1.

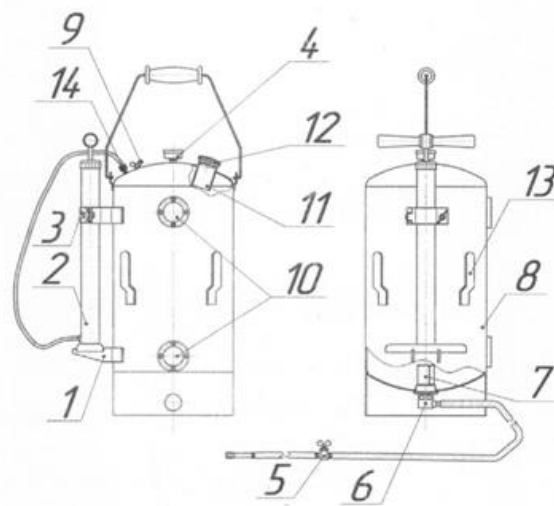


Рисунок 4.6 Прилад для перевірки герметичності паливної системи дизельних двигунів.

1- упор; 2-насос; 3-хомут; 4-манометр; 5 кран подачі палива з бака в магістраль автомобіля; 6- штуцер нагнітального шланга; 7- плаваючий клапан; 8-бак; 9- повітряний кран; 10- вічко для контролю рівня палива; 11 - трубка; 12-заливна горловина; 13 - зачепи для укладання шланга; 14 - зворотний клапан.

Прилад складається з бака 8 на верхній кришці якого змонтовані: зворотний клапан 14 для пропуску повітря в одному напрямку з насоса в бак; манометр 4; заливна горловина 12 з трубою 11, що визначає верхній рівень палива в баку і забезпечує повітряну подушку кришкою меду баку і паливом.

Стиснене повітря забезпечує подачу палива під тиском у міру його

витрачання.

У кришці бака розташований повітряний кран 9 скидання тиску з бака.

На обичайці бака є два вічка 10 контролю рівня палива, хомут 3 і упор 1 для кріплення ручного автомобільного насоса 2. У днище бака вмонтований запірний клапан 7.

При нормальному рівні палива плаваючий клапан 7 знаходиться у верхньому положенні і паливо проходить через отвір в сидлі клапана.

При зниженні рівня палива плаваючий клапан перекриває вихідний отвір, тим самим припиняється надходження палива до шлангу, а паливна магістраль оберігається від попадання повітря.

При положенні рівня палива до $1/4$ ємності бака, що дорівнює 6 л, слід долити паливо через горловину бака.

Перед перевіркою необхідно випробувати прилад. Для цього закривають двоходовий кран 5 і заливають у бак чисте паливо профільтроване (5-6 літрів). Потім закривають кран 9 і насосом накачують в бак повітря до тиску 0,3 МПа. Тиск контролюють манометром 4. якщо тиск не знижується протягом 1 хв, то прилад вважають придатним для роботи.

Перевірку герметичності магістра низького тиску проводять у такому порядку. Від'єднують відвідний паливо дріт від паливного бака і встановлюють на нього заглушку. Півпровід, що підводить, також від'єднують від бака і з'єднують з гумовим шлангом приладу. Потім відкривають кран 5 і паливо під тиском повітря в баку приладу заповнює магістраль низького тиску. Нещільності та місця порушення герметичності виявляють за появою течі палива чи бульбашок повітря. Після усунення несправностей знову перевіряють герметичність приладом.

Зробимо перевірочний розрахунок зварного з'єднання кріплення упору до бака.

Упор служить для установки насоса і сприймає зусилля від впливу рук на ручку насоса, для наших розрахунків приймемо значення цієї сили $F=500$

Н. Місце встановлення упору показано на малюнку 5.2. На малюнку видно, що лінія дії сили розташована ексцентрично до зварного шва, тому розрахунок зробимо на спільну дію зрізу та вигину.

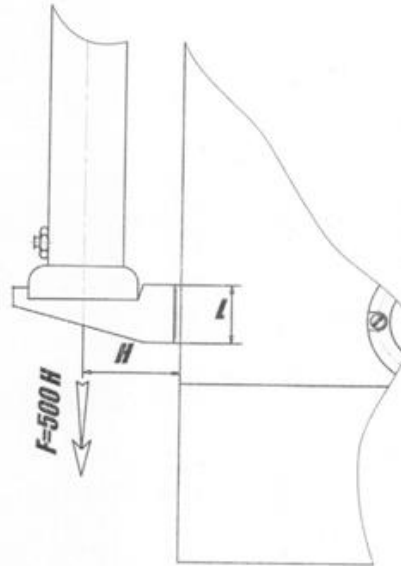


Рисунок 4.7 Встановлення упору на баку приладу.

$$\sigma^0 = \sqrt{\tau_{CP} + \sigma_H} \leq [\tau_{CP}] \quad (4.1)$$

де $\tau_{CP} = \frac{F}{S} \leq [\tau_{CP}]$ – рівняння міцності на зріз.

S-площа зрізу шва, для бокового шва

$$S = 2 * 0,7\delta \cdot l \quad (4.2)$$

b-довжина бічного шва конструктивно у нас l=36мм.

δ -Товщина деталей, що зварюються $\delta = 4$ мм.

де $\tau_{CP} = \frac{F}{S} \leq [\tau_{CP}]$ – рівняння міцності на зріз.

S-площа зрізу шва, для бокового шва

$$S = 2 * 0,7\delta \cdot l \quad (4.3)$$

$[\tau_{CP}]$ -допустима напруга на зріз матеріалу шва:

$$[\tau_{CP}] = \alpha_1 \cdot [\sigma_P] \quad (4.4)$$

α_1 -коефіцієнт, що враховує тип зварювання, для ручного зварювання
 $\alpha_1 = 0,6$

$$[\tau_{CP}] = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ МПа},$$

σ -напруження вигину, що виникає у матеріалі шва:

$$\sigma_{II} = \frac{3F_{1x}H}{1,4\delta \cdot l^2} \quad (4.5)$$

де H -відстань від основи шва до напрямку дії сили. Конструктивно у нас вийшло $H=58\text{мм}$

Підставимо значення (5.1) і обчислимо σ^0

$$\sigma^0 = \sqrt{\frac{198000}{1,4 \cdot 4 \cdot 36} + \frac{3 \cdot 198000 \cdot 58}{1,4 \cdot 10 \cdot 36^2}} = 39 \text{ МПа}$$

$$39 \text{ МПа} < [\tau_{CP}]$$

З розрахунку випливає, що міцність зварювального шва забезпечена.

Запас міцності з'єднання

$$n = \frac{96}{39} = 2,46 \text{ МПа}$$

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ

Як було зазначено вище, в конструкторській частині роботи пропонується прилад для перевірки герметичності паливної магістралі низького тиску. Впровадження, якого дозволяє скоротити витрати праці та час на обслуговування та пошук несправностей. З метою впровадження його на підприємства необхідно прорахувати вартість виготовлення, річний економічний ефект, що приноситься пристосуванням ґрунтуючись на експериментальних даних, та прорахувати термін окупності. На основі даних розрахунків зробимо необхідні висновки щодо доцільності впровадження даного пристосування на підприємства.

.1 Витрати виготовлення приладу для перевірки герметичності паливної магістралі низького тиску

Для того, щоб визначити величину економічного ефекту, визначаємо виготовлення приладу за формулою:

$$З\ ІЗГ = СКД + СПД + СЗ.СБ + СОН \quad (5.1)$$

де СКД – вартість матеріалів корпусних деталей, грн.

СПД - вартість покупних деталей, грн.

СЗ.СБ - заробітна плата робітників зайнятих на виготовленні та складанні, грн.

СОН – загальнонакладні витрати, грн.

Визначаємо вартість покупних деталей, ґрунтуючись на середніх цінах магазинів автозапчастин міста Костанай.

Перелік покупних деталей та їх вартість наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 5.1 Перелік покупних деталей

Найменування	Примітка	Ціна, грн
Насос шинний	1 шт	3000
Шланг гумовий	1 метр	450
Кран двоходовий	1 шт	650
Манометр	1 шт	1500
Метизи		1500
Разом		7100

Визначаємо вартість корпусних деталей:

$$Z = Q * CД \quad (5.2)$$

де: Q – маса матеріалу (за кресленнями) (4 кг), кг

Cд – вартість матеріалу (1200 грн), грн.

$$Z = 5 * 1200 = 6000 \text{ грн}$$

Визначаємо заробітну плату виробничих робітників:

$$СПР.М. = СПР + CД + ССОЦ + СПЕН \quad (5.3)$$

де: СПР - весті виробничих робочих, грн

Cд – додаткова заробітна плата, грн

ССОЦ - відрахування на соціальні потреби, грн

СПЕН - відрахування до пенсійного фонду, грн

Визначаємо заробітну плату виробничих робітників зайнятих на виготовленні:

$$СПР.ИЗГ. = t_{CP} * CЧ * КД \quad (5.4)$$

де: t_{CP} – середня трудомісткість виготовлення, чол-година.

Трудомісткість була прийнята на підставі фотографії робочого дня і складає 20 осіб.

Cч – годинна тарифна ставка виробничого робітника (300 грн – для робітника 4-го розряду), грн.

Кд-коефіцієнт враховує доплати ($Kд = 1,025 \dots 1,030$)

$$СПР.ІЗГ. = 20 * 300 * 1,03 = 6180 \text{ грн}$$

Визначаємо заробітну плату виробничих робітників зайнятих на складанні:

$$СПР.СБ = tCP \text{ СЧ КД} \quad (5.5)$$

де: tCP – середня трудомісткість виготовлення, чол-година.

Трудомісткість була прийнята на підставі фотографії робочого дня і складає 3 особи.

Сч – годинна тарифна ставка виробничого робітника (300 грн – для робітника 4-го розряду), грн.

Кд - коефіцієнт враховує доплати (К = 1,025 ... 1,030)

$$СПРСБ = 3 * 300 * 1,03 = 927 \text{ грн}$$

Визначаємо загальну заробітну плату виробничих робітників:

$$СПР = СПР. ІЗГ + СПР. СБ \quad (5.6)$$

де:

СПР.ІЗГ - весті виробничих робочих зайнятих на виготовленні, грн

СПР.СБ - весті виробничих робочих зайнятих на збиранні, грн

$$СПР = 6180 + 927 = 7107 \text{ грн}$$

Визначаємо відрахування на соціальний податок, який становить 21% від заробітної плати:

$$C_{соц} = \frac{R_{соц} \cdot (C_{пр} + C_{д})}{100} \quad \text{-, ГРН} \quad (5.7)$$

де: R ССОЦ - відрахування на соціальне страхування (21%)

$$C_{соц} = \frac{21 \cdot (7107 + 710)}{100} = 1642 \text{ грн}$$

Визначаємо відрахування до пенсійного фонду, який становить 10% від заробітної плати:

$$C_{пен} = \frac{C_{пр} \cdot 10}{100} \quad (6.8)$$

$$C_{ПЕН} = \frac{7107 \cdot 10}{100} = 710,7 \text{ грн}$$

Визначаємо заробітну плату виробничих робітників:

$$З_{ПР.Н.} = СПР + ССОЦ + СПЕН \quad (5.9)$$

$$З_{ПР.Н.} = 7107 + 1642 + 710,7 = 9459,7 \text{ грн}$$

Визначаємо накладні витрати:

$$C_{ОН} = \frac{C_{ПР.Н.} \cdot 60}{100} \quad (5.10)$$

$$C_{ОН} = \frac{9459,7 \cdot 60}{100} = 5675,6 \text{ грн}$$

Вартість виготовлення пристосування:

$$З_{ІЗГ} = СК.Д + СПД + СЗ. СБ + СО.Н \quad (5.11)$$

$$СИЗГ = 6000 + 7100 + 9459,7 + 5675,6 = 28235,3 \text{ грн.}$$

Економічний ефект застосування приладу для перевірки герметичності паливної магістралі низького тиску

1. Економія палива

$$\mathcal{E}_T = \frac{A_{СП} \cdot L_T \cdot Q_{\Phi} \cdot \Delta Q \cdot C_T}{100 \cdot 100} \quad (5.12)$$

де А СП - облікова кількість автомобілів (20 шт), шт

L_T - річний пробіг автомобіля (20 тис км), км

Q_Ф - середня фактична витрата палива одного автомобіля (10л/100км)

ΔQ - відсоток економії палива, (2%)

СТ-вартість 1 літра палива (85 грн за літр, прийнято за цінами АЗС міста Костанай), грн

$$\mathcal{E}_T = \frac{20 \cdot 20000 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 85}{100 \cdot 100} = 68000 \text{ грн}$$

2. Економія від виключення непотрібних робіт при ТО та ТР із середньому на 2%

$$\mathcal{E}_{TO,TP} = \frac{A_{СП} \cdot L_{Г} \cdot C_{TO,TP} \cdot \Delta C_{TO,TP}}{100 \cdot 1000}$$

де: СТО, ТР - річна заробітна плата ремонтних робітників, що проводять ТО і ТР, віднесена до 1000 км пробігу.

$$\Delta C_{TO,TP} = \frac{\sum C_1 \cdot 1000}{A_{СП} \cdot L_{Г}}$$

де: АСП - облікова кількість автомобілів (20 шт), шт

LГ - річний пробіг автомобіля (20 тис км), км

ΣСІ - загальна заробітна плата робітників, які проводять ТО і ТР, грн

$$\Sigma CI = 3 TO1 + 3 TO2 + CTP$$

$$C TO1 = NTO1 \cdot G TO1$$

$$C TO2 = NTO2 \cdot G TO2$$

де: N - кількість обслуговувань на рік

G - вартість одного обслуговування, грн (прийнято, що вартість одного обслуговування ТО - 1 становить 1500 грн, а ТО - 2 - 3000 грн, ТР - 5000 грн).

$$C TO1 = 80 * 1500 = 120000 \text{ грн}$$

$$C TO2 = 50 * 3000 = 150000 \text{ грн}$$

$$C_{TP} = \frac{20 \cdot 20000}{1000} \cdot 5000 = 2000000 \text{ грн}$$

$$\Sigma CI = 120000 + 150000 + 2000000 = 2270000 \text{ грн}$$

$$\Delta C_{TO,TP} = \frac{2270000 \cdot 1000}{20 \cdot 20000} = 5675 \text{ грн}$$

$$\mathcal{E}_{TO,TP} = \frac{20 \cdot 20000 \cdot 5675 \cdot 2}{1000 \cdot 100} = 45400 \text{ грн}$$

3. Економія від скорочення простоїв під час ТО у середньому на 2%

$$\mathcal{E}_{IP}^{TO} = \frac{A_{СП} \cdot L_{Г} \cdot C_{МС} \cdot \Delta C_{МС}}{100 \cdot L_{TO2}}$$

де: СМС - вартість машинозміни, грн (прийнято 3000 грн)

ΔСМС - відсоток економії коштів за рахунок скорочення простоїв, %

L TO2 – періодичність ТО – 2, км (прийнято для а/м УАЗ 8000 км)

$$\mathcal{E}_{PP}^{TO} = \frac{20 \cdot 20000 \cdot 3000 \cdot 2}{100 \cdot 8000} = 3000 \text{ грн}$$

Сумарна річна економія

$$EG = ET + E_{TO, TP} + \mathcal{E}_{PP}^{TO}$$

$$EG = 68000 + 45400 + 3000 = 116400 \text{ грн}$$

Термін окупності додаткових капіталовкладень визначається за такою формулою:

$$T = \frac{\Delta K}{\mathcal{E}_r}$$

де: ΔK - додаткові капіталовкладення виготовлення пристосування.

$$T = \frac{28235,3}{116400} = 0,24 \text{ роки}$$

У результаті отримуємо, що цей пристрій доцільно впроваджувати на підприємства, т.к. зменшуються простой на ТО, економиться час і паливо на діагностику і цей пристрій швидко окупається.

.3 Економічна ефективність основних показників дослідницької роботи

Розрахунок витрати палива на 100 000 км пробігу

$$G = \frac{S}{100} \cdot V$$

де S - пробіг автомобіля, км

V – витрата палива на 100 км, л

$$G = \frac{100000}{100} \cdot 9 = 9000 \text{ л}$$

Витрати паливо

$$3I = G * CT$$

де: CT – вартість 1 літра палива, грн (прийнято 85 грн)

$$3I = 9000 * 85 = 765000 \text{ грн}$$

Витрати на паливо базового автомобіля розраховуємо аналогічно. Базовим приймаємо автомобіль "УАЗ Патріот", фактична витрата палива якого становить 10 літрів на 100 км.

$$32 = 850000 \text{ грн}$$

Розрахунок економії витрат на пальне

$$3E = 31 - 32$$

$$3E = 850000 - 765000 = 85000 \text{ грн}$$

Розрахунок витрат на заміну фільтрів.

За стандартами паливні фільтри змінюються через 10 000 км пробігу. Що становитиме 10 штук на 100000 км пробігу, якщо використовувати машину на рекомендованих режимах. Заміну фільтрів можна знизити до 7 штук на 100 000 км пробігу.

$$\Phi = K\Phi * Ц\Phi$$

$$\Phi = 7 * 2000 = 14000 \text{ грн}$$

$$\Phi 1 = K\phi * Ц\phi$$

$$\Phi 1 = 10 * 2000 = 20000 \text{ грн}$$

де Φ , Φ - витрати на заміну фільтрів (пропонований, базовий), тенге;

$K\phi$ – кількість фільтрів;

$Ц\phi$ – ціна одного фільтра.

Розрахунок економії витрат на заміну фільтрів

$$\Phi E = \Phi - \Phi 1$$

$$\Phi E = 20000 - 14000 = 6000 \text{ грн}$$

Розрахунок сумарної річної економії

$$3E + \Phi E = 85000 + 6000 = 91000 \text{ грн}$$

ВИСНОВКИ

У процесі виконання експлуатаційного, технічного, організаційно-економічного та інших розрахунків ми дійшли наступних висновків та пропозицій.

Практика показує, що далеко не всі підприємства та ТОВ витрачають паливо та мастильні матеріали відповідно до технічно обґрунтованих норм. Основною причиною є технічно неписьменна експлуатація паливної апаратури. Експлуатаційники часто не знають призначення окремих елементів паливної апаратури, зміна їх параметрів у роботі та вплив їх на показники роботи дизелів.

З метою підвищення безвідмовності та більш ефективного використання дизелів, зниження витрат праці та засобів на технічне обслуговування та ремонт пред'являються високі вимоги до якості та своєчасності діагностування технічного стану, а також проведення регулювань паливної апаратури.

У роботі розглянуто варіант використання автомобілів сімейства "УАЗ" як транспорт для діагностики на СТО.

Для зниження витрат на обслуговування та технічної експлуатації пропонується побудувати станцію технічного обслуговування для діагностики системи живлення дизельних двигунів.

У процесі роботи над дипломною роботою нами було запропоновано заходи (експлуатаційного, технологічного, конструктивного характеру), здатні підвищити ефективність діагностики системи живлення дизельних двигунів і як наслідок знизити їхню собівартість, що є важливим завданням в умовах ринкових відносин. Використання запропонованого в конструкторській частині пристрою дозволить покращити та полегшить умови праці під час ремонту транспорту. Це було кінцевою метою моєї дипломної роботи.

Також у дипломній роботі розглянуто питання охорони праці, техніки

безпеки та екологічної безпеки проекту.

Також здійснено техніко-економічний розрахунок впровадження конструкторської розробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калетнік Г.М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України: навч. посібник. К: Аграрна наука, 2010. 327 с.
2. Семенов В.Г. Україна без нафти: стан і перспективи розвитку виробництва та застосування екологічно чистого біодизельного палива. *Наука та інновації*. 2008. Т.4. № 1. С. 81 - 86.
3. Калетнік Г. М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив – основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 169-176.
4. Гунько І.В., П'ясецький А.А., Бурлака С.А. Система паливоподачі дизельного двигуна з електронним регулюванням складу дозованої паливної суміші. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2017. №2 (97). С.47-51.
5. Рябошапка В.Б. Дослідження впливу кута випередження подачі на експлуатаційні показники роботи дизеля при переведенні його на біодизельне паливо. *Науково-технічний прогрес у розвитку машин і засобів механізації сільського господарства: матеріали науково-технічної конференції, м. Вінниця*. 2008. 4 с.
6. Мельник В. М., Войцехівська Т. Й., Сумер А. Р. Дослідження основних техніко-експлуатаційних характеристик альтернативних видів палива для дизельних ДВЗ. *Машинобудування та транспорт*. 2018. № 2. С. 1-13.
7. Гунько І.В., Бурлака С.А., Єленич А.П. Оцінка екологічності нафтового палива та біопалива з використанням методології повного життєвого циклу. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2018. Том 2. № 6 (267). С. 246–249.
8. British Petroleum. Statistical Review of World Energy. Approximate conversion factors. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-approximate-conversion-factors.pdf> (дата звернення 12.09.2018).

9. Грабар І.Г., Колодницька Р.В, Семенов В.Г. Біопалива на основі олій для дизельних двигунів: Монографія. Житомир: ЖДТУ, 2011. 152 с.
10. Гунько І.В., Галушак О.О. Бурлака С.А. Визначення факторів впливу біопалива на глобальні зміни клімату. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. №3 (102). С. 90–97.
11. Сировина для виробництва біодизельного палива. URL: https://pidru4niki.com/73001/ekologiya/sirovina_virobnitstva_biodizelnogo_paliva (дата звернення 22.11.2023).
12. Анісімов В.Ф., Рябошапка В.Б., П'ясецький А.А. Рекомендації керівникам підрозділів АПК та інженерам сільськогосподарського виробництва щодо використання біодизельного палива в умовах сільськогосподарського виробництва. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Технічні науки*. Вінниця. 2014. Випуск 2 (85). С 200-203.
13. Корчемний М.О., Федорейко В.С., Щербань В.В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручник та посібник, 2001. 984 с.
14. ДСТУ 6081:2009 Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги. [Чинний від 2010-03-01]. Вид. офіц. Київ, 2010. 10с.
15. ДСТУ 7688:2015 Паливо дизельне Євро. Технічні умови. [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2016.
16. Семенов В.Г. Біодизельне паливо для України. *Вісник Національної академії наук України*. 2007. № 4. С. 18-22.
17. Анісімов В.Ф., Яцковський В.І., Музичук В.І., Рябошапка В.Б., П'ясецький А.А. Зменшення впливу фізико-хімічних і біологічних особливостей біопалива на якість роботи двигуна. *Вібрації в техніці та технологіях*. №2(62). Вінниця 2011. С. 114-119.
18. Mahmudul H. M., Hagos F. Y., Mamat R., Adam A.A., Ishak W.F.W., Alenezi R. Production characterization and performance of biodiesel as

an alternative fuel in diesel engines – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. № 72. Pp 497–509.

19. ДСТУ 4840:2007 Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови. [Чинний від 2007-10-03]. Вид. офіц. Київ, 2017. 5 с.

20. Калетнік Г.М., Климчук О.В. Екологічна енергетика – основа розвитку економіки держави. *Збалансоване природокористування*. Науково-практичний журнал. 2013. № 23. С. 14-17.

21. Свирщевский Б.С. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Сельхозгиз, 1958. 660 с.

22. Кіртбая Ю.К. Основи комплексної механізації сільськогосподарського виробництва. К.: Вид-во Укр. акад. с.-г. наук, 1961. 209 с.

23. Фінн Е.А., Варшавський М.Л., Черватюк І.Є. Комплектування машинно-тракторного парку господарства: навч. посіб. Київ: Урожай, 1989. 176 с.

24. Мельник І. І., Сапсай В. І., Барабаш Г. І., Зубко В. М., Чуба В. В. Математична модель визначення оптимального складу агрегатів у рослинництві. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2011. Вип. 41(1). С. 272-278.

25. Малаков О.І., Бурлака С.А., Михальова Ю.О. Математичне моделювання та основи конструювання вібраційних змішувачів. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2019. № 5 (277). С. 30-33.

26. Реферат Перемішування. Види і конструкції мішалок. URL: <https://ukrbukva.net/117379-Peremeshivanie-Vidy-i-konstrukcii-meshalok.html> (дата звернення 10.07.2019)

27. Дишлюк С.М. Світові тенденції виробництва олійних культур та перспективи використання біодизеля. *Економіка АПК*. 2008. № 1. С. 145-150.

28. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник; за ред. Д. Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 446 с.

29. Рябошапка В.Б. Обґрунтування експлуатаційно-технологічних параметрів роботи орних машинно-тракторних агрегатів при використанні біодизельного палива: дис. канд. технічних наук: 05.05.11. Вінниця, 2016. 198 с.

30. Рябошапка В.Б. Розрахунок та порівняння кривих тепловиділення тракторного дизеля при роботі на дизельному паливі та біопаливі за допомогою нової математичної моделі. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* № 3 (92). Вінниця. 2015. С 89 - 94.

31. Шуляк М.Л. Підвищення ефективності машинно-тракторних агрегатів з використанням біодизельних палив: дис. канд. техн. наук: 05.05.11. Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенко, 2012. 165 с.

32. Семенов В.Г. Комаха В.П., Рябошапка В.Б. Моделювання процесу згорання в тракторних і комбайнових дизелях, працюючих на різних видах палива за допомогою уточненої моделі І. І. Вібе шляхом апроксимації експериментальних даних. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* № 1 (91). Вінниця. 2015. С. 52 - 58.

33. Поляков А.П., Нгаяхи Аббе К.В., Галушак О.О., Бишко М.О., Заверуха Ю.В. Дослідження впливу на техніко-економічні та екологічні показники дизеля переведення його на роботу на біодизельне паливо. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* 2012. No 1. С. 61-69.

34. Галушак О.О. Поліпшення показників автомобіля шляхом впливу на робочі процеси дизеля при роботі на суміші палив: дис. канд. техн. наук: 05.22.02. Вінниця, 2017. 178 с.

35. Бурлака С.А. Удосконалення системи живлення дизельного двигуна для роботи на біопаливі та його сумішах. *Science, society, education:*

topical issues and development prospects: Abstracts of VI international scientific and practical conference, Kharkiv, Ukraine, 10-12 may 2020 p. 2020. С. 205-212.

36. World's Top Export. URL: <http://www.worldstopexports.com/corn-exports-country/> (дата звернення:12.09.2020).

37. L. Raslavičius, Ž. Bazaras. The analysis of the motor characteristics of D–RME–E fuel blend during on-field tests. *Transport. №24(3)*. Vilnius, Vilniaus gedimino technikos universitetas Academia Scientiarum Lithuaniae:, 2009. P. 187-191.

38. Грабар І. Г., Колодницька Р. В., Семенов В. Г. Біопалива на основі олій для дизельних двигунів: монографія. Житомир: ЖДТУ, 2011. 152 с.

39. Система живлення дизельного двигуна з електронним регулюванням складу суміші: Пат. 125234, МПК F02M, 37/00. № 201705789; заявл. 12.06.2017; опубл. 10.05.2018, Бюл. № 9. 4 с.

40. Бурлака С.А. Оцінка викидів автотранспорту на основі моделі GREET. *Наука III тисячоліття: пошуки, проблеми, перспективи розвитку : IV міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Бердянськ, 22-23 квіт. 2020 р. 2020. С. 171—172.*

41. Семенов В.Г., Атамась А.І. Аналіз можливостей використання біодизельних палив рослинного походження. *Сучасні проблеми двигунобудування: стан, ідеї, рішення: матеріали III-ої всеукраїнської конференції, Первомайськ. 2009. С. 114 - 119.*

42. Семенов В.Г., Рябошапка В.Б. Про можливості використання біодизельного палива в сільському господарстві. *Сучасні проблеми землеробської механіки: матеріали XIII міжнародної наукової конференції, Вінниця. 2012. С. 36 - 37.*

43. Гунько І.В., Бурлака С.А. Математичне моделювання роботи системи живлення дизельного двигуна працюючого на біопаливі з дросельним регулюванням складу паливної суміші. *The scientific heritage. 2020. № 50. С. 34-38.*

44. Іванов М.І., Переяславський О.М., Шаргородський С.А., Закревський В.П., Гречко Р.О. Статичні характеристики насосів типу PVC 1. *Промислова гідравліка і пневматика*. 2018. №1. С. 79-92
45. Калетнік Г.М., Шаргородський С.А., Браніцький Ю.Ю. Розробка кінематичної схеми причіпного комбайна для збирання енергетичної верби. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. № 3 (102). С. 11- 21.
46. S. Shargorodsky, V. Turych, N. Veselovska, V. Rutkevveh. Investigation of the process of thread extrusion using the ultrasound. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 6/1 (97). 2017. Pp. 60 - 68
47. Smailys V., Senčila V., Marchenko A., Prochorenko A., Osetrov A., Bereišienė K. Assessment of chemmotological properties and problems of practical implementation of vegetable oils derived fuels. *Jura Ir Aplinka*. 2004. № 2(11). P. 65-75.
48. Бурлака С.А. Розробка змішувача біодизельного палива та моделюванням процесу змішування. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2020. №1 (11). С. 11-17.
49. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. К.: Вища освіта, 2005. 446 с.
50. Barabash V. M., Abiev R. Sh., Kulov N. N. Theory and Practice of Mixing: A Review. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2018, Volume 52, Issue 4, pp. 473-487.
51. Symak D., Gumnitsky J., Atamaniuk V., Nagurskyu O. Investigation of physical dissolution of benzoic acid polydisperse mixture. *Chemistry and Chemical Technology*. 2017. Volume 11. Issue 4. Pp. 469–474.
52. ДСТУ ГОСТ 7057:2003. Трактори сільськогосподарські. Методи випробування. Вид. офіц. Київ, 2003. 13 с.
53. Блезнюк В.М., Козаченко О.В., Блезнюк О.В. Практикум з технічної експлуатації і обслуговування машин. Харків: ХНТУСГ, 2006.

54. Лебедев А.Т., Лебедев С.А., Погорілий В.В. Енергозберігаючий режим руху тракторного агрегату на гоні. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Випуск 107 «Механізація сільськогосподарського виробництва». 2011. Том 2. С. 5-11.

55. Бурлака С.А., Явдик В.В., Єленіч А.П. Методи досліджень та способи оцінки впливу палив з відновлюваних ресурсів на роботу дизельного двигуна. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2019. №2 (271). С. 212–220.

56. Семенов В. Г., Зінченко О. А. Визначення хімічного складу альтернативних палив рослинного походження методом газорідинної хроматографії. *Збірник наукових праць. ХарДАЗТ*, 2002. Вип. 52. С. 66-74.

57. Анісімов В. Ф., Яцковський В. І., П'ясецький А. А. Рябошапка В. Б. Напрямки створення багатопаливних двигунів на базі дизельного циклу. *Промислова гідравліка і пневматика*. 2011. №2 (32). С. 100-105.

58. Лабухов П.М., Геронімуc В.Б., Минкевич Л.М., Шеховцев Б.А. Теорія подібності і розмірностей. М.: Вицашкола, 1998. 206 с.

59. Лукомський Я.І. Теорія кореляції і її застосування до аналізу виготовлення. М.: Госстиздат, 1991. 120 с.

60. Основний обробіток під цукрові буряки. URL: <http://agrosience.com.ua/plant/52-osnovnyi-obrobitok-tsukrovi-buryaku> (дата звернення 12.12.2019).

61. Григор'єв М.А., Пономарев Н. Н., Карпенко В. В. Методика оцінки ресурсу двигуна залежно від ресурсів його деталей. М.: Автомобільна промисловість, №10, 1979. С.4–6.

62. Анісімов В. Ф., П'ясецький А. А. Випробування автотракторних дизельних двигунів внутрішнього згорання. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Трактори і автомобілі” для студентів факультету механізації сільського господарства спеціальності 6.100102

«Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». Вінниця: ВНАУ, 2013.

63. Семенов В. Біодизельне паливо для України. *Вісник Національної академії наук України*. 2007. № 4. С. 18-22.

64. Семенов В.Г., Васильєв І.П., Атамась А.І. Показники дизеля під час роботи на біодизельних паливах рослинного та тваринного походження. *Вісник Кремен. держ. політ. університету ім. Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського*, 2009. № 2 (55). Т. 1. С. 78 – 81.

65. Поляков А.П., Галушак О.О. Математична модель системи «Двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив». *Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ"* Луцьк, 2014. Випуск № 45. С. 438-443.

66. Murugesan A., Subramanian R., Nedunchezian N. Biodiesel as an alternative fuel for diesel engines. *Renew sust energy rev*. 2009. P. 653-662.

67. Мишин І.А. Довговічність двигунів. Л.: Машинобудування, 1986. 288 с.

68. Музичук В.І., Анісімов В. Ф. Організація робіт підприємств технічного обслуговування: навчальний посібник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2012. 240 с.

69. Музичук В.І., Нахайчук О.В., Комаха В.П. Визначення змісту і об'єму робіт при технічному сервісі. *Зб.наук.пр. ВНАУ. Серія: Технічні науки*. Вінниця: ВНАУ, 2012. № 11 (65). С. 242–247.

70. Серєда Л.П., Холодюк О. В., Григоришен В. М. Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт з дисципліни “Система машина-поле” для студентів за напрямом підготовки 6.100102 – “Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва” факультету механізації сільського господарства стаціонарного, заочного і дистанційного навчання. Вінниця: ВНАУ, 2013.

71. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. V. 6. № 1. P. 34-40.
72. Окоча А. І., Антипенко А. М. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали. К.: Урожай, 1996. 336 с.
73. Артёмов М.П. Вплив динаміки машинно-тракторних агрегатів на їх функціональну стабільність. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Випуск №7. Серія: Технічні науки. Машиновикористання у рослинництві та тваринництві. Вінниця. 2011. С. 5 - 10.
74. Анісімов В. Ф., П'ясецький А. А., Рябошапка В. Б. Розрахунок і побудова тягової характеристики трактора та динамічної характеристики автомобіля. Методичні вказівки до виконання курсової роботи студентами спеціальності 6.100102 "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва. Вінниця: ВНАУ, 2010.
75. Книга 2. Механізовані польові роботи. Норми виробітку та витрати палива на основний обробіток ґрунту та методика їх розрахунку. К.: ТОВ "Комплекс Віта", 1995. 280 с.
76. Ільченко В. Ю., Карасьов П. І., Лімонт А. С. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. К. Урожай, 1993. 288 с.
77. Бурлака С.А. Робота двигуна Д-240 при використанні біопалива обробленого ультразвуком. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту*: VIII міжнародна науково-практична інтернет-конференція, м. Вінниця 14-15 квітня 2020 р. 2020. С. 71-74.
78. Єльченко В. Ю., Карасьов П. І. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. К.: Урожай. 1993. 288 с.
79. Бурлака С.А. Вплив емульгованих палив на характеристики розпилення. *Інноваційні розробки в аграрній сфері: Міжнародна науково-практична конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ»*. м. Харків. 7-8 травня 2020 р. 2020. С. 4-6.

80. Гунько І.В., Ярощук Р.О., Бурлака С.А. Вибір оптимальної методики покращення складу сумішевого біопалива з рослинних олій. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2018. №4. С. 123–127.

81. Бурлака С.А. Використання екологічних показників дизельних двигунів для визначення їх технічного стану. *Сучасний рух науки: X міжнародна науково-практична інтернет-конференція*, м. Дніпро. 2-3 квітня 2020 р. 2020. С. 174-178.

82. Бойчик І.М. Економіка підприємства: підручник. К.: Кондор Видавництво, 2016. 378 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Технічні характеристики експериментального обладнання та засобів

Таблиця А.1 – Основні технічні дані стенда КИ – 5542 ГОСНИТИ

№	Показник	Одиниця виміру	Норма
1.	Електромашина: а) тип б) марка в) потужність г) синхронна частота обертання ротора	кВт об/хв	балансирна, асинхронна з фазовим ротором 4АНК 37 1000
2.	Діапазон регулювання частоти обертання ротора електромашини: а) в режимі двигуна б) в режимі генератора	об/хв	500 - 950 1100 - 2000
3.	Вимірювання частоти обертання ротора: а) границі вимірювання	об/хв	тракторний тахоспідометр 0 - 2500
4.	Вимірювання витрати палива а) інтервал зважування б) допустима похибка	г г	вага циферблатна 100 - 2500 +/- 2,5
5.	Найбільша гальмівна потужність стенда при 2000 об/хв	к.с.	100
6.	Регулювальний реостат а) ємкість баку	л	рідинний з охолодженням проточною водою, 300л
7.	Номінальний вимірювальний крутний момент	кГс·м	40
8.	Силувимірювальний механізм а) тип б) границі показів за шкалою циферблата в) ціна мінімальної поділки шкали г) границя відносної похибки д) розрахункове плече	кГс кГс % мм	Маятниковий 0 - 60, 0 - 40 0,25 +/-1 716,2
9.	Мережа живлення: а) напруга (лінійна) б) число фаз в) частота струму	В Гц	380 3 50

Таблиця А.2 – Опис периферійних пристроїв, що входять у стандартну комплектацію стенду «Дельфін – 1М»

Найменування	№ позиції	Тип, марка, розмірність вимірювальної величини	Призначення	Кількість (шт.)
Датчики вібрацій	I	ABC-134-01	Ультразвук	2
		ABC-117-04 № 10 (3020 м/с ²) № 03 (2670 м/с ²)	ВЧ-вібрація	2
		АНС-114-02 № 8 (475м/с ²) № 2 (490 м/с ²)	НЧ-вібрація	2
Датчики тиску	II	МД 15ТС	Компресія бензинових двигунів	1
		МД150ТС	Компресія дизельних двигунів	1
		Адаптер пульсацій тиску ЛХ-611М	Пульсації тиску ПНВТ	1
		Подовжувач датчиків тиску МД		1
		Датчик мікрофонний в горловину	Пульсація звукова (жовтий)	1
		Датчик мікрофонний в випускную трубу	Пульсація звукова (синій)	1
		Прив'язка дизель	Прив'язка до 1-го циліндра по ПНВТ	1
Адаптери електричні	III	Адаптер 12 В		4
		Адаптер 24 В		1
		Адаптер 12 В ємнісний	антишум	1
		Адаптер 12 В контактний	Перевірка зімкн.\розімкн.	1
		Адаптер λ-зонду		1
	III-1	Адаптер "Мінус" котушки контактний	Перевірка запалювання	2
		Адаптер "Мінус" котушки безконтактний		1
		Адаптер "прив'язки"	Прив'язка до 1-го циліндра	1
		Струмові кліщі		1
		Термопара	Вимірювання температури	1
Кабельна продукція	IV	Провід заземлення 7м+3м	БЕ-авто	1
		Перемичка заземлення	Кузов-двигун	1
		Кабель зв'язку -20м.	БЕ-компьютер	1
		Подовжувачі каналів		4
		Допоміжні деталі	комплект	1
Перехідники	V		Датчиків тиску і пульсації	16
Хвилепроводи ультразвукові	V		УЗ-датчики	4

Таблиця А.3 – Технічна характеристика вимірювального модуля ZET 210 стандартної комплектації

Найменування параметру	Значення параметру, розмірність
Загальна технічна характеристика	
Цифровий порт входу/виходу	8 біт
Тип логіки цифрового порту	3,3В TTL
Живлення	+5 В від інтерфейса High Speed USB 2.0 (HS USB 2.0)
Споживана потужність	1,0 Вт – в автономному режимі 2,5 Вт – від шини USB
Вага	0,2 кг
Габарити	35x91x111 мм
Аналоговий вхід	
Кількість вхідних каналів	8 диференційних або 16 синфазних
Частота перетворення	до 400 кГц
Кількість розрядів АЦП	16
Максимальна вхідна напруга	±7 В
Динамічний діапазон	84 дБ
Вхідний опір	2 кОм
Захист входів при ввімкненому живленні	±30 В
Захист входів при вимкненому живленні	±30 В
Міжканальне проникнення*	-72 дБ
Аналоговий вихід	
Кількість вихідних каналів	2
Частота перетворення	до 500 кГц
Максимальна вихідна напруга	±2,5 В
Максимальний вихідний струм	10 мА
Кількість розрядів ЦАП	14

* заміряється між двома каналами при подачі на вхід одного із каналів синусоїдального сигналу з частотою 1 кГц і амплітудою 1 В, закороченому вході іншого каналу і сумарною частотою дискретизації по всім каналам, не більше 300 кГц