

«Транспортний засіб»

**ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ТРАНСПОРТНОГО
ЗАСОБУ ПРАЦЮЮЧОГО НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ
ПАЛИВІ**

ЗМІСТ

Вступ	4
Розділ 1. ТЕПЛОВА ПІДГОТОВКА ДВИГУНІВ ТЗ, ПРАЦЮЮЧИХ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВОГО АКУМУЛЯТОРА ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	5
1.1 Аналіз систем прогріву двигунів внутрішнього згорання транспортних засобів.....	5
1.2 Процеси теплової підготовки двигуна транспортного засобу.....	7
1.3 Основні відомості про тепловий акумулятор фазового переходу.....	8
1.4 Система прогріву ДВЗ з підсистемою утилізації теплової енергії відпрацьованих газів тепловим акумулятором фазового переходу.....	10
Розділ 2. БУДОВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРАЦЮЮЧИХ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ	13
2.1 Вплив температур навколишнього середовища на двигуни транспортних засобів при пуску.....	13
2.2 Умови експлуатації транспортних засобів.....	16
2.3 Основні властивості зрідженого нафтового газу.....	17
2.4 Будова газобалонного обладнання 4-го покоління.....	18
Розділ 3. СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУР, СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТНОМУ ЗАСОБІ, ПРАЦЮЮЧОМУ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	19
3.1 Система моніторингу температур охолоджуючої рідини транспортного двигуна з утилізацією теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором.....	19
3.2 Структура системи моніторингу температур системи охолодження на транспортному засобі, працюючому на зрідженому газовому паливі	21

3.3 Результати впливу системи прогріву на паливну економічність двигуна транспортного засобу працюючого на зрідженому газовому паливі.....	23
Висновки.....	30
Список використаних джерел.....	31
Додатки.....	35

ВСТУП

Ефективність функціонування транспортних засобів (ТЗ), як складної технічної системи, залежить від його технічного стану. У зв'язку з цим виникає потреба визначення його технічного стану і керування ним в умовах експлуатації на основі даних, отриманих в процесах моніторингу та при прогнозуванні основних його параметрів. Було виявлено, що умови експлуатації і навколишнє середовище можуть вносити невизначеність та випадковість вихідних даних і ситуацій, та змінювати характер взаємодії між складовими частинами агрегатів та систем ТЗ. Покращення енергетичних та економічних показників транспортних двигунів, переобладнаних для використання на зрідженому газовому паливі, в різних кліматичних умовах експлуатації - складна технічна задача, яка може бути вирішена при використанні системних методів дослідження. Одним з цих методів є використання фазоперехідного теплового акумулятора в системі охолодження транспортного засобу, працюючого на зрідженому газовому паливі, що на пряму залежить від своєчасності і контрольованості теплових процесів в умовах експлуатації, це потребує наявності бортової системи моніторингу параметрів роботи двигуна транспортному засобі.

Моніторинг процесів прогрівання транспортного двигуна працюючого на зрідженому газовому паливі має суттєві складності, тому що потребує формування вимірювального комплексу на основі ТЗ. Аналіз літературних джерел показав, що дослідження структури вимірювального комплексу (системи моніторингу температур, системи охолодження ТЗ) для дослідження роботи транспортного засобу з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами ITS не проводились і, відповідно, не розроблялася для цього дослідження система моніторингу температур системи охолодження транспортного засобу, працюючого на зрідженому газовому паливі, яка забезпечує дистанційний моніторинг теплових

параметрів двигуна транспортного засобу, засобами ITS.

РОЗДІЛ 1.

ТЕПЛОВА ПІДГОТОВКА ДВИГУНІВ ТЗ, ПРАЦЮЮЧИХ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВОГО АКУМУЛЯТОРА ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

1.1 Аналіз систем прогріву двигунів внутрішнього згорання транспортних засобів

Системи прогріву (СП) можуть однозначно застосовуватись, як перспективні індивідуальні системи отримання, накопичення, розподілу і передачі теплової енергії, що призначені для передпускової і після пускової теплової підготовки двигунів ТЗ при непрацюючому ДВЗ. Таке відношення до СП стало можливим завдяки тому, що по-перше, існує досить велика кількість різних апробованих і перспективних технічних рішень у цьому напрямку, по-друге, в останні роки з'явилась багато різноманітних нових типів і конструкцій СП, а по-третє, СП або їх окремі складові випускаються невеликими партіями вітчизняними і закордонними підприємствами. Тому представляється доцільним виконати аналіз відомих схем і конструкцій СП і на основі цього аналізу відкоректувати можливість їх використання. Основні визначення і поняття стосовно систем прогріву наведені в [1]. В напрямку систем прогріву двигунів внутрішнього згорання в технічній літературі найчастіше зустрічається термін «система прогріву тепловозів маневрових (СПТМ)» [2].

Принцип роботи СПТМ заснований на підігріві і підтриманні передпускової температури ОР і МО дизеля тепловоза на основі аналізу інформації про температури ОС і дизеля тепловоза. Для реалізації цього принципу у виробі використовуються пристрої та вимірювальна апаратура, які поділяється на такі функціональні групи [1,2]: апаратура контролю і

управління; апаратура передачі даних; апаратура електропостачання; пристрої підігріву. Апаратура контролю і управління забезпечує збір інформації про температури ОР і МО дизеля, ОС, відсутність або наявність руху тепловоза, стан апаратури електропостачання та вторинного електроживлення, а також пристрої підігріву, аналізу отриманої інформації з наступним формуванням керуючих команд. Апаратура передачі даних призначена для формування повідомлень про стан СПТМ і подальшої їх передачі за бездротовими каналами зв'язку стандарту GSM і за протоколом GPRS. Апаратура електропостачання призначена для забезпечення СПТМ електроенергією і розподілу її між різними споживачами. Пристрої підігріву призначені для підігріву ОР і МОв дизелі тепловоза.

Інформація про використання аналогічних систем або перспективних схем теплоакумуючих систем теплової підготовки двигунів ТЗ не було знайдено. Для подальшого формування перспективних схем теплоакумуючих систем теплової підготовки пропонується використовувати термін «системи прогріву» (СП) не тільки для локомотивних двигунів, а і для всіх без виключення двигунів внутрішнього згорання транспортних засобів, якщо в передпусковому і після пусковому прогріві їх виникає потреба. Це положення і підхід є актуальним і своєчасним для проектування, створення і експлуатації СП на основі теплових акумуляторів (ТА) фазового переходу[3], а також в області матеріалознавства фазоперехідних елементів ТА.

Регулювання за допомогою СП з ТА [2] теплового стану двигуна ТЗ позитивно впливає на паливну економічність та моторесурс. Воно може здійснюватись: зміною витрати потоку рідини в СОД або потоку повітря, використанням: термостатів, систем з термостатами та можливістю відключення вентилятора (ів), систем регулювання вентилятора, ТА в системі охолодження і мащення двигуна, багатосекційних одно та різнотемпературних ТА в СОД і СМ, теплової енергії системи охолодження і ВГ, утилізації теплової енергії ВГ в ТА, сторонніх джерел енергії, тощо.

Проведений аналіз показує, що цим питанням приділяється велика увага, схеми і конструкції систем удосконалюються, ефективність їх роботи підвищується, що сприяє зниженню витрати палива та шкідливих викидів двигунами ТЗ в умовах експлуатації.

Основні системи передпускового прогріву двигунів ТЗ працюючих на зрідженому газовому паливі представлені в додатку 2.

Виконаний аналіз систем передпускового прогріву ТЗ, а також систем підтримання температури двигуна ТЗ на основі ТА фазового переходу і результати, проведених досліджень дозволяють прийняти за основу класифікацію ТА фазового переходу, які можливо використовувати в експлуатації двигунів ТЗ. Це потрібно для того, щоб у процесі подальших досліджень і проектування ТА і систем, на їх основі, були визначені можливі перспективи розвитку їх схем та конструктивних рішень та використання ТАМ.

1.2 Процеси теплової підготовки двигуна транспортного засобу

Сучасний двигун внутрішнього згорання транспортного засобу з системою комбінованого прогріву може розглядатися як складна технічна система [10]. Відомо, що система охолодження тісно співпрацює з іншими системами ДВЗ і здійснює визначальний вплив на протікання робочого процесу двигуна. Найбільш суттєво пов'язана робота системи охолодження з циліндро-поршневою групою двигуна і системою мащення. Робота системи охолодження впливає на працездатність, ресурс, потужність двигуна, екологічні та економічні показники його роботи в усьому діапазоні робочих температур [15, 6, 10,9], а особливо на процеси пуску і прогріву ДВЗ після пуску.

При дослідженні теплових процесів в ДВЗ, оснащеного системою прогріву (СП), доцільно застосовувати наступні принципи підходу: комплексне дослідження системи, як єдиного цілого, з урахуванням параметрів взаємодії спільної роботи підсистем, декомпозиція і ієрархічність описів складових елементів системи, багатоетапність та ітераційність дослідження, типізація та уніфікація основних рішень та засобів в дослідженнях [5, 6, 10, 11,25,26].

На кожному етапі формування СП виконується вибір раціонального рішення для кожної підсистеми. Визначальними параметрами при цьому є ефективність роботи системи, вимоги і потреби споживачів та екологічні й економічні показники. Під ефективністю роботи системи розуміється вплив прийнятого рішення на енергетичні, економічні та екологічні показники роботи двигуна внутрішнього згорання ТЗ в цілому, а також конструктивна складність, економічність та надійність того чи іншого рішення.

До основних характеристик ДВЗ транспортного засобу в дослідженні відносимо енергетичні, економічні і екологічні характеристики (параметри ДВЗ при роботі на холостому ході в залежності від повороту колінчастого валу, а саме температур в випускному колекторі та циліндрі, витрати відпрацьованих газів, швидкості тепловиділення; характеристики прогріву ДВЗ; тепловий баланс; зміна швидкості циркуляції охолоджуючої рідини; характеристики перехідних процесів), конструктивна складність СП ДВЗ, яка визначає її надійність і вартість двигуна. Ці характеристики визначаються для різних варіантів роботи СП.

Виділення основних варіантів виконання СП для порівняння здійснюється на основі аналізу основних схемних варіантів її реалізації для порівняння способів прискореного прогрівання ДВЗ: прогрівання ДВЗ без СП, прогрівання ДВЗ з СП при відключеній і включеній підсистемі прискореного прогріву. Подальша зміна варіантів систем здійснюється на більш низькому рівні: за способом циркуляції ОР, способом підключення СП до ДВЗ, потужністю ТА, регулювання глибини утилізації ВГ у відповідності до вибору схемних і конструвальних рішень. Ще більш низький, агрегатний, рівень розглядається при виборі типів раціональних параметрів електроклапанів, теплоакumuлюючого матеріалу ТА, розгляді способів його конструктивного виконання. Має місце взаємний зв'язок виділених рівнів. Засобами реалізації системного підходу стали теоретичні методи дослідження.

1.3 Основні відомості про тепловий акумулятор фазового переходу

Тепловим акумулятором (ТА) називається пристрій (або сукупність пристроїв), що забезпечують зворотні процеси накопичення, збереження і вироблення теплової енергії у відповідності з вимогами споживача. Процеси акумулювання теплоти відбуваються шляхом зміни фізичних параметрів теплоакумулюючого матеріалу і за рахунок використання енергії зв'язку атомів і молекул речовин. Використання теплоти плавлення для акумулювання теплоти забезпечує високу густину енергії, що запасується при використанні невеликих перепадів температур і досить стабільну температуру на виході з ТА. Однак більшість теплоакумулюючих матеріалів (ТАМ) в розплавленому стані є корозійно-активними речовинами, в основному мають низький коефіцієнт теплопровідності, змінюють обсяг при плавленні і відносно дорогі [14,7,16,3].

Основні характеристики теплоакумулюючих матеріалів (ТАМ) та теплового акумулятора приведені в додатку 3.

Був обраний тепловий акумулятор із ТАМ фазового переходу, корпус ТА виконано із нержавіючої сталі й він має одну основну секцію з теплообмінником, що виготовлено із латуні. У корпусі ТА є два патрубки, поєднані з компенсаторами теплового розширення ТАМ і входом термопар.

З метою зниження втрат теплової енергії в процесі випробувань зовнішня поверхня ТА була теплоізолювана подвійним шаром спіненого поліетилену, покритим із двох боків шарами алюмінієвої фольги (рис. 1.1). [17,18,12,6,7]

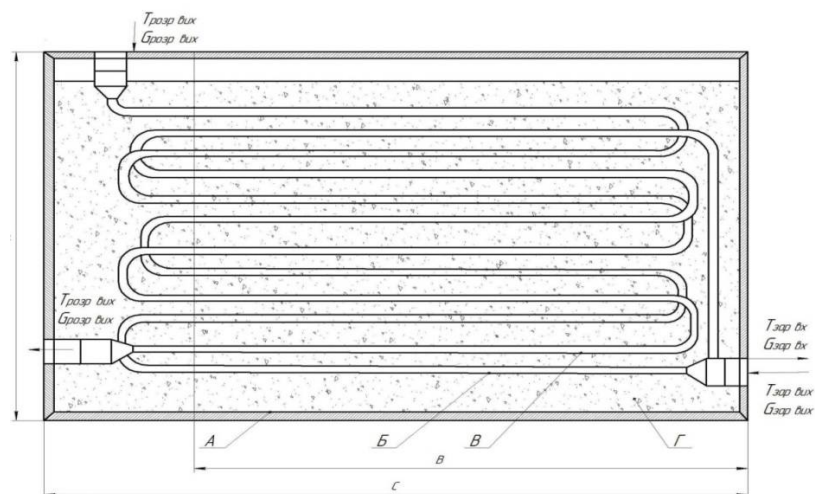


Рисунок 1.1 - Принципова схема теплового акумулятора: А - зовнішня стінка теплового акумулятора; Б - теплообмінник зарядки ТА; В -

теплообмінник розрядки ТА; Г - фазо перехідний теплоакумулюючий матеріал

1.4 Система прогріву ДВЗ з підсистемою утилізації теплової енергії відпрацьованих газів тепловим акумулятором фазового переходу

Система прогріву ДВЗ з підсистемою утилізації теплової енергії відпрацьованих газів тепловим акумулятором фазового переходу входить, як складова частина, до системи охолодження ДВЗ та виконує частину її функцій, а саме забезпечує швидкий прогрів ДВЗ до робочої температури та підтримує її у межах, обумовлених робочим процесом та конструкцією двигуна. Принцип роботи в цілому полягає в накопиченні теплової енергії відпрацьованих газів (ВГ), яка утворюється при згоранні палива та не використовується на корисну роботу, а викидається в атмосферу з ВГ. Накопичення теплової енергії в ТА стає можливим завдяки встановленню в випускному трубопроводі двигуна теплообміннику, який пов'язаний з ТА трубопроводом, за допомогою якого, завдяки насосу з власною системою керування, відбувається циркуляція теплоносія системи утилізації теплової енергії. Теплоносій проходячи через теплообмінник в випускному трубопроводі розігрівається від теплової енергії ВГ до температури 150...200 °С. В якості теплоносія в ході випробувань використовувалась гальмівна рідина з температурою кипіння 220 °С. Теплообмінник встановлено в байпасі випускного трубопроводу, паралельно основному трубопроводу. Таке конструктивне рішення прийнято для того, щоб мати можливість для відключення його після того, як ТА буде повністю заряджений. Переключення потоку відбувається за допомогою клапанів з електричним приводом на основі команд системи керування [18,19,21,24].

Теплоносій, з утилізатору теплової енергії ВГ, потрапляє в ТА, який представляє собою теплоізолюваний резервуар з двома теплообмінниками (для заряджання та розряджання його), заповнений фазо перехідним теплоакумулюючим матеріалом (ТАМ). Теплоносій циркулює через теплообмінник заряджання теплового акумулятора. При проходженні від теплообмінника через ТА, теплоносій охолоджується та віддає накопичену

теплову енергію ТАМ. В процесі накопичення теплової енергії ТАМ найбільшу ефективність являє процес фазового переходу речовини – наповнювача ТА, тобто зміна його агрегатного стану, на яку потрібна велика кількість теплової енергії. Попереднє, до значень температури фазового переходу в теплоакumuлюючій речовині, та подальше нагрівання ТАМ, після досягнення значень температури фазового переходу, в процесі фізичного накопичення теплової енергії ТАМ, є не таким енергоємним, як безпосередньо процес фазового переходу. Перевагою використання накопиченої енергії фазоперехідного процесу, при незначній кількості ТАМ фазового переходу, є можливість накопичення теплової енергії, яку було б можливо накопичити ТАМ з фізичним накопиченням теплової енергії з масою у декілька разів більшою, ніж ТАМ фазового переходу. З точки зору конструкції ТА та фізики процесів зміни агрегатного стану речовини, більш безпечним та зручним у використанні є перехід: твердий стан – рідина – твердий стан, ніж рідина – газ – рідина. В якості ТАМ найбільш доцільно використовувати речовину, яка має температуру фазового переходу в інтервалі можливих коливань температури теплоносія, що заряджає ТА. Завдяки ефективній теплоізоляції є можливість тривалого збереження накопиченої теплової енергії в ТА [18,20,23].

При необхідності запуску двигуна після тривалої зупинки в дію включається система прогріву ДВЗ. Для цього відбувається включення цієї системи перед запуском ДВЗ. Система в свою чергу включає електричний циркуляційний насос з модульованою подачею, який здійснює циркуляцію охолоджуючої рідини через ДВЗ та ТА. Проходячи через ТА охолоджуюча рідина отримує накопичену ТАМ теплову енергію та передає її елементам конструкції ДВЗ, а що є найголовнішим, стінці та головці циліндра. Правильний вибір теплової потужності ТА дозволяє виконати швидкий попередній прогрів ДВЗ з температури оточуючого середовища (мінімальна температура від -20 до +5°C) до температури +50°C.

Вибір теплової потужності робиться на основі розрахунку теплового балансу системи прогріву ДВЗ, який відображає необхідну кількість теплової

енергії для прогріву охолоджуючої рідини, блока циліндрів, головки блока циліндрів, з'єднуючих патрубків та трубопроводів та теплових втрат. Отримавши теплову енергію від охолоджуючої рідини елементи ДВЗ передають її оливі та камері згорання, що позитивно впливає на процес пуску ДВЗ, який відбувається після того, як датчики СП ДВЗ зафіксують температуру охолоджуючої рідини в межах $+40...50$ °С. Після цього відбувається запуск ДВЗ та є можливість навантаження двигуна. Після запуску ДВЗ СП продовжує свою роботу та сприяє більш швидкому та ефективному прогріву працюючого двигуна до оптимальної температури охолоджуючої рідини $+ 85^{\circ}\text{C}$.

Це досягається завдяки подальшому використанню накопиченої теплової енергії в ТА і на даному етапі роботи в тепловий баланс системи прогріву включається додатковий член - надходження теплової енергії від ТА. Після досягнення температури охолоджуючої рідини $+85$ °С система комбінованого прогріву переходить в режим підтримання її в заданих межах, тобто 85 ± 5 °С. Враховуючи дані отримані від датчиків температур система керування прогріву розраховує оптимальну частоту обертання циркуляційного насосу та видає керуючі команди на клапани системи, спрямовуючи потоки рідини через ті чи інші елементи системи прогріву. Функціонування розробленої системи прогріву ДВЗ побудовано на аналізі температурних значень теплоносіїв системи охолодження ДВЗ. Контрольні датчики температури охолоджуючої рідини врізаються в середину блоку циліндрів ДВЗ у контури системи охолодження, а ті, які не вимагають додаткового врізання в контур, закріплюються на трубопроводах (патрубках), тому що для зняття температурних даних не мають потреби в безпосередньому контакті з вимірюваним середовищем.

РОЗДІЛ 2

БУДОВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРАЦЮЮЧИХ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ

2.1 Вплив температур навколишнього середовища на двигуни транспортних засобів при пуску

Пуск сучасного двигуна транспортного засобу працюючого на зрідженому газовому паливі при позитивних температурах навколишнього повітря не викликає ніяких труднощів. Крутний момент пускового пристрою забезпечує частоту обертання колінчастого вала двигуна, що значно перевищує за значенням необхідну для пуску. В результаті створюються умови для нормального протікання процесів сумішоутворення і підготовки робочої суміші. Зазвичай двигун, що знаходиться технічно в справному стані, починає працювати на стійкому режимі при появі перших спалахів в циліндрах і пусковий пристрій відключається, після прогріву двигуна ТЗ до температури випаровування газу (40...55 °С) в газовому редукторі випаровувачі, електронна система керування системою живлення двигуна переводить двигун на живлення зрідженим газовим паливом. Затрачений час при позитивних температурах навколишнього повітря становить від 40 секунд до 1 хвилини, все залежить від температури системи охолодження двигуна ТЗ та запрограмованого часу переходу на зріджене газове паливо.

При негативних температурах навколишнього повітря пуск того ж самого двигуна створює великі труднощі. Ці обставини обумовлюються конструкцією самого двигуна внутрішнього згорання, систем живлення (штатною бензиною, та додатково обладнаною газовою) і особливостями його робочого процесу, а також значними змінами фізичних властивостей палив, масел і матеріалів, використовуваних в двигуні, під дією негативних температур.

Частота обертання колінчастого валу двигуна при пуску в умовах негативних температур навколишнього повітря значно менше, ніж при пуску в умовах позитивних температур навколишнього повітря.

В умовах зимової експлуатації транспортних засобів погіршуються також-умови роботи механізмів і деталей трансмісії і підвіски. Розігрів масла в механізмах трансмісії при експлуатації автомобілів взимку часто проводиться за рахунок тепла, що виділяється від тертя при роботі під навантаженням. Зниження температури навколишнього повітря від мінус 5, до мінус 15° С призводить до зміни теплового режиму роботи двигуна, викликаючи падіння потужності, відповідно 98 і 96% від нормальної. При значному зниженні температури охолоджуючої рідини неминуче збільшується відсоток віддачі тепла в навколишнє середовище поверхнями блоку циліндрів, в результаті чого не забезпечуються необхідні робочі температури і знижується ефективність роботи двигуна ТЗ. Так, при зниженні середньої температури охолоджуючої рідини двигуна з 75 до 35 °С втрати тепла зростають на 10%.

Застосування зрідженого нафтового газу в якості моторного палива, у зв'язку з його невисокою вартістю і екологічністю, є економічно вигідним у порівнянні з використанням бензину. Недоліком застосування зрідженого газового палива на транспорті є утруднений запуск двигуна ТЗ в умовах експлуатації при негативних температурах навколишнього повітря. Після встановлення газобалонного обладнання (ГБО) на ТЗ відмовитися від використання традиційного палива (бензина) неможливо, адже прогрів відбувається безпосередньо на бензині. Здійснення запуску двигуна ТЗ відразу на газу і його робота в режимі холостого ходу (х.х.) некоректна, або навіть неможлива, адже газ повинен випаровуватись, а редуктор-випарник ГБО ще не підігрівся охолоджуючою рідиною з системи охолодження двигуна ТЗ. Процес пуску транспортного двигуна, працюючого на зрідженому газовому паливі в умовах низьких температур навколишнього середовища ускладнений тим, що редуктор-випарник газової системи живлення потрібно попередньо підігріти для достатнього випаровування газового палива до температури 40 - 55 °С.

Одним з найважливіших напрямків розвитку двигунів сучасних транспортних засобів є зменшення витрати палива та зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами [24,25,26]. Аналізуючи проведені дослідження процесів утворення відкладань на деталях досліджуваних двигунів [21,15,14], можливо з достатнім ступенем ймовірності визначити інтервали оптимальних і небезпечних температур поверхонь деталей відповідного класу двигунів. Так, визначені небезпечні низькотемпературні й оптимальні інтервали температур поверхонь деяких деталей автомобільних двигунів [9] відповідно (°C): днище поршня, головка циліндра - до 130, 140 ...300; зона поршневих кілець - до 70, 80...220; напрямна частина поршня, дзеркало циліндра - до 60, 70...190; картер, клапанна коробка - до 40, 50...140. В цьому діапазоні температур однозначно не порушується нормальний тепловий стан ДВЗ транспортного засобу. Для прогріву його потрібно чимало часу і витрати палива, а робота при зниженому тепловому режимі, призводить до підвищеного зносу деталей циліндро-поршневої групи [10, 11]. Виробники передпускових опалювачів і підігрівачів рекомендують підігрівати двигун завжди, коли зовнішня температура стала нижче 5 °C. Економія моторесурсу при використанні передпускового підігрівача, якщо врахувати, що в північній, західній, центральній і східній частині території України спостерігається не менше 50...90 днів з температурою не більше 0 °C, при застосуванні підігріву двигуна двічі в день можливо щороку заощадити витрати моторесурсу до 70000 км. В залежності від кількості холодних пусків протягом року, застосувавши підігрів, викиди шкідливих речовин можливо зменшити на 60...80%. Останні дослідження показали, що взимку після запуску холодного двигуна викид 90% всіх шкідливих викидів CO і CH відбувається саме під час перших кілометрів руху. При запуску попередньо прогрітого двигуна ТЗ вміст шкідливих газів у відпрацьованих газах (ВГ) значно зменшується (в 5 разів), тому використання підігрівача двигуна в холодну пору року має величезний екологічний ефект [10]. Аналіз наукових досліджень показав, що одним із шляхів підвищення ефективності є використання в їх складі

теплоакумуючих засобів, що представляють собою сукупність елементів енергетичного обладнання та ТА фазового переходу [3,6,7,11]. Не зважаючи на чисельні публікації, присвячені питанням накопичення теплової енергії в складі транспортних засобів працюючих на зрідженому газовому паливі, до теперішнього часу не вирішені питання вибору раціональних схем теплоакумуючих систем теплової підготовки ДВЗ для ТЗ з урахуванням особливостей режимів їх експлуатації.

2.2 Умови експлуатації транспортних засобів

Транспортні засоби створюються для певних умов експлуатації, тому досконалість їх конструкції має розглядатися стосовно цих умов. Умови експлуатації підрозділяються на транспортні, природно-кліматичні та дорожні.

Транспортні умови характеризуються особливостями вантажу, що перевозиться і організацією перевезень, включаючи організацію вантажно-розвантажувальних робіт. Цими умовами визначаються такі характеристики автомобіля, як вантажопідйомність, місткість кузова, пристосованість для вантажно-розвантажувальних робіт, запас ходу та інші. Природно-кліматичні умови характеризуються температурою повітря і її сезонними і добовими змінами, вологістю і швидкістю вітру. За цим факторам розрізняють зони помірного, холодного (арктичного) і жаркого клімату. В реальних умовах ТЗ рухаються нерівномірно - циклічно. Цикл руху складається з ділянок розгону, рівномірного руху і гальмування. Ступінь нерівномірності руху може бути охарактеризована середньої частотою розгонів, яка визначається в основному двома чинниками: дорожніми умовами і питомою потужністю двигуна ТЗ (для нормальних умов становить 20...80 розгонів за 1 годину). Необхідність зниження швидкості ТЗ обумовлюється перешкодами руху, природа яких різна. При збільшенні опору руху зменшується інтенсивність розгонів і, природно, їх середня частота. Вона залежить не стільки від опору руху, скільки від наявного у автомобіля резерву потужності, який може бути використаний для розгону: чим більше цей резерв, тим вище частота розгонів[14,24,26]. Природно-

кліматичні умови в нашій країні поділяються на кілька кліматичних зон - помірному клімату, холодного клімату, жаркого і високогірного клімату. Основною характеристикою кліматичної зони, що істотно впливає на експлуатаційні властивості автомобілів, є температура навколишнього повітря. Зміна атмосферних умов впливає на роботу двигуна, що призводить до зміни експлуатаційних властивостей ТЗ. Нормативні значення оціночних параметрів, що наводяться в довідковій літературі, дані для нових автомобілів і стандартних умов експлуатації (температура навколишнього повітря +25 °С, атмосферний тиск 750 мм рт. Ст. Дорога - прямолінійна, горизонтальна з цементобетонним або асфальтобетонним рівним покриттям). Істотне відхилення температури навколишнього повітря від стандартного значення (+25 °С) як у бік зниження до (- 20°С), так і в бік підвищення викликає порушення нормального теплового режиму двигуна (95...100 °С) і, як наслідок, - погіршення показників тягово-швидкісних властивостей і збільшення витрати палива. У загальному випадку ТЗ використовуються в різних кліматичних зонах, значно відрізняються значеннями кліматичних чинників. Наприклад, середня річна температура повітря в нашій країні має дуже широкий діапазон значень від +16 °С (жаркий сухий район) до -16 °С (холодний район), середня вологість повітря змінюється від 20% (жаркий сухий район) до 80% і більше (помірно-вологий район). Навіть всередині одного і того ж кліматичного району значення кліматичних факторів протягом року змінюються в широких межах. Так, в помірно-кліматичному районі (Херсон) середня добова температура протягом року коливається від +30 °С до -15 °С.

Все перераховане свідчить про важливість і необхідність взяття до уваги впливу умов експлуатації на експлуатаційні властивості ТЗ з метою найбільш правильного вибору способу теплової підготовки двигуна транспортного засобу працюючих на зрідженому газовому паливі.

2.3 Основні властивості зрідженого нафтового газу

В якості альтернативного моторного палива для автомобільного транспорту, обладнаного бензиновими двигунами на сьогоднішній день вигідно використовувати вуглеводневі зріджені гази.

На автомобільному транспорті використовуються зріджені нафтові гази (ЗНГ) певних марок, це пропан (ПА) і пропан-бутан (ПБ) автомобільний. Ці два газу (пропан і бутан) розрізняються між собою температурою кипіння, при якій вони переходять з рідкого в газоподібний стан. Пропан перестає переходити в газ і залишається в рідкому стані при температурі - 43 °С, для бутану ця температура дорівнює 0 °С. Такі властивості дозволяють зберігати пропан і бутан в зрідженому стані в діапазоні експлуатаційних температур від - 40 до + 45 °С при відносно низькому тиску (до 1,6 МПа). Основними перевагами газів, що знаходяться в зрідженому стані, в порівнянні з комбінованим газом є: велика концентрація теплової енергії в одиниці об'єму, значно менше робочий тиск в балонах і, відповідно, менші міцність і товщина стінок балона і запірної арматури, їх менші маса і вартість [32,27].

Основні властивості зрідженого нафтового газу приведені в додатку 4.

2.4 Будова газобалонного обладнання 4-го покоління

У сучасних двигунах з розподіленим впорскуванням бензину і електронним управлінням кількістю палива, що подається в камеру згорання, а отже, і весь процес підготовки і спалювання суміші, залежить від сигналів, що надходять з датчиків: витратоміра, що визначає обсяг повітря, що проходить; датчика, що посиляє сигнал про частоту обертання колінчастого вала двигуна; датчика, що визначає положення дросельної заслінки; лямбда-зонда, що сигналізує про кількість кисню у вихлопних газах; датчика детонації; датчика температури двигуна.

Комп'ютер, керуючий впорскуванням бензину, - бортовий електронний блок управління (ЕБУ) на підставі отриманих з датчиків сигналів визначає час відкриття бензинової форсунки для кожного циліндра, забезпечуючи при цьому

подачу оптимальної кількості бензину на кожному циклі «всмоктування» роботи циліндрів двигуна [34,35].

Основні складові газобалонного обладнання 4-го покоління приведені в додатку 5.

РОЗДІЛ 3

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУР СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ НА ТРАНСПОРТНОМУ ЗАСОБІ, ПРАЦЮЮЧОМУ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

3.1 Система моніторингу температур охолоджуючої рідини транспортного двигуна з утилізацією теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором

Система регулювання температури охолоджуючої рідини транспортного двигуна, який працює на зрідженому газовому паливі з утилізацією теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором і моніторингом теплових параметрів відноситься до систем регулювання двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ). Штатна система охолодження двигуна транспортного засобу (рис. 3.1), яка складається з двох контурів системи охолодження, помпи, термостата, радіатора системи охолодження та радіатора пічки, і дозволяє підтримувати температуру охолоджуючої рідини в оптимальних межах при роботі двигуна під навантаженням та в процесі прогріву на холостому ході. Недоліком системи є те, що при низьких температурах навколишнього середовища і зупиненому транспортному двигуні температура охолоджуючої рідини швидко знижується, що потребує постійного або періодичного прогріву, тобто роботи двигуна на холостому ході в режимі прогріву. При цьому під час прогріву системи охолодження транспортного двигуна використовується паливо для підігріву охолоджуючої рідини та переведення двигуна на зріджене газове паливо, що

призводить до погіршення екологічних показників із-за викидів в повітря відпрацьованих газів з великою кількістю шкідливих речовин, а крім цього штатна система охолодження транспортного двигуна не має можливості моніторингу теплових параметрів температури транспортного двигуна, й системи охолодження в цілому.

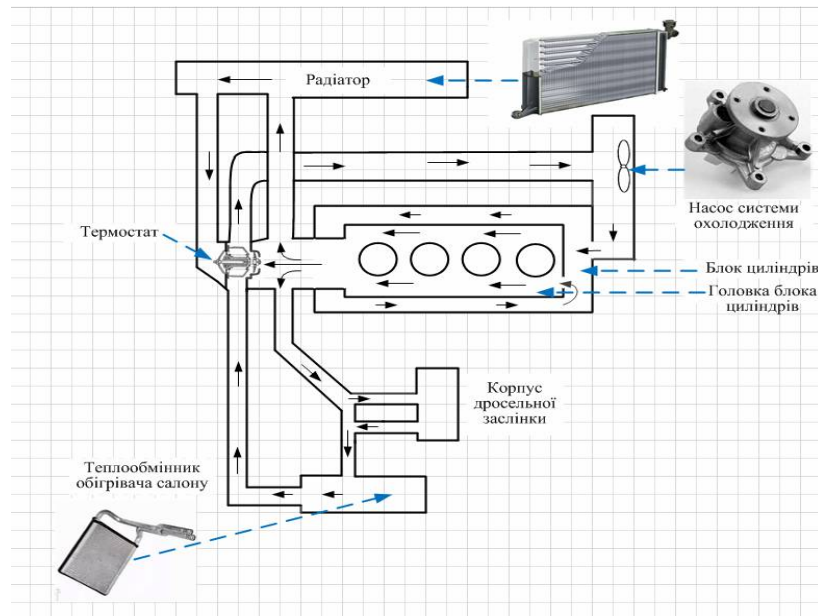


Рисунок 3.1 - Система охолодження двигуна ТЗ

Існує система регулювання температури охолоджуючої рідини транспортного двигуна з утилізацією теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором і моніторингом теплових параметрів, яка має тепловий акумулятор, який включено у контур циркуляції системи охолодження транспортного двигуна, встановлений паралельно глушнику, який заряджається через розподільну коробку з регульовальною заслінкою, позиційний механізм регулювання заслінкою, додатковий електричний водяний насос, клапани вимикання теплового акумулятора, газовий редуктор, дросель, теплообмінник, радіатор, блоки керування роботою транспортного двигуна, газового редуктора, систему регулювання температури охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згоряння, керування пуском двигуна, блок моніторингу теплових параметрів транспортного двигуна, комунікаційний інтелектуальний контролер (трекер),

диспетчерський центр інженерно-технічної служби, які входять в комплексний блок керування системою [13,18].

Характеристики запропонованої системи моніторингу температур охолоджуючої рідини транспортного двигуна з утилізацією теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором приведені в додатку 6.

Таким чином, використання запропонованої системи дозволяє шляхом електронного керування транспортним двигуном 1 працюючим на зрідженому газовому паливі та системою регулювання температури охолоджуючої рідини транспортного двигуна 1 з тепловим акумулятором 14 за допомогою елементів забезпечення повторно - короткочасного режиму роботи транспортного двигуна 1 підвищити ефективність використання палива та досягти більшої зручності в процесі утилізації теплоти від теплового акумулятора 14 при забезпеченні передпускового прогріву системи охолодження транспортного двигуна 1, газового редуктора 4, теплообмінника 6, дроселя 5, без фактичного пуску транспортного двигуна, за рахунок більш точного моніторингу теплового стану окремих зон системи охолодження транспортного двигуна, скоротити втрати теплової енергії з системи передпускового прогріву на основі теплового акумулятора фазового переходу та скоротити час прогріву і запуску транспортного двигуна на газовому паливі після передпускового прогрівання.

3.2 Структура системи моніторингу температур системи охолодження на транспортному засобі, працюючому на зрідженому газовому паливі

Для дослідження температурних режимів роботи транспортного засобу з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами ITS потрібно вимірювати параметри технічного стану ТЗ, щонайменше в частині витрати палива, температур технологічних рідин (системи охолодження), часу теплової підготовки, частоти обертання, швидкості і положення ТЗ. Для аналізу отриманих значень параметрів технічного стану ТЗ додатково потрібно отримати коефіцієнт надлишку

повітря, температуру каталізатора, напругу на датчиках O_2 каталізатора, тиск і температуру у впускному колекторі, напругу бортової мережі - зарядки акумулятора.

В частині використання системи впорскування газового палива потрібна додаткова фіксація і дослідження параметрів теплоносіїв в системі охолодження двигуна ТЗ.

Проаналізувавши існуючі в ТЗ засоби і методи визначення вказаних параметрів технічного стану, сучасне обладнання та інформаційні можливості ITS, авторами запропонований варіант схеми інформаційного обміну між елементами системи вимірювань для здійснення дистанційного дослідження роботи ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами ITS, що показаний на (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 - Схема інформаційного обміну між елементами системи вимірювань для здійснення дистанційного дослідження роботи ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами ITS

Проведення досліджень бензинового ТЗ, оснащеного системою впорскування газу, викликано особливостями процесів теплової підготовки ТЗ в період післяпускового прогріву і особливостями запуску системи впорскування газу. Специфічні особливості зрідженого газового палива та конструкції газової паливної апаратури для його подачі у двигун є причиною

ускладнень при запуску транспортного двигуна, який працює на зрідженому газовому паливі в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Основні характеристики та складові елементи системи моніторингу температур системи охолодження на транспортному засобі, працюючому на зрідженому газовому паливі приведені в додатку 7.

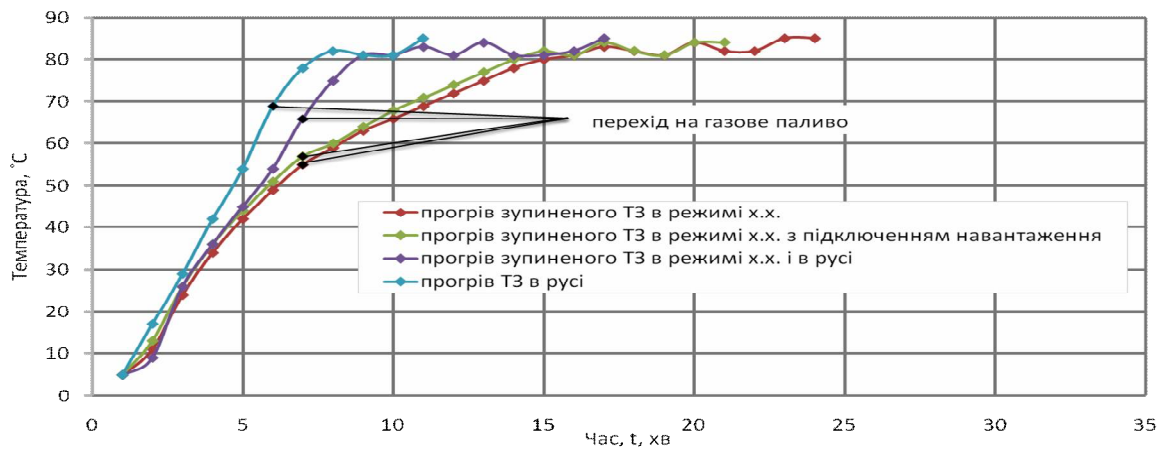
3.3 Результати впливу системи прогріву на паливну економічність двигуна транспортного засобу працюючого на зрідженому газовому паливі

В результаті проведеного дослідження було встановлено, що фактичний час прогріву транспортного двигуна до температури 85 °С при температурі навколишнього середовища 8 °С (прогрів зупиненого ТЗ в режимі х.х.) склав 22,50 хвилини. При проведенні експерименту була отримана температура включення газової апаратури на транспортному засобі обладнаному ГБО 4-го покоління в умовах експлуатації 55 °С (запрограмована температура переходу на зріджене газове паливо в блоці керування системою ГБО 45 °С). Аналогічні результати були отримані і при всіх інших варіантах прогрівання ТЗ в умовах експлуатації, за умовами експериментального дослідження. Зведені результати зміни параметрів технічного стану ТЗ в процесі прогріву, показані на (рис. 3.3., 3.4), у вигляді графіків на яких показано час переходу на зріджене газове паливо двигуна ТЗ при різних умовах експлуатації.

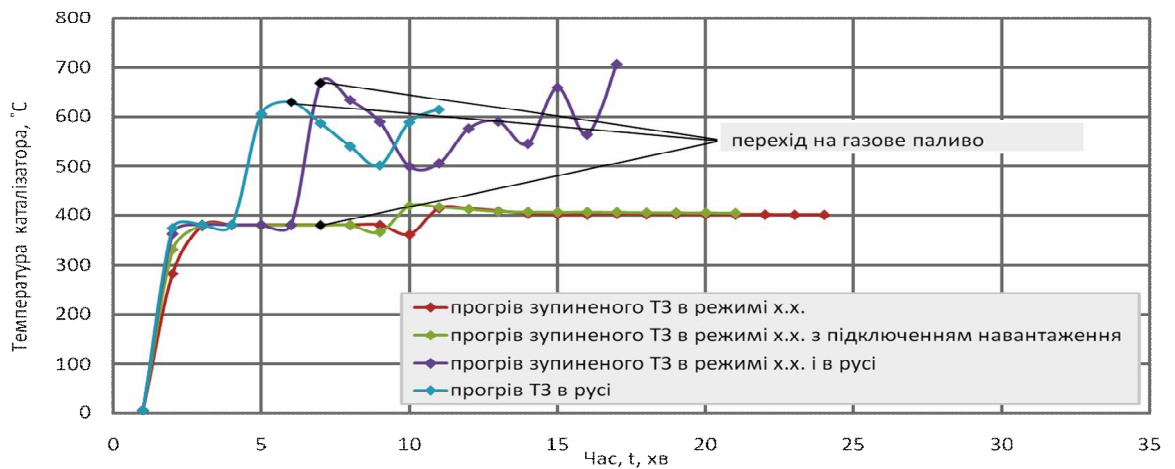
За результатами зміни параметрів технічного стану двигуна транспортного засобу працюючого на зрідженому газовому паливі були проведені розрахунки витрати палива в залежності від варіанту прогріву транспортного засобу.

Перший варіант це прогрів зупиненого ТЗ в режимі холостого ходу, при даному режимі були отриманні данні витрати палива та затраченого часу на прогрів ТЗ:

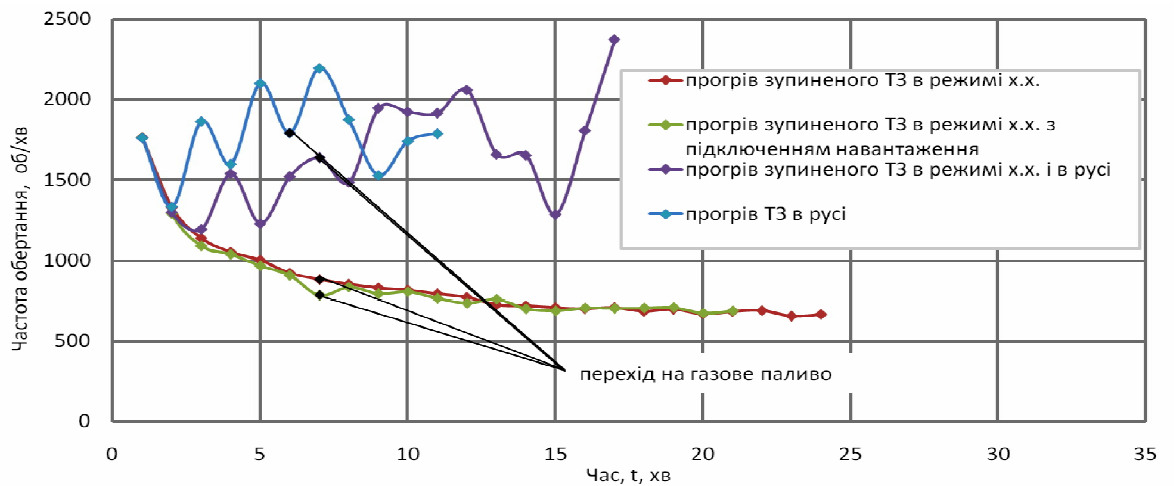
- Робота двигуна на бензині до температури 50 °С складає - 282 секунди (442 хв.), витрата палива за цей період - 0,168952 (169 грам);



а)

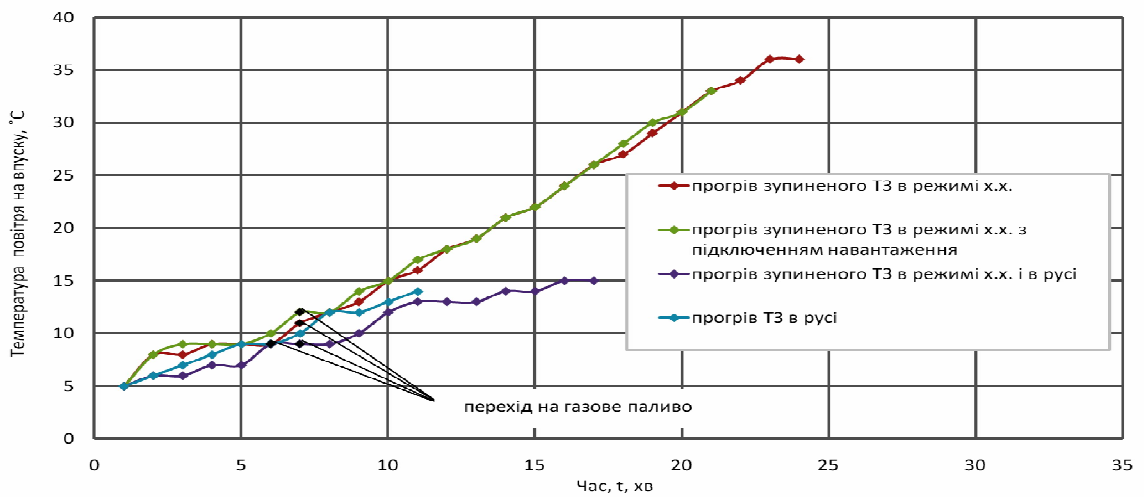


б)

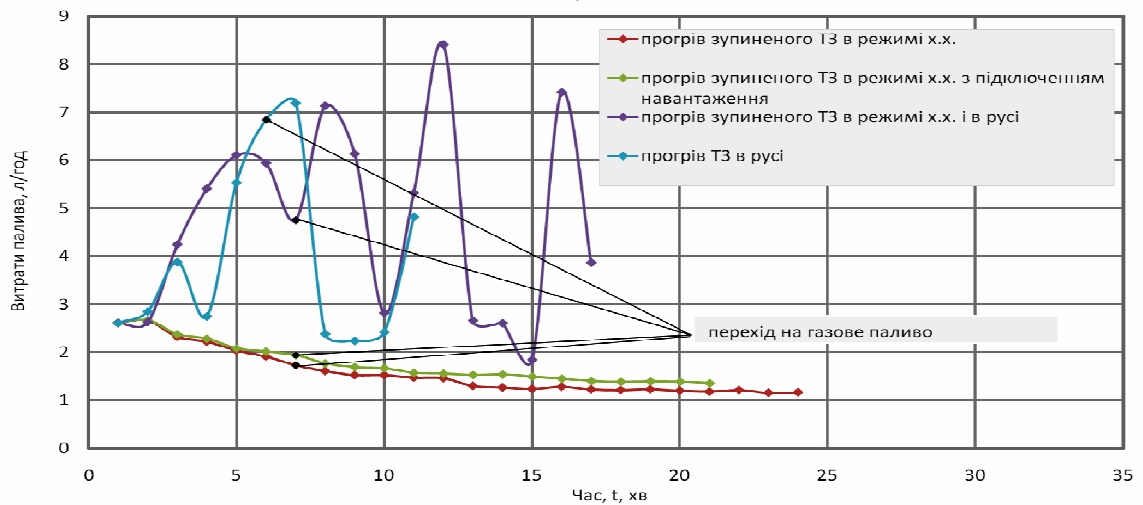


в)

Рисунок 3.3 - Результати зміни параметрів технічного стану ТЗ в процесі прогріву і переходу на газове паливо: а) температура охолоджуючої рідини; б) температура каталізатора; в) частота обертів двигуна;



а)



б)

Рисунок 3.4 - Результати зміни параметрів технічного стану ТЗ в процесі прогріву і переходу на газове паливо: а) температура повітря на впуску; б) витрата палива

- Робота двигуна на газі та бензині до температури 85 °С складає 1370 секунд (2250 хв), сумарна витрата палива за цей період - 0,576271 (576 грам);
- Перехід на газове паливо відбувся при 55 °С, витрата бензину за період роботи двигуна 322 секунди (5²² хв) склала - 0,192243 (192 грам);
- Робота двигуна на газовому паливі склала 1048 секунд, (17²⁸ хв) витрата палива за цей період - 384 грам;

- Якщо двигун буде переходити на газове паливо при 50 °С його робота на газовому паливі складе 1088 секунд (18⁸ хв), витрата палива за цей період - 407 грам;

- Економія в часі прогріву (при підключенні впорскування газового палива) може скласти - 23 грама бензину.

Другий варіант це прогрів зупиненого ТЗ в режимі холостого ходу з підключенням навантаження, при даному режимі були отриманні данні витрати палива та затраченого часу на прогрів ТЗ:

- Робота двигуна на бензині до температури 50 °С склала - 260 секунд (4²⁰ хв), витрата палива за цей період - 0,165935 (166 грам);

- Робота двигуна на газі та бензині до температури 85 °С складає 1252 секунди (20⁵²), сумарна витрата палива за цей період - 0,588119 (588 грам);

- Перехід на газове паливо відбувся при 57 °С, витрата бензину за період роботи двигуна 329 секунд (5²⁹ хв) склала - 0,201033 (201 грам);

- Робота двигуна на газовому паливі склала 923 секунди (15²³ хв), витрата палива за цей період - 387 грам;

- Якщо двигун буде переходити на газове паливо при 50 °С його робота на газовому паливі складе 992 секунди (16³² хв), витрата палива за цей період - 422 грам;

- Економія в часі прогріву (при підключенні впорскування газового палива) може скласти - 35 грама бензину.

Третій варіант це прогрів зупиненого ТЗ в режимі холостого ходу і в русі:

- Робота двигуна на бензині до температури 50 °С складає - 239 секунд (3⁵⁹ хв), витрата палива за цей період - 0,185231 (185 грам);

- Робота двигуна на газі та бензині до температури 85 °С склала 482 секунди (8² хв), сумарна витрата палива за цей період - 0,522552 (522 грам);

- Перехід на газове паливо відбувся при 66 °С, витрата бензину за період роботи двигуна 341 секунда (5⁴¹ хв) склала - 0,312344 (312 грам).
Робота двигуна на газовому паливі склала 161 секунда (2⁴¹ хв), витрата палива за цей період - 210 грам;

- Якщо двигун буде переходити на газове паливо при 50 °С його робота на газовому паливі складе 243 секунди (4³ хв), витрата палива за цей період - 337 грам;

- Економія в часі прогріву (при підключенні впорскування газового палива) може скласти - 127 грама бензину.

Четвертий варіант це прогрів ТЗ у русі:

- Робота двигуна на бензині до температури 50 °С склала - 221 секунда (3⁴¹ хв), витрата палива за цей період - 0,195008 (195 грам);

- Робота двигуна на газі та бензині до температури 85 °С склала 528 секунд (8⁴⁸ хв), сумарна витрата палива за цей період - 0,616861 (616 грам);

- Перехід на газове паливо відбувся при 69 °С, витрата бензину за період роботи двигуна 311 секунд (5¹¹ хв) склала - 0,365304 (365 грам);

- Робота двигуна на газовому паливі склала 217 секунд (3³⁷ хв), витрата палива за цей період - 251 грам;

- Якщо двигун буде переходити на газове паливо при 50 °С його робота на газовому паливі складе 307 секунд (5⁷ хв), витрата палива за цей період - 421 грам;

- Економія в часі прогріву (при підключенні впорскування газового палива) може скласти - 170 грам бензину.

Графічне зображення витрати палива в залежності від виду прогріву зображено на (рис. 3.5), а затрачений час прогріву на (рис. 3.6).

Отримані результати дозволяють зробити попередній висновок, що двигуни транспортних засобів, які обладнанні газобалонним обладнанням 4-го покоління не можуть забезпечити достатній прогрів усієї системи охолодження двигуна ТЗ для своєчасного переходу на газове паливо (включення ГБО).

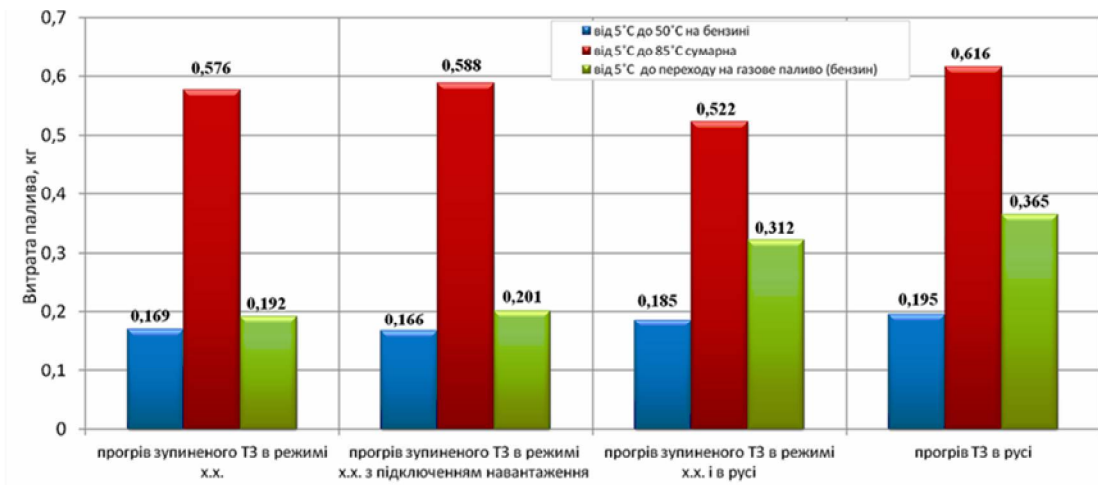


Рисунок 3.5 - Результати зміни витрати палива в залежності від виду прогріву ТЗ

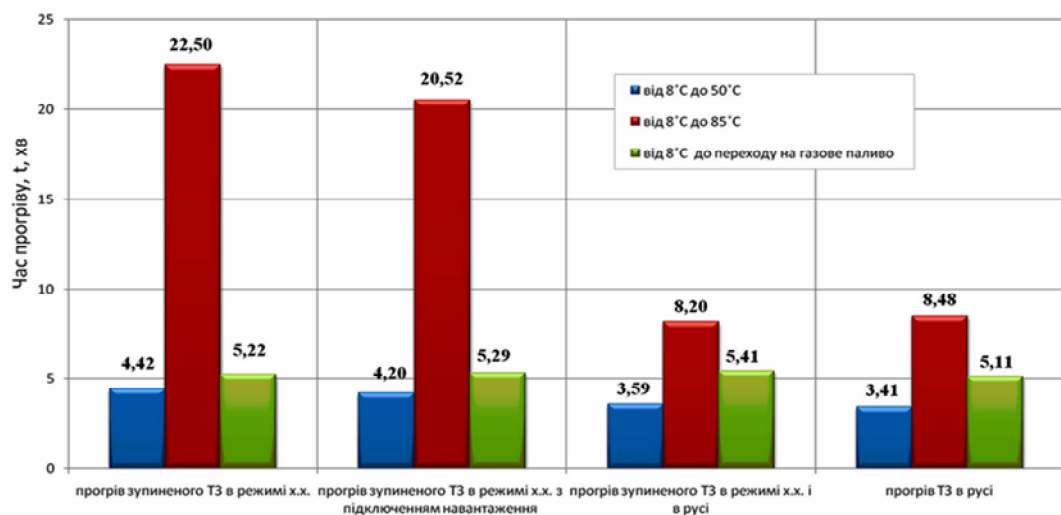


Рисунок 3.6 - Результати зміни часу прогріву в залежності від виду прогріву ТЗ

Це залежить від багатьох факторів, що потребує подальших досліджень в даному напрямку. Для забезпечення одночасного з пуском забезпечення переходу транспортного двигуна на зріджене газове паливо (ГБО 4-го покоління) при низьких температурах навколишнього середовища, вважаємо доцільним встановити в систему охолодження транспортного двигуна технічний засіб для забезпечення одночасної передпускової і післяпускової теплової підготовки системи охолодження двигуна і газового редуктора-випарника у вигляді теплового акумулятора фазового переходу.

Було виявлено, що найшвидше прогрівається охолоджуюча рідина на виході з блоку циліндрів ДВЗ (датчик №1), потім радіатор обігрівача салону

(датчик №2), а за ним дросельна заслінка (датчик №3). Можливо рекомендувати встановлення та підключення теплового акумулятора фазового переходу для передпускового прогріву ДВЗ транспортного засобу та підтримання заданої температури системи охолодження, а також своєчасного переходу системи живлення на зріджене газове паливо для покращення екологічних параметрів роботи двигуна транспортного засобу.

Оптимальне місце підключення ТАФП до патрубків системи охолодження на виході з блоку циліндрів, якщо це можливе за конструктивними ознаками, це забезпечить швидкий прогрів усієї системи охолодження ДВЗ транспортного засобу, а також газового редуктора випарника, що дозволить запустити двигун на зрідженому газовому паливі без затраченого часу на прогрів усієї системи охолодження.

Інший варіант підключення ТАФП до патрубків радіатора обігрівача салону автомобіля, це дозволить швидко прогріти не тільки ДВЗ, а і салон. Доцільно паралельно до теплового акумулятору під'єднати газовий редуктор випарник, що дозволить провести швидкий передпусковий прогрів системи охолодження разом з редуктором випарником, та дозволить провести запуск прогрітого двигуна та всієї системи на зрідженому газовому паливі, що дасть можливість підвищити паливну економічність транспортного двигуна та екологічні показники.

ВИСНОВКИ

- Представлено систему моніторингу температур системи охолодження на транспортному засобі, що включає в себе тепловий акумулятор фазового переходу, працюючого на зрідженому газовому паливі в умовах експлуатації.

- Обґрунтовано та продемонстровано елементи системи моніторингу для здійснення дистанційного дослідження роботи транспортного засобу, обладнаного системою впорскування газового палива, в умовах експлуатації засобами ITS. Обґрунтовано склад системи моніторингу параметрів технічного стану і положення для дослідження роботи ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива, з можливістю дистанційної реєстрації і виводу отриманих результатів на віддалений комп'ютер засобами ITS.

У результаті використання системи моніторингу температур системи охолодження на транспортному засобі, працюючому на зрідженому газовому паливі разом з тепловим акумулятором фазового переходу в умовах експлуатації, можливо підвищити паливну економічність транспортного двигуна та екологічні показники.

Отримані результати будуть корисними для транспортних підприємств які мають в своєму користування транспортні засоби працюючі на зрідженому газовому паливі.

Список використаних джерел

1. Александров В.Д., Александров В.Д., Гутаревич Ю.Ф., Грицук І.В. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів: монографія. Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2014. 230 с.
2. Найман В.С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях. АСТ: Астрель, 2007. 213с.
3. Шульгин В.В. Тепловые аккумуляторы транспортных средств: СПб: Издательство Политехн. ун-та. 2005. 268 с.
4. Предпусковой подогреватель "Вебасто". веб-сайт. URL: <https://www.webasto.com/ru/> (дата звернення: 12.10.2019).
5. Подогреватель газового редуктора STAG R01 CS". веб-сайт. URL: <http://www.ac.com.pl/ru-firma-o-firmie> (дата звернення: 09.09.2019).
6. Адров Д.С., Грицук І.В., Прилепський Ю.В., Дорошко В.І. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур: Збірник наукових праць ДонІЗТ. №27, ДонІЗТ, Донецьк, 2011. 117 – 125 с.
7. Вашуркин И.О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой: СПб: Наука, 2002. 145 с.
8. Устройство облегчения пуска двигателей (УОПД). Техника и технологии. веб-сайт. URL: <http://technics.rin.ru/index/?a=3&id=441> (дата звернення: 08.09.2019).
9. Система предпускового подогрева двигателя. веб-сайт. URL: http://golfstream-nsk.ru/products/scheme_of_installation. (дата звернення: 08.10.2019).
10. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур / Д.С. Адров, І.В. Грицук, Ю.В. Прилепський, В.І. Дорошко. Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. 2011. Випуск № 27, (172). 117 – 126 с.

11. Волков В.П., Грицук І.В., Гутаревич Ю.Ф., Александров В.Д. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування. - Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2015. 314 с.
12. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен. Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., испр. и доп. - М: Издательство МЭИ, 2005. 550 с.
13. Гаврилов В.С., Камкин С.В., Шмелев В.П. Техническая эксплуатация дизельных установок. Учебное пособие для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Транспорт, 1985. – 288 с.
14. Грицук І.В., Вербовський В.С., Погорлецький Д.С., Марченко В.В., Михайлов Р.І. Особливості математичного моделювання теплової підготовки транспортного двигуна за допомогою теплового акумулятора і методики її використання. Матеріали V міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології», 20-21 листопада Харків: ХНАДУ, 2017.С. 28 – 29.
15. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.
16. Дмитриченко М. Ф., Матейчик В. П., Грищук О. К., Цюман М. П. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: Київ: НТУ, 2014. 168 с.
17. Система забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в двигуні внутрішнього згорання: пат. № 103729 Україна, МПК (2013.01) F01P 3/22, B60H 1/04, B60K 11/00. № ua 103729; заяв. 30.10.2012; опубл. 10.04.2013, Бюл. №7.
18. Грицук, І. В. Формування і дослідження комплексної системи комбінованого прогріву двигуна і транспортного засобу. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т . Харьков : ХНАДУ, 2015. Вып. 70. С. 23–32.

19. Influence of Ambient Temperature. веб-сайт. URL: <http://man-ag.com.ua/man-tgx/> (дата звернення: 08.08.2019).

20. Варшамов А.В., Голеншин В.В., Харитонов М.Ю. Выбор перспективных схем теплоаккумулирующих систем предпускового прогрева двигателей внутреннего сгорания. Наукові праці. Техногенна безпека. Радіобіологія, Випуск 268. Том 280, Миколаївський університет кораблебудування ім. адмірала Макарова. 2016. С. 21-27.

21. Голеншин В. В., Шалухин В. И., Варшамов А. В. Экспериментальные исследования температурного состояния оборудования и корпусных конструкций в машинном отделении. Вісник Інженерної академії України. Київ : КНАУ.2011. № 2. С. 159–162.

22. Поликер Б.Е. Дизельные двигатели для электроагрегатов и электростанций. Москва: Легион-Автодата, 2006. 328с.

23. Звонов В.А., Козлов А.В., Кутенев В.Ф. Экологическая безопасность автомобиля с учетом полного жизненного цикла. Автомобильная промышленность. 2000. №11. С. 7-12.

24. Ковалёв С.А. Разработка электронной системы управления газовыми ДВС, переоборудованными на базе транспортных дизелей для работы на сжиженном нефтяном газе. Двигатели внутреннего сгорания. 2018. № 2. С. 55 – 61.

25. Жмудяк Л.М. Перспективные схемы утилизации тепла отработавших газов поршневых ДВС. Динамика и тепловая нагруженность и надежность сельскохозяйственных агрегатов: Материалы второго заседания республиканского семинара. Барнаул: АПИ. 1981. С. 100-109.

26. Система регулювання температури охолоджуючої рідини транспортного двигуна з утилізацією теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором і моніторингом теплових параметрів. Патент на корисну модель UA, №125718, МПК F01P 3/00; Заявка № u2017 11806, Опубл.25.05.2018 Бюл. №10

27. Волков В. П., Грицук І. В., Ю. В. Грицук, Шурко Г. К., Волков Ю. В. Особливості формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Транспортне машинобудування. Харків : НТУ «ХПІ». 2017. № 14. С. 10–20.

28. Аулін В.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегії технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування. 2015. № 28. С. 126-132.

29. Пропан-бутан. веб-сайт. URL: <https://gbo4.ru/vidy-topliva-dlya-gbo-propan-metan.html>. (дата звернення: 14.08.2019).

30. ГБО на автомобиле. веб-сайт. URL: <http://gazcentre.com.ua/news/>. (дата звернення: 14.09.2019).

31. С. Афонин. Газовое оборудование автомобилей. Легковые, грузовые. Устройство, установка, обслуживание. Практическое руководство. «ПОНЧИКО». 2001. 52 с.

32. Золотницкий В.А. Новые газотопливные системы автомобилей. Под научн. ред. С.Н. Погоробного. – Москва: Издательский дом третий Рим, 2005. 64 с.

33. Трекер. веб-сайт. URL: <http://observer.biz.ua/>. (дата звернення: 14.09.2019).

34. Датчик температуры DS18B20. веб-сайт. URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/arduino-ds18b20/>. (дата звернення: 14.09.2019).

35. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). Харьков: РИО ХГАДТУ. 1999. 468 с.

Додатки

Д 1. Перелік умовних позначень

ТЗ – Транспортний засіб

ДВЗ – Двигун внутрішнього згорання

ККД – Коефіцієнт корисної дії

ПММ – Паливо мастильні матеріали

ЗНГ – Зріджений нафтовий газ

ВГ - Відпрацьовані гази

МО – Моторна олива

ОР – Охолоджуюча рідина

СП - Система прогріву

СМ – Система мащення

СОД – Система охолодження

СППД - Підсистема прискореного прогріву двигуна

СУТТА - Підсистема утилізації теплової енергії ВГ тепловим акумулятором фазового переходу

СТП – Система теплової підготовки

ТА - Тепловий акумулятор

ТАФП – Тепловий акумулятор фазового переходу

ТАМ - Теплоакumuлюючий матеріал (фазоперехідний)

ТСН – Тіосульфат натрію

СН – Сульфат натрію

ЦПГ - Циліндро-поршнева група

ШС – Штатна система

Д.2 Системи передпускового прогріву двигуна транспортного засобу

Нижче наведені широко представлені системи передпускового прогріву двигунів ТЗ. Це рідинні опалювачі (рідинні автономні опалювачі) фірм «Webasto» (рис. 2.1) і «Eberspächer» працюючі незалежно від двигуна і в поєднанні зі штатною системою опалення ТЗ (з рідинним охолодження) або в складі окремої системи опалення, призначені для передпускового прогріву транспортного двигуна [4].

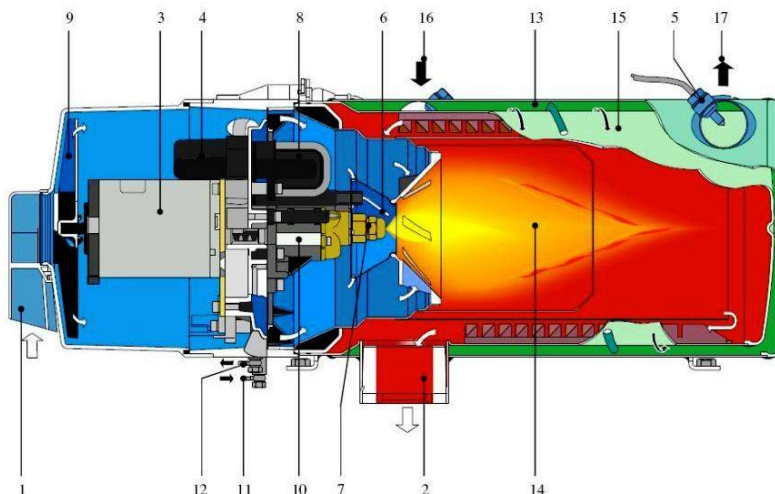


Рисунок 2.1 - Передпусковий рідинний автономний опалювач «Webasto»

1 - забір повітря для горіння; 2 - вихід відпрацьованих газів; 3 - двигун нагнітача; 4 - блок керування; 5 - датчик температури; 6 - електроди запалювання; 7 - форсунка; 8 - високовольтна котушка запалювання; 9 - крилатка нагнітача; 10 - паливний насос; 11 - штуцер подачі палива; 12 - штуцер зворотного паливопроводу; 13 - рідинний контур; 14 - камера згоряння; 15 - корпус теплообмінника; 16 - подача робочої рідини; 17 - вихід робочої рідини.

Системи передпускового прогріву фірми «Webasto» і «Eberspächer» поряд з позитивними показниками має і ряд негативних: додаткове пожежонебезпечне обладнання в підкапотному просторі ТЗ (відкритий котел); додаткова витрата палива у ТЗ; потребує кваліфікованого та дорогого технічного обслуговування; рівень шуму; дорогі та не ремонтпридатні механізми системи.

Також існує система передпускового прогріву двигунів транспортних засобів працюючих на зрідженому газовому паливі фірми АТ «АС» (Польща), ця фірма є провідним і авторитетним у світі виробником автомобільних інноваційних газобалонних систем (ГБО) LPG/CNG марки STAG. Компанією АС S.A. запропоновано підігрівач газового редуктора STAG R01 CS (рис. 2.2). Даний підігрівач може використовуватися в системах з одним або двома редукторами, які встановлюються на двигуни від 4 до 8 циліндрів [5].



Рисунок 2.2 - Система передпускового прогріву двигунів ТЗ працюючих на зрідженому газовому паливі АС R01 CS

Електронний блок при включенні запалення перевіряє температуру редуктора і якщо вважає її недостатньою для випаровування газу, активує електричний нагрівальний елемент. Завдяки цьому прогрів редуктора і вихід його в нормальний режим роботи відбувається швидше, за рахунок чого скорочується час переходу на газ приблизно на 40%. Також існує ще одна система підігріву газового пропанового редуктора R02 COLD CLIMATE з передпусковим прогрівом (з електричним підігрівом від АКБ). Газовий пропановий редуктор-випарник R02 Cold Climate (рис. 2.3). застосовується в системах ГБО 4-го покоління на автомобілях з інжекторним типом двигуна до 136 к.с. Основна і головна особливість редуктора це можливість автономного підігріву з використанням електронного контролера управління температурою, який дозволяє швидко і рівномірно прогрівати весь корпус пристрою. В умовах зниження температури в зимовий час, завдяки електричному нагрівача, значно

знижується навантаження на систему запалювання, скорочується час переходу на газ, і відповідно повинна відбуватися значна економія бензину.



Рисунок 2.3 - Система передпускового прогріву двигунів ТЗ працюючих на зрідженому газовому паливі R02 Cold Climate

Редуктор можливо використовувати 2-ма різними методами.

Недоліком вказаних систем підігріву є те, що вона підігріває редуктор випарник за рахунок використання вмонтованих електронагрівних елементів з використанням акумуляторної батареї ТЗ. Основна частина рідини системи охолодження в цілому остається холодна, це призводить до зниження температури редуктора випарника під час роботи транспортного двигуна і до неможливості переведення двигуна на газове паливо без досягнення температури системи охолодження 45...55 °С. Крім цього, широкого використання знайшли теплові акумулятори (ТА) це пристрої, які дозволяють при роботі транспортного двигуна запасати тепло охолоджуючої рідини або відпрацьованих газів, а потім віддавати це тепло двигуну перед наступним запуском при низьких температурах навколишнього середовища [6]. Серед вказаних пристроїв окремо можливо виділити, так звані теплові акумулятори фазового переходу (ТАФП), які з'явилися в кінці 80-х, початку 90-х років ХХ-го століття. В роботах Шульгіна В.В. [3], і Грицука І.В. [7] розглянуті питання застосування ТАФП в системах передпускового підігріву транспортних двигунів, показані результати попередніх дослідників, представлений огляд існуючих конструкцій, методики конструкторських розрахунків ТАФП,

питання вибору теплоакumuлюючого матеріалу, а також запропоновані нові конструкції ТАФП і систем для їхнього використання. Недоліком ТАФП на ТЗ є відсутність розвинутої мережі їх обслуговування і ремонту.

Відомо, що в Росії ТАФП невеликими партіями виробляла компанія «АвтоПлюсМАДІ» (м. Москва) під назвою «Пристрій полегшення пуску двигуна» (УОПД) [10]. У цих системах для зберігання тепла використовується тепловий акумулятор (ТА), який має подвійний металевий циліндр з вакуумною ізоляцією. Носій тепла - стандартна охолоджуюча рідина транспортного двигуна (тосол або антифриз). При роботі транспортного двигуна спеціальним насосом системи гаряча рідина періодично закачується в тепловий акумулятор, тобто заряджає його. В результаті, після зупинки двигуна в ТА знаходиться гаряча охолоджуюча рідина, яка з плином часу все ж охолоджується.

Також відома система передпускового прогріву транспортного двигуна з акумулятором тепла, розроблена компанією ТОВ «Гольфстрім» (м. Новосибірськ) [11,13]. Ця система основана не на ТАФП, а на акумуляторі тепла, який працює за принципом термоса з подвійною металевою колбою. Відмінною особливістю деяких модифікацій АТ є можливість підігріву охолоджуючої рідини за рахунок вбудованих тенів в пристрій-накопичувач. Завдяки модифікаціям з швидко роз'ємними з'єднаннями, в домашніх умовах можливо підігріти холодну охолоджуючу рідину перед наступним пуском ДВЗ.

В конструкції ТА, які у якості робочої речовини використовують рідину системи охолодження, що є основним їхнім недоліком. Це пояснюється наступним. Температура охолоджуючої рідини ТЗ не може бути більше ніж 85 °С. Тому при забезпеченні передпускового прогріву ТЗ в умовах експлуатації ніколи не може бути забезпечена постійна температура «гарячого» пуску транспортного двигуна 50 °С. Це пов'язано з тим, що має місце природне охолодження конструктивних елементів транспортного двигуна і при виконанні передпускового прогрівання нагріта охолоджуюча рідина у ТА буде змішуватись з основною рідиною системи охолодження (яка має температуру навколишнього середовища).

Тепловий акумулятор із теплоакумулюючим матеріалом фазового переходу було розроблено і виготовлено на кафедрі рухомого складу залізниць ДонІЗТ і проведені його дослідження у складі моторної установки з дизелем К461М1 в лабораторії рухомого складу ДонІЗТ [12]. Також були розроблені системи передпускового прогріву, до складу яких входять теплові акумулятори фазового переходу, які заряджаються від відпрацьованих газів двигуна ТЗ.

Використання енергії відпрацьованих газів є одним із пріоритетних напрямків розвитку двигунобудування. Воно стає можливим при використанні утилізаційних теплообмінників у випускному трубопроводі. Для здійснення поставленої мети було розглянуто задачу утилізації теплової енергії відпрацьованих газів енергетичної установки з двигуном внутрішнього згорання з метою отримати гарячий теплоносіє в системі утилізації відпрацьованих газів з тепловим акумулятором фазового переходу [12]. Розроблений акумулятор дозволяє здійснювати відбір теплової енергії від відпрацьованих газів ДВЗ в більш широкому температурному діапазоні і тим самим накопичувати і утримувати більшу кількість теплоти, а також забезпечує вибірковість діапазону робочих температур.

В результаті реалізації завдання, пропонується провести дослідження і сформуванню систему теплової підготовки для ТЗ, в якій за рахунок використання фазоперехідного теплового акумулятора в системі охолодження транспортного двигуна, підтримувати температуру системи охолодження при зупиненому транспортному двигуні, в межах $+40...55^{\circ}\text{C}$ при низьких температурах навколишнього середовища в реальних умовах експлуатації, а при зменшенні температури теплоносія в тепловому акумуляторі - підтримання її у встановлених межах за рахунок теплоти відпрацьованих газів транспортного двигуна шляхом здійснення його роботи при періодичному чередуванні зупинки та роботи (циклічний режим).

Д.3. Теплові акумулятори фазового переходу будова та характеристики

В даний час відомий широкий спектр речовин, що забезпечують температуру акумуляції від 0 до 1400 °С. Слід зазначити, що широке застосування ТА з ТАМ, що плавиться стримується насамперед міркуваннями економічності створюваних установок. При робочих температурах до 120 °С рекомендується застосування кристалогідридів неорганічних солей, що пов'язано в першу чергу з використанням природних речовин у якості ТАМ. Для реального застосування розглядаються тільки речовини, що не розкладаються при плавленні, або розчиняються в надлишковій воді, що входить до складу ТАМ. З метою забезпечення кристалізації з малим переохолодженням рідини необхідне застосування речовин, які є первинними центрами кристалізації. Для блокування поділу фаз або застосовуються загусники, або інтенсивне перемішування в процесі теплообміну. До теперішнього часу розроблені рекомендації, що забезпечують працездатність ТАМ на основі кристалогідратів протягом декількох тисяч циклів заряду-розряду. До числа недоліків кристалогідратів слід віднести також їх підвищену корозійну активність [6]. Використання органічних речовин практично повністю знімає питання корозійного руйнування корпусу, забезпечує високу густину енергії, що запасується, непогані економічні показники. Розроблені до теперішнього часу способи поверхневої обробки органічних речовин (крафт – полімеризація – модифікація і т.п.) Дозволяють створювати конструкції без явно вираженої поверхні теплообміну. Однак в процесі роботи органічних речовин відбувається зниження теплоти плавлення внаслідок руйнування довгих ланцюжків молекул полімерів. Застосування органічних матеріалів вимагає розвинених поверхонь теплообміну внаслідок низького коефіцієнта теплопровідності ТАМ. При більш високих робочих температурах застосовуються, як правило, з'єднання і сплави легких металів. Істотними недоліками з'єднань металів прийнято вважати низький коефіцієнт

теплопровідності, корозійну активність, зміну обсягу при плавленні. Основні типи ТА фазового переходу приведені на (рис. 3.1).

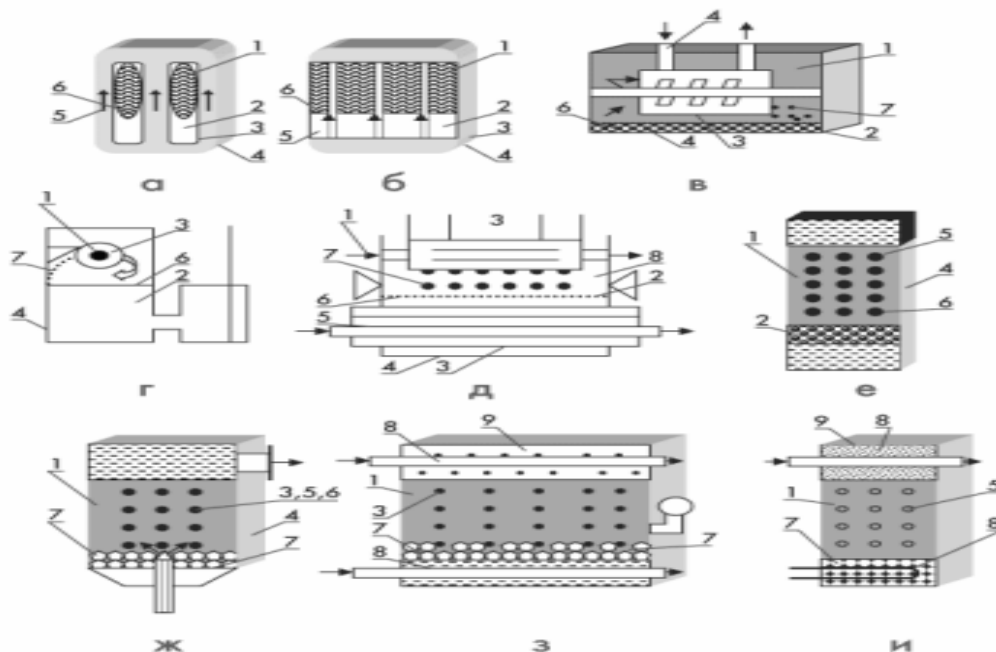


Рисунок 3.1 - Основні типи акумуляторів теплоти фазового переходу: а - капсульний; б - кожухотрубний; в, г - з скребковим видаленням ТАМ; д - з ультразвуковим видаленням ТАМ; е, ж - з прямим контактом і прокачуванням ТАМ; з, і - з випарно-конвективним переносом тепла; 1 - рідкий ТАМ; 2 - твердий ТАМ; 3 - поверхня теплообміну; 4 - корпус ТА; 5 - теплоносій; 6 - межа розділу фаз; 7 - частинки твердого ТАМ; 8 - проміжний теплообмінник; 9 - парове і рідинне простору для теплоносія

Розміщення ТАМ в капсулах (рис. 3.1, а) забезпечує високу надійність конструкції, дозволяє створювати розвинену поверхню теплообміну, компенсувати зміни обсягу в процесі фазових переходів. Однак внаслідок низької теплопровідності ТАМ необхідна велика кількість капсул малого розміру, що призводить до великої трудомісткості виготовлення ТА. Особливо доцільне застосування капсульних ТА у випадках малих теплових потоків з теплообмінної поверхні. Розташування ТАМ в між трубному просторі кожухотрубного теплообмінника (рис. 3.1, б) забезпечує раціональне використання внутрішнього обсягу ТА.

Найбільш технологічно складним і дорогим елементом ТА традиційної конструкції є теплообмінна поверхня. Внаслідок низьких коефіцієнтів теплопровідності більшості плавких ТАМ в даний час запропоновані різні способи зменшення поверхні теплообміну шляхом зіскрібання ТАМ (рис. 3.1, в,г) ультразвукового або електрогідравлічного руйнування затверділого ТАМ (рис. 3.1, д). Зазначені способи дозволяють суттєво знизити величину теплообмінної поверхні, але суттєво збільшують навантаження на конструктивні елементи акумулятора. Відомо, що найкращим варіантом теплообмінної поверхні є її повна відсутність, тобто безпосередній контакт ТАМ і теплоносія. Очевидно, що в цьому випадку необхідно підбирати як ТАМ, так і теплоносії за ознаками, що забезпечує працездатність конструкцій. ТАМ в цьому випадку повинні відповідати наступним вимогам: кристалізуватися окремими кристалами; мати велику різницю щільності твердої та рідкої фаз; бути хімічно стабільними; Не утворювати емульсій з теплоносієм.

В якості теплоакумулюючого матеріалу теплового акумулятора фазового переходу, який використовується в підсистемі утилізації теплової енергії відпрацьованих газів дизельного двигуна транспортного засобу, використовується поліетилен високої густини.

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика ТА фазового переходу і ТАМ

Найменування	Характеристика
Теплоакумулюючий матеріал з властивостями:	поліетилен високої густини
Температура фазового переходу, К	408
Густина, кг/м^3 , ρ_{ms} / ρ_p	925 / 800
Питома тепла енергія фазового переходу, кДж/кг	230
Питома теплоємність, кДж/(кг·К), C_{ms} / C_p	2.5 / 3.3
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К) , λ_{ms} / λ_p	0.26 / 0.04
Маса теплоакумулюючого матеріалу, кг	20
Маса теплового акумулятора з ТАМ, кг	39
Тепло ізолюючий матеріал	подвійний спінений поліетилен, покритий двома шарами алюмінійовано фольги
Матеріал корпусу ТА	нержавіюча сталь
Матеріал теплообмінника ТА	Латунь або мідь
Теплова ємність ТА, кДж/К	47.25

Д.4 Основні характеристики зрідженого нафтового газу

Тиск насичених парів дуже впливає на конструкцію і роботу газобалонного обладнання. За максимальним тиску газу розраховують міцність балона. Гази надходять з балону в редукційний пристрій газобалонного обладнання (ГБО), на відміну від бензину під дією надлишкового тиску в балоні для подолання опору редукційного пристрою. Ця властивість особливо актуально при експлуатації ГБО в умовах низьких температур, коли компоненти ЗНГ переходять в рідкий стан і, отже, їх надмірний тиск наближається до нуля. Марка газу ПБ допускається до застосування у всіх кліматичних районах при температурі навколишнього повітря не нижче мінус 20 °С. Марка ПА застосовується в зимовий період в тих кліматичних районах, де температура повітря опускається нижче мінус 20 °С і рекомендований температурний інтервал її застосування від мінус 20 °С до мінус 35 °С. Фізико-хімічні показники, яким повинні відповідати вуглеводневі зріджені нафтові газу, наведені в таблиці. 4.1.

Таблиця 4.1 - Фізико-хімічні показники основних компонентів ЗНГ

Найменування показника	Норма для марки	
	ПА	ПБ
Масова частка компонентів, %: сума метану, етану: пропан: сума вуглеводнів °С і вище: сума ненасичених вуглеводнів, не більше:	не нормується 85 \pm 10 не нормується 6	не нормується 50 \pm 10 не нормується 6
Вміст рідкого залишку при 40 °С, вільної води і луку:	Відсутність	Відсутність
Тиск насичених парів, надмірний, МПа, при температурі: плюс 45 °С, не більше мінус 20 °С, не менше мінус 35 °С, не менше	- - 0,07	1,6 0,07 -
Масова частка сірки і сірчистих сполук, %, не більше: в тому числі сірководню, не більше:	0,01 0,003	0,01 0,003
Базова температура для регламентації максимального надлишкового тиску насичених парів 1,6 МПа, °С:	+30	+45

При масовій частці меркаптанової сірки менше 0,001% зріджені газу повинні бути одоровані. Зріджені газу малотоксичні і за ступенем впливу на організм людини відносяться до речовин 4-го класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007. Зріджені газу утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші при

концентрації парів пропану від 2,1 до 9,5%, ізобутану від 1,8 до 8,4%, нормального бутану від 1,5 до 8,5% об'ємних при тиску 98066 Па (1атм) і температурі 15...20 °С. Температура самозаймання в повітрі при тиску 0,1 МПа (760 мм рт. Ст.). Становить: пропану - 466 °С, ізобутана - 462 °С, бутану - 405 °С [32,33]. Одним з найбільш важливих властивостей пропану і бутану, що відрізняють їх від інших видів автомобільного газового палива, є наявність парової фази над дзеркалом рідкої фази. Це властивість дозволяє підтримувати тиск в балоні. Вміст пропану в ЗНГ при використанні ПА і ПБ по ГОСТ 27578-87 може змінюватися від 40% до 100%, при використанні технічного пропану, суміш пропану бутану технічного і бутану технічного по ГОСТ 20448-90 - практично від 0% до 100%. У реальних умовах експлуатації вміст пропану в ЗНГ може сильно змінюватися від заправки до заправки. Відповідно, будуть змінюватися і щільність ЗНГ (від 2,019 кг/м³ для 100% пропану до 2,703 кг/м³ для 100% бутану) і стехіометричний коефіцієнт об'ємний (від 23,9 м³ для 100% пропану до 30,95 м³ для 100% бутану). Зі збільшенням температури зростає тиск, що призводить до значної зміни обсягу газу, що знаходиться в рідкому стані. Отже, якщо зріджений газ повністю заповнює балон і температура продовжує збільшуватися, то внутрішній тиск, швидко збільшуючись, призводить до руйнування балона. В умовах холодного клімату (або зими) в газовому паливі (суміші пропану і бутану) повинен переважати пропан для кращої випаровуваності суміші. Пропан перестає переходити в газову фазу і залишається в рідкому стані при температурі нижче - 42 °С, для бутану ця температура дорівнює - 0,5 ° С. Оскільки в двигун зріджений нафтовий газ надходить в газоподібному стані, то в порівнянні з бензином зменшується наповнення їм циліндрів. Таким чином, при роботі двигуна на газі його потужність трохи знижується. Якщо потужність двигуна, що працює на бензині, прийняти за 100%, то потужність двигуна, що працює на газі, буде приблизно дорівнює 93%, що призводить до зниження максимальної швидкості. [34,33,32].

Д.5. Основні складові газобалонного обладнання 4-го покоління

Сучасні європейські автомобілі постачають системою бортової діагностики EOBD (Європейська Бортова Діагностика), яка контролює роботу двигуна при підготовці і згорянні паливної суміші. Автомобілі, оснащені цією системою, відповідають найжорсткішим вимогам, відповідним новим стандартам по токсичності відпрацьованих газів. При установці на автомобіль газових систем потрібно обладнання, яке діє на принципах, сумісних з принципами роботи системи впорскування бензину. Це системи послідовного або розподіленого впорскування газу. Газову паливну апаратуру можна встановлювати на будь-яку модель легкового або вантажного автомобіля вітчизняного та іноземного виробництва, оснащених двигунами з системою впорскування палива і електронним управлінням, якщо конструкція дозволяє розмістити в багажнику циліндричний або тороїдальний балон з газом. Конструктивні рішення комплектуючих пристроїв газобалонної апаратури (ГБО) відрізняються великою різноманітністю в залежності від типів двигунів, для яких вони призначені, і від заводів виробників.

Газове обладнання автомобіля розміщують у трьох місцях: в моторному відсіку, салоні та багажному відсіку. У моторному відсіку автомобіля встановлюють: редуктор-випарник газу; електромагнітний газовий клапан; електромагнітний бензиновий клапан; газові форсунки; блок керування. У салоні на приладовій панелі встановлюють: перемикач видів палива «Газ - Бензин» з блоком індикації режимів «Газ - Бензин» і кількості палива в газовому балоні; запобіжник. У багажному відсіку встановлюють: газовий балон з запірною-захисною арматурою; виносний заправний пристрій.

На деяких моделях систем газобалонної апаратури встановлюють дозуючий пристрій, призначений для подачі певної кількості газу, що відповідає режиму роботи двигуна, крім холостого ходу, а також вилку-трійник з регулюючим гвинтом (або гвинтами). Газобалонне обладнання (ГБО) призначене для встановлення на транспортні засоби та забезпечує можливість роботи двигунів цих ТЗ на ЗНГ за ГОСТ 27578. За складом, комплектності та конструктивними особливостями ГБО повністю відповідає вимогам ТУ 152-12-

008-99, пункт 1.3 «Технічні вимоги до газобалонного обладнання для подачі ЗНГ» і має сертифікат відповідності. Установка ГБО зберігає можливість повноцінної роботи двигуна на бензині. Автомобіль з ГБО розрахований на експлуатацію в тих же умовах, що і базовий автомобіль, що працює на бензині.

Широке застосування серед існуючих систем газобалонного обладнання (ГБО) знайшла система 4 - покоління вона відрізняється від попередників за двома пунктами. По-перше, вона дозволяє подавати газ окремо на кожен циліндр. Це суттєво економить паливо і робить використання ГБО ефективніше. По-друге, системи 4 покоління впорскують газ синхронізовано. Тобто в кожен циліндр паливо потрапляє одночасно. Принципова відмінність газового обладнання 4 покоління від попередніх полягає в подачі газу під тиском $1...2 \text{ кг/см}^2$ до впускних клапанів кожного циліндра двигуна, тобто, розподілене уприскування. Четверте покоління, має електромагнітні газові форсунки, які забезпечують уприскування газу в кожен циліндр (тобто, по аналогії з бензиною системою). Дозування і визначення фази впорскування виконує штатний автомобільний контролер [32].

Короткі технічні характеристики і показники автомобілів, оснащених ГБО:

- контрольний витрата газу в перерахунку на бензин при швидкостях руху 40...80 км/год в міському циклі руху може перевищувати відповідну витрату бензину на 15...20%;

- пасажиромісткість і допустима маса вантажу, що перевозиться на 55 кг менше, ніж у базового автомобіля;

- максимальна швидкість руху на горизонтальній ділянці рівного шосе при повній масі автомобіля не більше ніж на 7% менше, ніж при роботі на бензині;

- запас ходу автомобіля на газі при штатній заправці - не менше 400 км, в залежності від об'єму балону.

Система складається з балона для зберігання газу, заправочного клапана, паливо провідів, мультиклапану, клапану вмикання подачі газу, редуктора

випаровувача, блоку газових форсунок, електронного блоку керування, фільтруючих елементів, кнопки керування, загальна схема показана на (рис. 5.1). Балон з'єднаний з заправочним клапаном за допомогою гнучкого гумового шланга. На виході з балона встановлено мультиклапан, який включає подачу газу при перемиканні з бензинового палива на газ. За допомогою мідної трубки діаметром 8мм газ подається на фільтр очищення, магістральний електромагнітний клапан і далі на одноступінчатий редуктор-випарник. На редуктор постійно подається охолоджуюча рідина (врізка в систему охолодження двигуна, як правило - паралельно з обігрівачем салону або в дросельну заслінку). У редукторі відбувається випаровування газу і установка постійного надмірного тиску незалежно від навантаження на двигун.

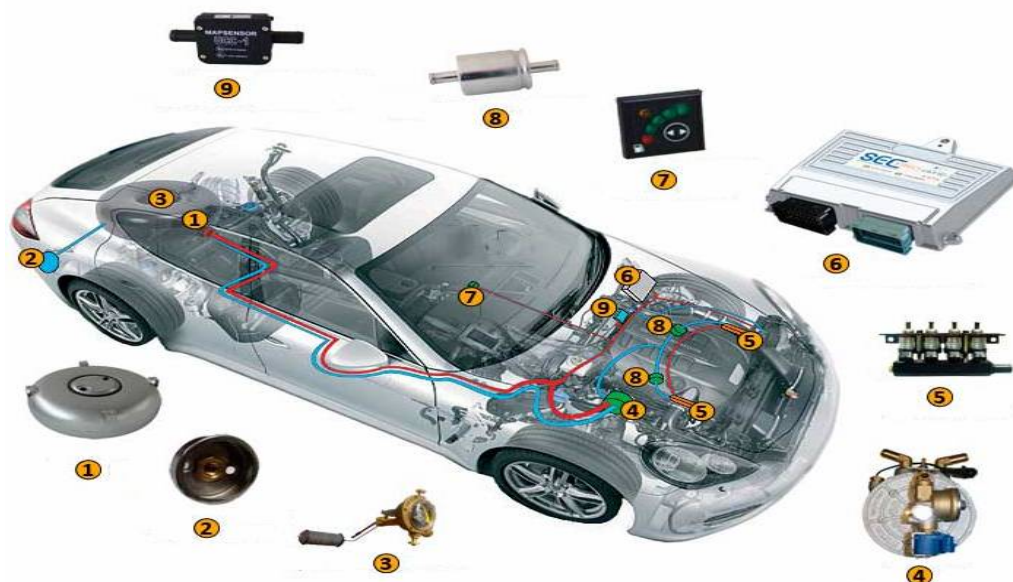


Рисунок 5.1 - Схема компонування ГБО - 4 покоління: 1 - газовий балон; 2 - заправочний пристрій; 3 - мультиклапан; 4 - редуктор; 5 - газові форсунки; 6 - блок управління ГБО; 7 - перемикач ГАЗ/Бензин; 8 - фільтр газовий; 9 - датчик температури і розрідження

Незалежно від положення перемикача виду палива запуск двигуна завжди здійснюється на бензині. Після прогріву двигуна до певної температури (зазвичай 40...55 °С) відбувається автоматичне перемикання на газ, також цю температуру можна відкоригувати і змінити але рекомендується проводити

перехід на зріджений газове паливо при температурі системи охолодження двигуна не нижче 40 °С, суворо вказано нижня межа температури так як вона

Мультиклапан - це спеціальний прилад, який встановлюється на ГБО автомобіля з метою запобігання витоку газу і створення аварійної ситуації, (рис. 5.3). Це спеціальний блок, що складається з 4-х систем: запобіжна; запірна; контрольна; виконавча.

Електромагнітний газовий клапан служить для відкриття каналу подачі газу в редуктор і його перекриття при роботі на бензині (керується дистанційно з салону автомобіля за допомогою перемикача «Газ» - «Бензин»). Фільтри не вимагають регулярного обслуговування: досить промивання або заміни. У деяких конструкціях очищати фільтри слід кожні 30 тис/км пробігу автомобіля. При включеному запалюванні і установці перемикача в положення «Газ» клапан відкривається, і газ по трубопроводу високого тиску надходить в редуктор-випарник. При виключеному запалюванні клапан перебуває в положенні «Закрито».

Газовий редуктора-випарник

Автоматичне зниження і підтримання на виході заданого тиску газоподібного палива на всіх режимах роботи двигуна забезпечує редуктор-випарник для автомобільних двигунів. Редуктор є найважливішою, найбільш складною і дорогою (не рахуючи балонів) складовою ГБО, що безпосередньо впливає на показники роботи двигуна та автомобіля.

Основною функцією редуктора-випарника (варіант з пропановим паливом) є зниження тиску газової суміші, що надходить з балона в зрідженій фазі під тиском 16 атм., До робочого (1...2 атм.). Її переведення в газоподібний стан шляхом підігріву від охолоджуючої рідини ДВЗ і подачу/дозування до камер згоряння двигуна через форсунки.

Газові форсунки. Конструктивно газові форсунки дуже схожі з бензиновими - виняток становлять лише кілька моделей. Але навіть схожі по конструкції газові форсунки істотно відрізняються від бензинових аналогів за своїми параметрами. Так як обсяг випаруваного в редукторі газу, що подається

в циліндри, в 250 разів перевищує еквівалентну дозу бензину, всі прохідні перетини у газовій форсунки в десятки разів більше. Крім того, газові форсунки мають низький електричний опір 1...3 Ом, в той час як у їх бензинових колег воно становить 16...17 Ом.

Блок управління ГБО (електронний блок управління, ЕБУ) - це основний контролюючий елемент газобалонного обладнання. В електронні блоки управління впроваджують спеціальні мікросхеми або флеш-пам'ять, а також встановлюють програми, за допомогою яких можна налаштувати роботу всього газобалонного обладнання. ЕБУ газової системи одночасно виконує завдання емуляторів, без яких раніше не обходилося переобладнання інжекторних двигунів. Коли ЕБУ газової системи отримує сигнал керування бензиновими форсунками, він одночасно посилає в базовий ЕБУ імітує сигнал нормальної роботи електричного кола цих пристроїв. Блок управління виконує також функцію діагностики системи і може бути перепрограмований. Ця операція здійснюється за допомогою спеціального тестера програматора, що поставляється фірмою в систему професійного сервісу. Емулятор під час роботи двигуна на газі перекриває подачу бензину і імітує для основного блоку управління двигуном роботу форсунок. Він підключається до системи спеціальним кабелем. Модуль емулятора для кожного автомобіля підбирають в залежності від встановленої на ньому системи впорскування, також він може знаходитись в блоці управління ГБО [32,33,34,35,27].

Д.6. Характеристики системи моніторингу температур охолоджуючої рідини транспортного двигуна з утилізацією теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором

Дана система регулювання температури охолоджуючої рідини транспортного двигуна внутрішнього згорання, який працює на зрідженому газовому паливі має недолік – в зв'язку з використання тільки штатних датчиків ДВЗ для моніторингу температури системи охолодження транспортного двигуна та включення системи передпускового прогріву на основі теплового акумулятору фазового переходу займає тривалий час, що є не економічно вигідним з огляду на втрати теплової енергії з системи та збільшення часу передпускової підготовки транспортного двигуна для запуску його на зрідженому газовому паливі. Задачею є створення такої системи, в якій за рахунок конструктивних особливостей можливо було б суттєво скоротити час включення системи передпускового прогріву транспортного двигуна на основі теплового акумулятору фазового переходу, а також скоротити втрати теплової енергії з системи передпускового прогріву на основі теплового акумулятору фазового переходу, та за рахунок цього скоротити час прогріву та запуску транспортного двигуна на газовому паливі, а також обладнати систему додатковими датчиками температури для моніторингу теплових параметрів двигуна транспортного засобу працюючого на зрідженому газовому паливі.

Вирішуються це за допомогою системи регулювання температури охолоджуючої рідини транспортного двигуна, що працює на зрідженому газовому паливі, з утилізацією теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором і моніторингом теплових параметрів двигуна ТЗ, що містить тепловий акумулятор, електричний водяний насос, клапани вимикання теплового акумулятору, газовий редуктор, дросель, теплообмінник, радіатор, блоки керування роботою транспортного двигуна, газового редуктора, систему регулювання температури охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згорання, керування пуском двигуна, блок моніторингу теплових параметрів транспортного двигуна, комунікаційний інтелектуальний контролер (трекер), диспетчерський центр інженерно-технічної служби, які входять в комплексний блок керування системою. Та за рахунок цього в системі охолодження транспортного двигуна працюючого на зрідженому газовому паливі

підтримується температура при зупиненому транспортному двигуні, в межах обумовлених заводською інструкцією температур газового редуктора, для запуску на зрідженому газовому паливі, тобто не нижче $+40...55^{\circ}\text{C}$ при низьких температурах оточуючого середовища в реальних умовах експлуатації, а при зменшенні температури теплоносія в тепловому акумуляторі - підтримання її у встановлених межах за рахунок теплоти відпрацьованих газів транспортного двигуна шляхом здійснення його роботи при періодичному чередуванні зупинки та роботи (циклічний режим). Розташування додаткових датчиків температури дозволяє в режимі реального часу одержувати інформацію про роботу системи охолодження транспортного двигуна, та випуску відпрацьованих газів. Отримані дані про температури й витрати робочих середовищ у зазначених системах дозволять більш точно визначати складові теплового балансу транспортного двигуна, ефективні показники його роботи, оцінювати оптимальність налаштувань і регулювань основних систем транспортного двигуна. Всі блоки системи, які спільно утворюють комплексний блок управління (КБУ) і сама система працює в залежності від отриманої інформації від датчика теплового акумулятора, датчика температури охолоджуючої рідини транспортного двигуна Д2, датчику температури оливи в піддоні транспортного двигуна Д3 та датчика температури оливи в блоці транспортного двигуна Д4. А також додатково розміщених датчиків температури охолоджуючої рідини (ОР): датчик температури який розміщено у внутрішньому контурі системи охолодження ДВ3; датчик температури перед теплообмінником обігріву салону транспортного засобу (підка); датчик температури перед дросельною заслінкою ДВ3; датчик температури газового редуктора випаровувача; датчик температури ОР на вході до теплового акумулятора; датчик температури ОР на виході з теплового акумулятора.

Д.7. Основні характеристики та складові елементи системи моніторингу температур системи охолодження на транспортному засобі, працюючому на зрідженому газовому паливі

Особливістю запропонованої схеми є багаторівнева побудова механізму отримання і обробки інформації про параметри технічного стану, в залежності від функціональної приналежності ТЗ і його параметрів, умов експлуатації [1,2], особливостей конструкції та засобів інформаційного забезпечення процесів дослідження. На рівні ТЗ (рис. 7.1) інформаційний обмін здійснюється між елементами ЕБК транспортного засобу, елементами ЕБК системи впорскування зрідженого газового палива через OBD-рознімання - з елементами системи моніторингу параметрів технічного стану (СМПТС) і положення ТЗ. Складові процеси рівня ТЗ в частині елементів системи впорскування зрідженого газового палива, забезпечують не тільки формування інформаційної складової ТЗ, але й енергетичної складової. Вказана енергетична взаємодія на рівні ТЗ полягає у своєчасному забезпеченні транспортного двигуна подачею зрідженого газового палива. Для дослідного ТЗ СМПТС включає в себе: штатні датчики транспортного двигуна і ТЗ, штатні датчики системи подачі газового палива, ЕБК транспортного двигуна і ЕБК системи подачі газового палива, лінії системи стандарту OBD-II, адаптер (сканер) OBD-II [9]. За допомогою ліній системи стандарту OBD-II і вказаного вище OBD-рознімання інформація про параметри технічного стану ТЗ поступає на встановлений в дослідженні адаптер OBD-сканер. В результаті інформаційної взаємодії зі з'єднаним пристроєм, за допомогою Bluetooth, Wi-Fi або USB, з транзитним сервером СМПТС до мереж отримання і передачі інформації рівня інфраструктури транспорту передається отримана від ТЗ інформація. При необхідності додаткового отримання інформації про параметри технічного стану від транспортного двигуна, транспортного засобу, системи подачі зрідженого палива, можливе встановлення додаткових датчиків температури, які під'єднуються до контролеру сканеру - комунікатору (трекеру).

Проаналізувавши існуючі в ТЗ засоби і методи визначення вказаних параметрів технічного стану, сучасне обладнання та інформаційні можливості ITS, авторами запропонований варіант структури моторної установки, оснащеної засобами моніторингу, для здійснення дистанційного дослідження

температурних режимів роботи ДВЗ транспортного засобу, обладнаного системою впорскування газового палива, в умовах експлуатації, схема розміщення додаткових датчиків контролю температури та їх взаємодії, ДВЗ переобладнаного на живлення газовим паливом наведена на (рис. 3.4).

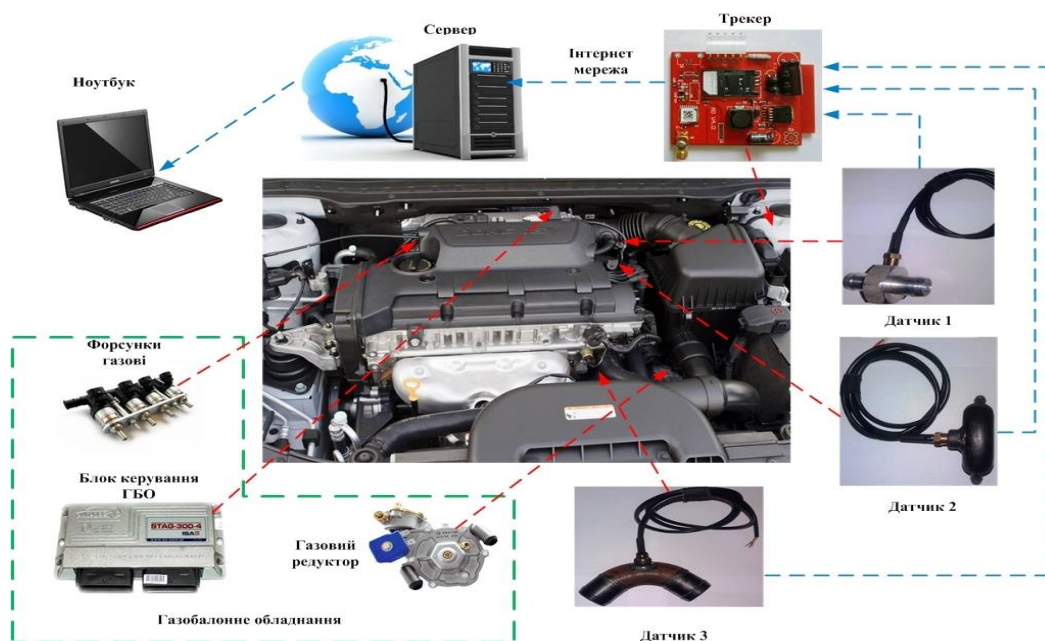


Рисунок 7.1 - Структурна схема

В якості дослідного ТЗ було обрано KIA Seed 2.0 5МКПП з двигуном G4GC, обладнаних газобалонним обладнанням 4-покоління у складі інжекційного газового редуктора Tomasetto AT-09 Alaska, форсунок Hana, блоку керування STAG, температура (за параметрами температури охолоджуючої рідини) запуску газової апаратури 45 °С. Система моніторингу параметрів технічного стану дослідного ТЗ включає в себе: штатні датчики транспортного двигуна і ТЗ, штатні датчики системи подачі газового палива, електронного блоку керування (ЕБК) транспортного двигуна і ЕБК системи подачі газового палива, лінії системи стандарту OBD-II, адаптер (сканер) OBD-II [39]. В системі використовується трекер компанії «Відеокомпроекти» - це компактний ГЛОНАСС/GPS/GSM термінал призначений для визначення координат транспортного засобу і їх передачі по мережі GSM. GPS термінал

трекер компанії «Відеокомпроекти» дозволяє швидко і легко визначати місце розташування віддалених рухомих об'єктів (вантажних, легкових автомобілів і так далі), загальний вигляд трекеру зображений на (рис. 3.5) [35].

Особливості трекеру: компактний розмір, проста установка; підтримка GPS (ГЛОНАСС на вимогу заказчика); налаштовуються параметри

У якості датчика температури використовується датчик Arduino DS18B20. Датчик температури в Arduino - один з найпоширеніших видів датчиків. Розробнику проектів з термометрами на Arduino є безліч різних варіантів, що відрізняються за принципом дії, точності, конструктивному виконанню. Цифровий датчик DS18B20 є одним з найбільш розповсюджених температурних датчиків, часто він використовується в водонепроникному корпусі для вимірювання температури води або інших рідин.

Для роботи з датчиком нам знадобиться програмне забезпечення: Arduino IDE. Бібліотека OneWire, якщо використовується кілька датчиків на шині, можна використовувати бібліотеку DallasTemperature. Вона буде працювати поверх OneWire. Монтажна плата; USB-кабель для підключення до комп'ютера. До плати Ардуіно UNO датчик підключається просто: GND з термодатчика приєднується до GND Ардуіно, Vdd підключається до 5V, Data - до будь-якого цифрового піну. У режимі паразитного живлення контакт Vdd з датчика підключається до GND на Ардуіно - в цьому випадку стануть в нагоді тільки два дроти. Роботу в паразитному режимі краще не використовувати без необхідності, так як можуть погіршитися швидкодію і стабільність. Всі датчики DS18B20 підключаються паралельно, для них всіх досить одного резистора. За допомогою бібліотеки OneWire можна одночасно вважати всі дані зі всіх датчиків. Дізнатися, з якого датчика отримано те чи інше значення, можна за допомогою унікального серійного 64-бітного коду, який буде виданий в результаті виконання програми. Проаналізувавши запропоновані елементи системи моніторингу теплових параметрів двигуна ТЗ працюючого на зрідженому газовому паливі та методи і способи визначення температурних параметрів ДВЗ ТЗ працюючого на зрідженому газовому паливі, сучасне

обладнання та інформаційні можливості ITS, був запропонований варіант структури моторної установки з засобами моніторингу для здійснення дистанційного дослідження температурних режимів роботи ДВЗ транспортного засобу обладнаного системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами ITS, структурна схема розміщення додаткових датчиків контролю температури в системі охолодження ДВЗ переобладнаного на живлення газовим паливом приведена на (рис. 7.2) [36,37].

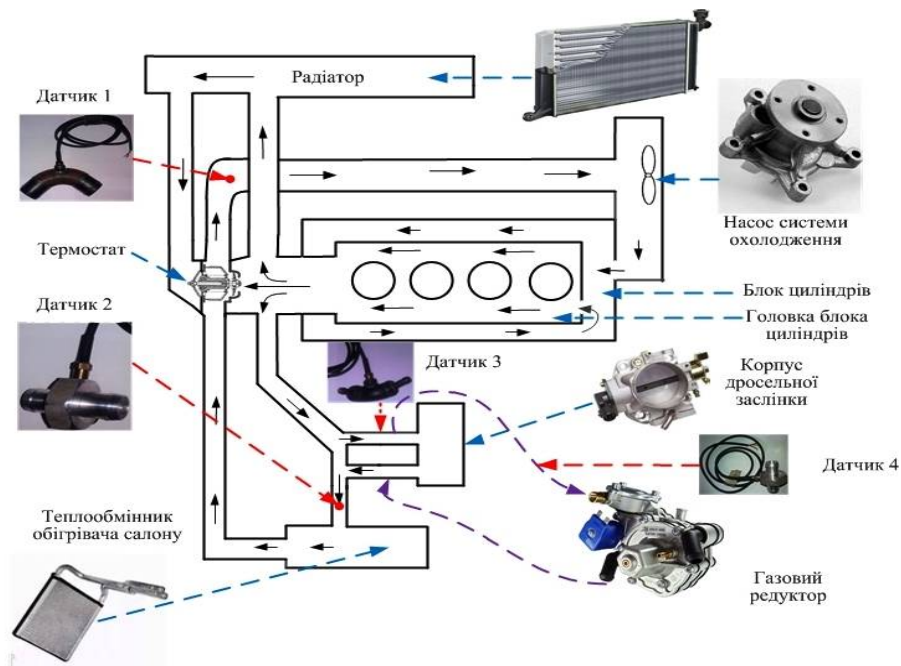


Рисунок 7.2 – Схема розташування датчиків температури в системі охолодження транспортного двигуна G4GC

Система моніторингу параметрів технічного стану дослідного ТЗ включає в себе: штатні датчики транспортного двигуна і ТЗ, штатні датчики системи подачі газового палива, електронного блоку керування (ЕБК) транспортного двигуна і ЕБК системи подачі газового палива, лінії системи стандарту OBD-II, адаптер (сканер) OBD-II [37]. Для отримання додаткової інформації про температурні параметри стану системи охолодження двигуна ТЗ та системи подачі зрідженого газового палива, встановлено додаткові датчики температури, які під'єднуються до контролера сканеру - комунікатору (трекеру). Були обрані місця встановлення додаткових датчиків температури згідно комплектації системи охолодження транспортного засобу та додаткового

підключення газового редуктора випарника системи подачі газового палива. Датчики були встановлені через спеціально виготовленні перехідники в патрубки системи охолодження, у самих теплонавантажених місцях системи охолодження, а саме:

- датчик 1 на виході з блоку циліндрів;
- датчик 2 перед радіатором обігрівача салону;
- датчик 3 перед дросельною заслінкою;
- датчик 4 перед газовим редуктором випарником.

Загальний вигляд встановлених елементів системи моніторингу параметрів температурного стану (СМПТС) і положення ТЗ для дослідження роботи ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами ITS: розташованому в автомобілі KIA Seed 2.0 5МКПП, зображено на (рис. 7.11).



а)



б)

Рисунок 7.11 – Встановленні елементи системи моніторингу: а) підключення трекеру; б) налаштування системи моніторингу

АНОТАЦІЯ

наукової роботи під шифром «Транспортний засіб»

Актуальність теми. Двигуни внутрішнього згорання транспортного засобу, які працюють на зрідженому газовому паливі, в різних умовах експлуатації мають значні теплові втрати від працюючого енергетичного обладнання в навколишнє середовище. Для підвищення їх ефективності можливо використання додаткових засобів утилізації або накопичення бросової теплової енергії, які можуть використовуватись для теплової підготовки двигуна транспортного засобу. Для можливої реалізації бросової теплової енергії двигуна ТЗ для потреб транспортного засобу потрібно урахування існуючих нормативних вимог, оцінка економічної доцільності удосконалень, конструктивна, технологічна і експлуатаційна надійність та безпека реалізованих варіантів засобів.

Актуальність наукової роботи зумовлена тим, що ефективність функціонування транспортних засобів (ТЗ), як складної технічної системи, залежить від їх технічного стану. У зв'язку з цим виникає потреба визначення їх технічного стану і керування ним в умовах експлуатації на основі даних, отриманих в процесах моніторингу та при прогнозуванні основних його параметрів. Моніторинг процесів прогріву транспортного двигуна працюючого на зрідженому газовому паливі має суттєві складності, тому що потребує формування вимірювального комплексу на основі ТЗ а ефективність роботи вимірювального комплексу при використанні в ТЗ напряму залежить від своєчасності і контрольованості теплових процесів, що потребує наявності моніторингу теплових параметрів роботи транспортного двигуна.

Важливу роль у вирішенні енергетичної проблеми транспортних засобів (ТЗ), які працюють на зрідженому газовому паливі відіграють двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ). Задача підвищення ефективності транспортних двигунів передбачає поліпшення їх основних показників, до яких, в першу чергу, слід віднести показники потужності та економічності.

Використання двигунів транспортних засобів які працюють на зрідженому газовому паливі у різних кліматичних умовах експлуатації супроводжується великими втратами робочого часу, праці і матеріальних

засобів на їх експлуатацію, обслуговування, ремонт . Пускові якості двигунів ТЗ оцінюються граничною температурою надійного пуску і часом, необхідним для підготовки двигуна до прийняття навантаження. При низьких температурах двигуна ТЗ і навколишнього середовища пуск утруднюється, надійність його суттєво знижується, а час підготовки до прийняття навантаження суттєво зростає. Тому, забезпечення робочого температурного стану двигуна ТЗ працюючого на зрідженому газовому паливі в умовах експлуатації за рахунок процесів передачі потоку теплової енергії різноманітними засобами є актуальною проблемою.

Метою наукової роботи є розробка системи прогріву транспортного двигуна працюючого на зрідженому газовому паливі, з використанням технології теплового акумулявання для зниження витрати палива та підвищення екологічної безпеки в умовах експлуатації.

Основні завдання науково-дослідної роботи:

- обґрунтувати можливість використання теплового акумулятора фазового переходу на транспортному засобі, працюючому на зрідженому газовому паливі в умовах експлуатації.;
- розглянути можливість забезпечення теплової підготовки двигунів транспортних засобів, працюючих на зрідженому газовому паливі з використанням теплового акумулятора фазового переходу (ТАФП) в умовах експлуатації;
- представити систему моніторингу температур системи охолодження на транспортному засобі, працюючому на зрідженому газовому паливі в умовах експлуатації.

Методика дослідження: Розрахунковими методиками визначались і досліджувались термінові (часові) показники роботи двигуна ТЗ на зрідженому газовому паливі під час передпускового і післяпускового прогріву, показники теплового стану двигуна, витрата палива в процесі теплової підготовки двигуна ТЗ в різних умовах експлуатації під час змінного навколишнього середовища.

Представлена наукова робота містить у собі 34 сторінок основного тексту, 24 рисунки, 3 таблиці. При підготовці роботи було використано 35 джерел інформації.

Ключові слова:

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ,
ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС, СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ
ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ.