

В.С. Вербовський, І.В. Грицук, Д.С.Адров, З.І. Краснокутська

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕДПУСКОВОГО РОЗІГРІВУ ГАЗОВОГО ДВИГУНА НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРА З ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИМ МАТЕРІАЛОМ, ЩО МАЄ ФАЗОВИЙ ПЕРЕХІД

У статті розглядаються результати математичного моделювання процесів роботи системи передпусково-го розігріву стаціонарного газового двигуна при застосуванні теплового акумулятора з теплоакумулюючим матеріалом, що має фазовий перехід, за циклом передпускового прогріву, пуску і прискореного прогріву після пуску. Результати оцінювання ефективності застосування системи розігріву підтвердили покращення паливної економічності при роботі, а також ефективність застосування її, як одного з напрямків покращення екологічних показників газового двигуна.

Вступ

Досвід експлуатації двигунів внутрішнього згорання показує, що їх потенціал за продуктивністю, безвідмовністю, зручністю обслуговування й іншими показниками реалізується далеко не повністю. Серед основних проблем ефективної експлуатації ДВЗ особливе місце займає їх передпускова теплова підготовка. Ця проблема є суттєвою для газових ДВЗ у складі установок, що забезпечують безперервне живлення відповідальних електричних мереж, для яких виключається можливість застосування традиційних способів і засобів передпускової підготовки і прогріву.

Пуск двигуна - необхідна умова роботи будь-якої енергетичної установки. Особливо складним, що супроводжується не тільки зниженням моторесурсу, але й небезпекою аварії, є «холодний» пуск, тобто пуск непрогрітого двигуна в умовах низьких температур навколишнього повітря. Ще однією складністю часто є те, що в таких умовах потрібно зразу ж після пуску здійснювати повне навантаження двигуна. Пускові якості двигунів оцінюються граничною температурою надійного пуску і часом, необхідним для прийняття навантаження. При низьких температурах самого двигуна і оточуючого його повітря пуск ускладнюється, надійність пуску істотно знижується, а час підготовки до прийняття навантаження зростає.

Експериментальні й розрахункові дослідження газового двигуна К-159М2 (6С°12/14), які виконані в Інституті газу НАНУ спільно з НТУ і ДонІЗТ УкрДАЗТ, показали, що для полегшення пуску і швидкого прогріву охолоджуючої рідини (ОР) двигуна доцільно використовувати систему передпускового розігріву ДВЗ [1]. Для цього було розроблено тепловий акумулятор з теплоакумулюючим матеріалом, що має фазовий перехід. Тепловий акумулятор дозволяє накопичувати теплову енергію відпрацьованих газів. Кількість теплоти, яку накопичує тепловий акумулятор відповідає необхідній кількості теплової енергії, що потрібна для попереднього прогріву ОР двигуна від максимально

низької температури оточуючого повітря (задається при проектуванні системи) до температури ОР, при якій можливо проводити .

Мета роботи

Метою роботи є визначення показників паливної економічності й екологічних показників газового двигуна, виготовленого на базі дизеля К-159М2 (6С°12/14), обладнаного системою передпускового розігріву в складі теплового акумулятора з теплоакумулюючим матеріалом, що має фазовий перехід, при здійсненні прогріву, пуску й прискореного прогріву після пуску від температури навколишнього повітря до температури прийняття навантаження.

Основний матеріал

В процесі досліджень розроблена, а після проведення експериментальних досліджень, уточнена методика розрахунку параметрів прогріву охолоджуючої рідини (ОР), паливної економічності і екологічних показників газового двигуна К159М2 (6С 12/14) при застосуванні в системі охолодження теплового акумулятора з теплоакумулюючим матеріалом, що має фазовий перехід, під час здійснення пуску і прогріву [2].

Для формування бази вихідних даних були використані експериментальні дані щодо особливостей конструкції і робочого процесу газового двигуна, а також використані вихідні дані щодо параметрів робочого процесу прогріву ОР системи охолодження дослідного ДВЗ [3]. В результаті були отримані залежності тиску, температури в циліндрі та температури у випускному колекторі в залежності від повороту колінчастого валу двигуна при частоті обертання холостого ходу.

В розроблену математичну модель закладені поліноміальні залежності, які отримані опрацюванням результатів стендових досліджень газового двигуна 6С°12/14, а саме, залежності витрати палива при прогріві ОР ДВЗ: зі штатною системою охолодження, з встановленим в систему охолодження прискорюючим насосом, з встановленим дослідним тепловим акумулятором та попереднім прогрівом

© В.С. Вербовський, І.В. Грицук, Д.С.Адров, З.І. Краснокутська, 2015

ОР двигуна до температур «гарячого пуску», а саме: 40 °С, 50 °С та 60 °С. Крім цього, були внесені уточнення в рівняння математичної моделі, які описують характер зміни температур елементів конструкції блоку циліндрів та головки блоку циліндрів при здійсненні прогріву ОР. Уточнені були також коефіцієнти тепловіддачі в елементах системи охолодження з тепловим акумулятором, а також були внесені уточнення в рівняння математичної моделі, що описують процеси заряджання та розряджання теплового акумулятора в процесі роботи [4].

Як складові математичної моделі, з використанням [5], були уточнені рівняння розробленої методики моніторингу теплових параметрів системи охолодження газового двигуна за даними натурної характеристики. В першу чергу це стосується закономірностей процесу охолодження двигуна. В методиці розрахунку параметрів, в якості домінуючого параметру при виборі критерію допустимого охолодження газового двигуна 6Ч^{12/14}, введені параметри зміни температури ОР на вході в блок циліндрів двигуна. Завдяки цьому в математичній моделі процесу роботи системи передпускового розігріву стаціонарного газового двигуна отримана можливість прогнозувати динаміку падіння температурних показників ОР двигуна у часі та давати відповідні рекомендації щодо кількості теплової енергії, інтервалів та тривалості передпускової підготовки двигуна від теплового акумулятора в систему охолодження двигуна.

Для урахування особливостей застосування теплового акумулятора в системі охолодження двигуна в методику розрахунку закладено умови, основні припущення і модельні уявлення, необхідні для побудови математичної моделі функціонування теплового акумулятора прийнятої конструкції в системі охолодження газового двигуна, при яких відбувається включення, робота і відключення теплового акумулятора в системі охолодження [3]. Моделювання проводилось за наступних умов при застосуванні утилізатора теплової енергії ВГ: без застосування теплового акумулятора в системі охолодження; без застосування теплового акумулятора в системі охолодження, але з працюючим прискорюючим насосом для прогріву двигуна; при застосуванні теплового акумулятора в системі охолодження з працюючим прискорюючим насосом для прогріву двигуна. В процесі моделювання формувався цикл передпускового прогріву і пуску газового ДВЗ від початку розряджання теплового акумулятора (початок теплової підготовки ДВЗ) до повного його заряджання, що визначається темпе-

ратурою фазового переходу теплоакумуючого матеріалу. При моделюванні розглядалися процеси передпускового прогрівання ОР газового двигуна 6Ч^{12/14} при різних фіксованих температурах оточуючого повітря, а саме: 20 °С, 0 °С, -20 °С.

Аналіз отриманих результатів довів, що на обумовлених температурних режимах система працює наступним чином: прогрів ОР системи охолодження двигуна від теплового акумулятора триває 873 с, 1453 с, 1964 с, відповідно, потім при досягненні температури охолоджуючої рідини в системі охолодження 50 °С відбувається запуск двигуна та продовжується прогрів ОР системи охолодження ДВЗ від теплового акумулятора та, відповідно, витрати теплової енергії при згоранні палива двигуна до температури охолоджуючої рідини 85 °С за 570 с. Після досягнення температури ОР 85 °С відбувається зарядка теплового акумулятора, яка триває 462 с, 1696 с, 1878 с, відповідно. У той же час прогрів ОР ДВЗ класичним методом (без використання теплового акумулятора) буде тривати 1358 с, 1818 с та 2729 с відповідно.

На рис. 1 представлена порівняльна діаграма значень терміну (часу) прогрівання ОР газового двигуна К-159М2 (6Ч^{12/14}) з різними комплектаціями системи охолодження.

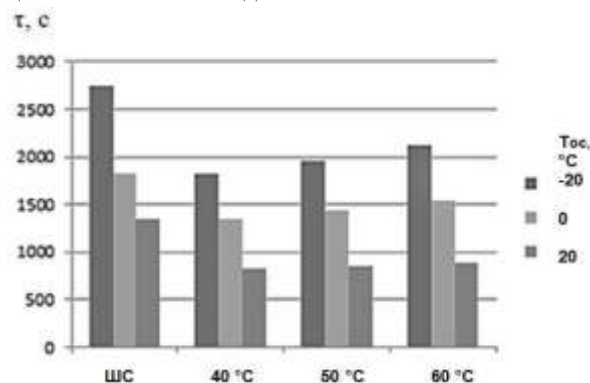


Рис. 1. Порівняльна діаграма значень терміну (часу) прогріву ОР газового двигуна 6Ч^{12/14} з різними комплектаціями системи охолодження (без теплового акумулятора і з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом) при різних температурах оточуючого повітря T_{от}:

ШС – штатна система (без теплового акумулятора і прискорюючого насоса (при швидкості циркуляції охолоджуючої рідини 0,08 м/с)); 40°С, 50°С, 60°С – температура охолоджуючої рідини, до якої проводився попередній прозрів перед пуском (з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом (при швидкості циркуляції охолоджуючої рідини 0,22 м/с))

З діаграми чітко видно, що прогрівання ОР двигуна з використанням теплового акумулятора і прискорюючого насоса для прогріву двигуна одно-

значно дає вигравш в часі прогрівання ОР у порівнянні зі штатною системою охолодження.

На рис. 2 показано результати розрахунку терміну (часу) прогріву ОР ДВЗ з тепловим акумулятором для варіантів зміни швидкості циркуляції охолоджуючої рідини прискорюючим насосом системи охолодження в залежності від різних температур оточуючого повітря [3].

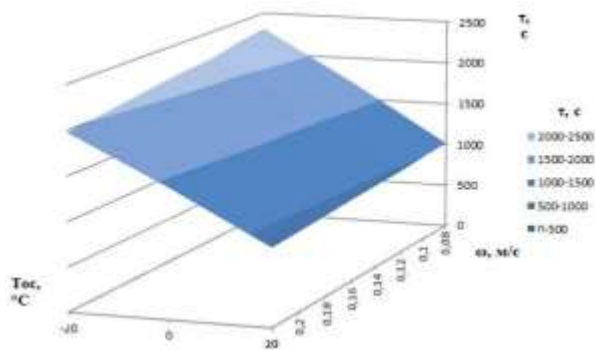


Рис. 2. Залежність часу прогріву охолоджуючої рідини ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом від швидкості циркуляції охолоджуючої рідини при різних температурах оточуючого повітря

Аналіз приведених залежностей показує, що для часу прогріву ОР характерне монотонне зменшення параметрів при збільшенні швидкості циркуляції охолоджуючої рідини від 0,08 м/с до 0,22 м/с в залежності від температури оточуючого повітря [3].

На рис. 3 представлена залежність значень температури прогріву ОР газового двигуна від часу прогріву ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом, при зміні швидкості циркуляції охолоджуючої рідини насосом системи охолодження й при температурі оточуючого повітря 0 °С для різних зон ДВЗ. Порівняння отриманих температурних полів однозначно підтверджує підвищення температури прогрівання охолоджуючої рідини ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом в різних його зонах від швидкості циркуляції охолоджуючої рідини. З отриманих залежностей видно, що ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом прогріває охолоджуючу рідину до температури t °С = 40 (50/60) °С, відповідно, за 1353 (1453/1551) с., що менше на 486 с. (27%) (396 с. (21%) / 288 с. (16%)) у порівнянні з прогрівом ОР ДВЗ зі штатною системою охолодження до температури 50 °С, яка становить 1839 с.

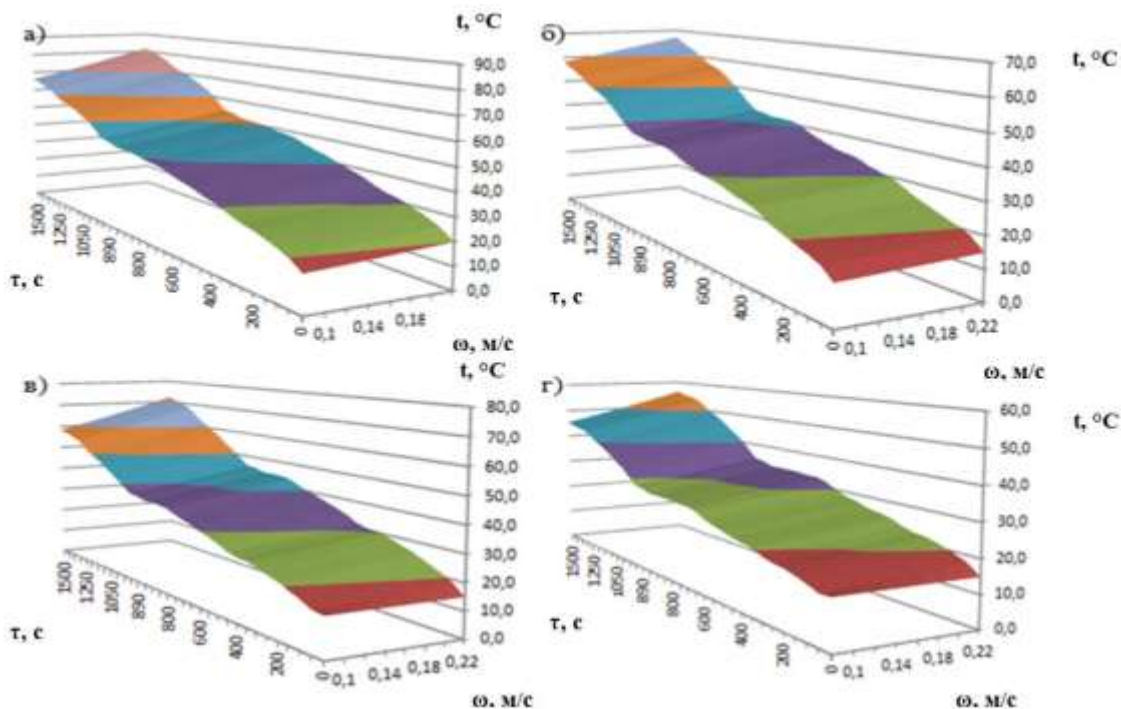


Рис. 3. Залежність значення температури прогріву охолоджуючої рідини газового двигуна К-159М2 (6Ч^{12/14}) від терміну (часу) прогрівання ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом в залежності від зміни швидкості циркуляції ОР при температурі оточуючого повітря 0 °С для різних зон ДВЗ:

- а) на виході із ДВЗ; б) в районі головки блоку ДВЗ;
- в) в районі верхньої мертвої точки; г) в районі нижньої мертвої точки

На рис. 4 показана порівняльна діаграма значень витрати палива на прогрів при здійсненні пуску і прогріву ОР газового двигуна 6Ч^{12/14} з різ-

ними комплектаціями системи охолодження (без теплового акумулятора і з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом). З неї чітко видно, що

при прогріві ОР газового ДВЗ з використанням теплового акумулятора і прискорюючого насоса однозначно суттєво зменшується витрати палива на прогрів при здійсненні пуску і прогріву ОР двигуна у порівнянні зі штатною системою охолодження. При цьому газовий двигун витрачає менше палива, відповідно, на 0,895 (0,789 / 0,643) м³, що менше на 2,259 м³ (72%) (2,359 м³ (75%) / 2,504 м³ (79%)) у порівнянні з прогрівом ОР ДВЗ зі штатною системою охолодження до температури 50 °С, і це становить 3,147 м³.

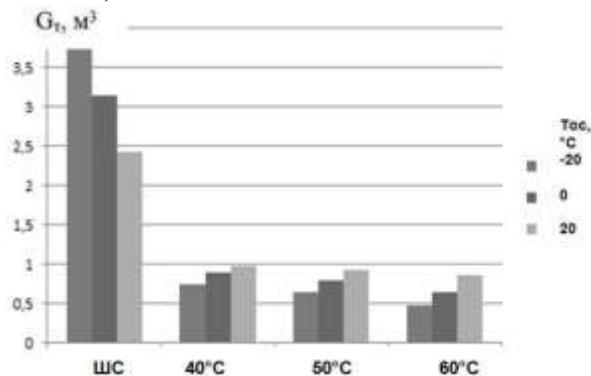


Рис. 4. Порівняльна діаграма значень витрати палива на прогрів при здійсненні пуску і прогріву ОР газового двигуна 6С12/14 з різними комплектаціями системи охолодження (без теплового акумулятора і з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом) за однаковий проміжок часу при різних температурах оточуючого повітря T_{oc}:

ШС – штатна система (без теплового акумулятора і прискорюючого насоса (при швидкості циркуляції охолоджуючої рідини 0,08 м/с)); 40°C, 50°C, 60°C – температура охолоджуючої рідини, до якої проводився попередній прогрів перед пуском (з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом (при швидкості циркуляції охолоджуючої рідини 0,22 м/с))

На рис. 5 показані результати розрахунку годинної витрати палива при прогріві ОР газового ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом для варіантів зміни швидкості циркуляції ОР насосом системи охолодження в залежності від різних температур оточуючого повітря [3]. Аналіз приведених залежностей показує, що при прогріві ОР двигуна характерне суттєве зменшення витрати палива при збільшенні швидкості циркуляції ОР від 0,08 м/с до 0,22 м/с без залежності від температури оточуючого повітря [3]. Пояснюється це тим, що прогрівання ОР перед пуском здійснюється з використанням теплового акумулятора, тобто пуск двигуна для її прогріву не потрібен, а передпусковий прогрів ОР здійснюється за рахунок тільки теплової енергії, накопиченої тепловим акумулятором.

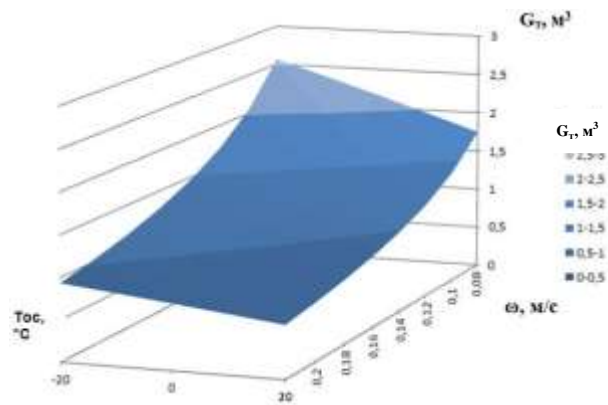


Рис. 5. Залежність значень витрати палива на прогрів при здійсненні пуску і прогріву ОР газового ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом від зміни швидкості циркуляції охолоджуючої рідини при різних температурах оточуючого повітря

Разом зі зменшенням витрат палива при прогріві ОР двигуна отримано суттєве зменшення шкідливих викидів у відпрацьованих газах. Оксидів азоту при цьому газовий двигун викидає менше, відповідно до 0,333 (0,246 / 0,154) г., що менше на 5,864 г. (94%) (5,617г. (96%) / 5,617г. (96%)) у порівнянні з прогрівом ОР зі штатною системою охолодження до температури 50 °С, що становить 5,864г. На рис. 6 показана порівняльна діаграма значень викидів оксидів азоту при прогріві ОР газового двигуна К159М2 з різними комплектаціями системи охолодження (без теплового акумулятора і з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом). З неї чітко видно, що при прогріві ОР ДВЗ з використанням теплового акумулятора і прискорюючим насосом однозначно суттєво зменшуються викиди оксидів азоту двигуна у порівнянні зі штатною системою охолодження.

На рис. 7 показані результати розрахунку викидів оксидів азоту при прогріві ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом для варіантів зміни швидкості циркуляції ОР насосом системи охолодження в залежності від різних температур оточуючого повітря [3]. Аналіз приведених залежностей показує, що при прогріві ОР ДВЗ характерне суттєве зменшення викидів оксидів азоту при збільшенні швидкості циркуляції охолоджуючої рідини від 0,08 м/с до 0,22 м/с в залежності від температури оточуючого повітря (особливо для температури оточуючого повітря -20 °С) [3]. Пояснюється це тим, що прогрівання ОР перед пуском здійснюється з використанням теплового акумулятора, тобто пуск двигуна для її прогріву не потрібен, а передпусковий прогрів ОР здійснюється за рахунок тільки теплової енергії, накопиченої тепловим акумулятором.

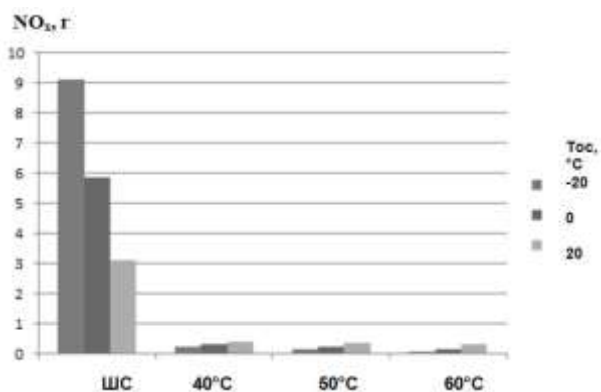


Рис. 6. Порівняльна діаграма значень викидів оксидів азоту при прогріві ОР газового двигуна 6Ч12/14 з різними комплектаціями системи охолодження (без теплового акумулятора і з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом) за однаковий проміжок часу при різних температурах оточуючого повітря T_{oc} :

ШС – штатна система (без теплового акумулятора і прискорюючого насосу (при швидкості циркуляції охолоджуючої рідини 0,08 м/с)); 40°C, 50°C, 60°C – температура охолоджуючої рідини, до якої проводився попередній прогрів перед пуском (з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом (при швидкості циркуляції охолоджуючої рідини 0,22 м/с))

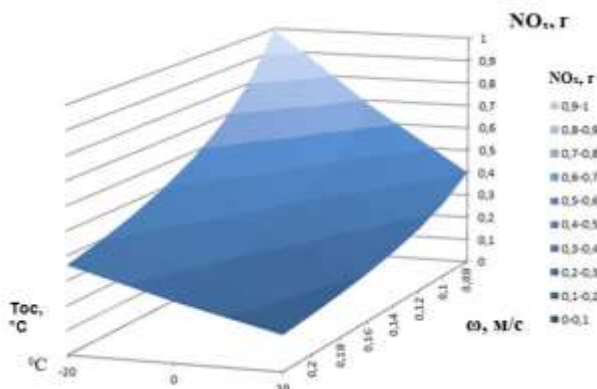


Рис. 7. Залежність значення викидів оксидів азоту при прогріві охолоджуючої рідини газового ДВЗ 6Ч12/14 з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом від швидкості циркуляції ОР при різних температурах оточуючого повітря

Викиди твердих частинок зменшуються, відповідно, до 0,056 (0,044 / 0,030) мг., що менше на 0,570 мг. (90%) (0,582 мг. (93%) / 0,596 мг. (95%)) у порівнянні з прогрівом ОР газового двигуна зі штатною системою охолодження до температури 50 °С, що становить 0,626мг. На рис. 8 показана порівняльна діаграма значень викидів твердих частинок при прогріві ОР газового двигуна 6Ч12/14 з різними комплектаціями системи охолодження (без теплового акумулятора і з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом). З неї

чітко видно, що при прогріві ОР газового ДВЗ з використанням теплового акумулятора і прискорюючого насосу однозначно суттєво зменшуються викиди твердих частинок двигуна у порівнянні зі штатною системою охолодження.

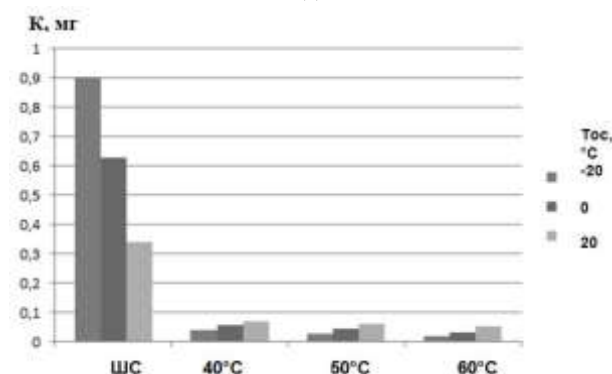


Рис. 8. Порівняльна діаграма значень викидів твердих частинок при прогріві ОР газового двигуна 6Ч12/14 з різними комплектаціями системи охолодження (без теплового акумулятора і з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом для прогріву двигуна) за однаковий проміжок часу при різних температурах оточуючого повітря T_{oc} :

ШС – штатна система (без теплового акумулятора і прискорюючого насосу (при швидкості циркуляції охолоджуючої рідини 0,08 м/с)); 40°C, 50°C, 60°C – температура охолоджуючої рідини, до якої проводився попередній прогрів перед пуском (з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом (при швидкості циркуляції охолоджуючої рідини 0,22 м/с))

На рис. 9 показано результати розрахунку викидів твердих частинок при прогріві ОР газового ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом для варіантів зміни швидкості циркуляції ОР насосом системи охолодження в залежності від різних температур оточуючого повітря [3]. Аналіз приведених залежностей показує, що при прогріві ОР газового ДВЗ характерне суттєве зменшення викидів твердих частинок при збільшенні швидкості циркуляції охолоджуючої рідини від 0,08 м/с до 0,22 м/с в залежності від температури оточуючого повітря (особливо для температури оточуючого повітря -20 °С) [3]. Пояснюється це тим, що прогрівання ОР перед пуском здійснюється з використанням теплового акумулятора, тобто пуск двигуна для її прогріву не потрібен, а передпусковий прогрів ОР здійснюється за рахунок тільки теплової енергії, накопиченої тепловим акумулятором.

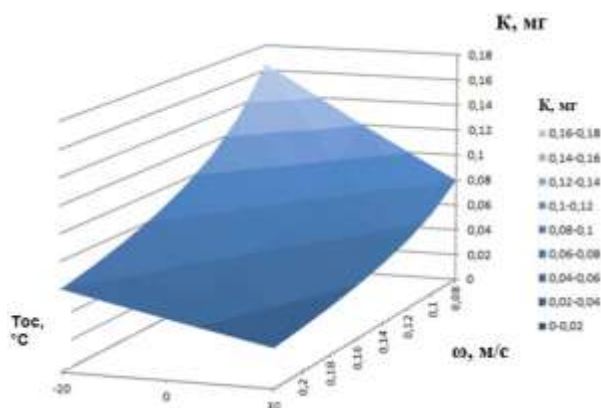


Рис. 9. Залежність викидів твердих частинок при прогріві охолоджуючої рідини газового ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом від зміни швидкості циркуляції ОР при різних температурах оточуючого повітря

Отримані результати досліджень можливо пояснити тим, що в процесі прогріву ОР досліджуваного ДВЗ з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом спочатку прогривається від запасеної теплової енергії теплового акумулятора, коли ДВЗ взагалі не працює, а після пуску двигуна ОР додатково прогривається від спільної дії енергій самого теплового акумулятора і прискореної циркуляції ОР за рахунок додаткового прискорюючого насосу в системі охолодження, а не від штатного насосу системи охолодження ДВЗ. При цьому, передпусковий прогрів здійснюється до досягнення різних температур ОР в системі охолодження дослідного газового двигуна, тобто до досягнення $t \text{ } ^\circ\text{C} = 40$ (50/60) $^\circ\text{C}$, а вже після досягнення її запускається газовий двигун і починає працювати система охолодження ДВЗ у складі теплового акумулятора і прискорюючого насосу. Це відбувається на відміну від ДВЗ зі штатною системою охолодження, коли двигун починає працювати на холостому ходу від моменту пуску до досягнення температури (50 $^\circ\text{C}$), з усіма властивими недоліками прогріву ОР в режимі холостого ходу роботи двигуна.

Таким чином, порівнюючи час прогріву ОР т.с., витрати G_T газового палива, викиди оксидів азоту NO_x , твердих частинок K під час виконання пуску і прогріву ОР газового двигуна 6Ч12/14 до температури приймання навантаження видно, що система передпускового розігріву у складі теплового акумулятора і додаткового прискорюючого насосу дозволяють суттєво покращити показники часу прогріву (до 16-38%), екологічності (для NO_x до 93-98%, а для K до 88-94%) та економічності (до 62-75%) дослідного ДВЗ при вирішенні проблем холодного запуску й прискореного прогріву ОР ДВЗ.

Результатами проведеного дослідження є також те, що при збільшенні швидкості циркуляції потоку ОР в системі охолодження ДВЗ з 0,08 м/с (що відповідає швидкості циркуляції охолоджуючої рідини при прогріві ДВЗ в режимі холостого ходу зі штатним насосом) до 0,22 м/с (що відповідає характеристикам прискорюючого насосу для прогріву двигуна), зменшується час прогріву ОР т.с. в середньому на 14%, витрати палива G_T на 25%, викиди твердих частинок K на 28%, а оксиди азоту NO_x – на 23%.

Висновок

Таким чином, оцінювання ефективності застосування системи передпускового розігріву з тепловим акумулятором і прискорюючим насосом для прогріву охолоджуючої рідини двигуна за циклом передпускового прогріву і пуску газового двигуна підтвердило покращення паливної економічності при роботі, а також ефективність застосування теплового акумулятора, як одного з напрямків покращення екологічних показників ДВЗ без погіршення паливної економічності.

Список літератури:

1. Експериментальні дослідження системи комбінованого прогріву двигуна з тепловим акумулятором [Текст] / Д. С. Адров, І. В. Грицук, В. Д. Александров, В. А. Постніков, Ю. В. Прилепський, В. І. Дорошко, В. С. Вербовський, З. І. Краснокутська // Зб. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ. - Донецьк: ДонІЗТ, 2012 – №31. - С. 158-167. 2. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма розрахунку паливної економічності і екологічних показників газопоршневого двигуна внутрішнього згорання К-159М2 (6ЧН 12/14) з системою комбінованого прогріву при здійсненні пуску і прогріву». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 445374 от 03.09.2012. Заявка від 02.07.2012 №45606 / Грицук І.В., Адров Д.С., Краснокутська З.І. – 2с. 3. Результати розрахунку паливної економічності та екологічних показників газопоршневого двигуна внутрішнього згорання за циклом передпускового прогріву і пуску на математичній моделі при застосуванні системи комбінованого прогріву [Текст] / І. В. Грицук, Д. С. Адров, В. С. Вербовський, З. І. Краснокутська // Зб. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ. - Донецьк: ДонІЗТ, 2012 –№32. - С. 185-195. 4. Математичні моделі функціонування теплового акумулятора фазового переходу системи комбінованого прогріву ДВЗ [Текст] / Д. С. Адров, І. В. Грицук, В. А. Постніков // Зб. наук. праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. - №133. - С. 270-277. 5. Сычушкин И. В. Автоматизированная система идентификации тепловых параметров водяной системы энергоустановки транспортного средства [Электронный ресурс] / И. В. Сычушкин (Эффективность системы электроэнергетики и экономии электрической энергии) – Режим доступа: http://www1.nntu.nnov.ru/RUS/NEWS/futuretechnology_2005/section02.doc.

Bibliography (transliterated):

1. *Experimental studies of combined heat warming up the engine with battery [Text] / D.S. Adrov, I.V. Grytsuk, V.D. Alexandriov, V.A. Postnikov, Ju.V. Prylepskiy, V.I. Doroshko, B.S. Verbovskiy, Z.I. Krasnokutskaya // Coll. Science. works DonIzt UkrDAZT. - Donetsk: DonIzt, 2012 - № 31. - S. 158-167.* 2. *Computer program "computer program calculating the fuel efficiency and environmental performance of gas-piston internal combustion engine C-159M2 (6CHN 12/14) with a heating system combined with implementation starting and warm-up." Certificate of registration of copyright number 445374 from 03.09.2012. Application from 02.07.2012 № 45606 / I.V. Grytsuk, D.S. Adrov, P.S. Krasnokutskaya - 2c. 3. Results of calculation of fuel efficiency and environmental performance of gas-piston internal combustion engine cycle for pre-heating and starting*

on a mathematical model of the application of the combined heating [Text] / I.V. Grytsuk, D.S. Adrov, V.S. Verbovskiy, Z. I. Krasnokutskaya // Coll. Science. works DonIzt UkrDAZT. - Donetsk: DonIzt, 2012 - № 32. - S. 185-195. 4. *Mathematical model of the thermal phase transition of the battery combined heating ICE [Text] / D.S. Adrov, I.V. Grytsuk, V.A. Postnikov // Coll. Science. works of Ukrainian State Academy of Railway Transport. - Kharkov: UkrDAZT, 2012. - № 133. - S. 270-277.* 5. *Sychushkin I.V. Automated identification of thermal parameters of the water system of the vehicle power plants [electronic resource] / I.V. Sychushkin (system efficiency and power saving electricity) - Mode of access: http://www1.ntnu.nov.ru/RUS/NEWS/futuretechnology_2005/section02.doc.*

Поступила в редакцию 12.05.2013

Вербовський Валерій Степанович – ст. наук. співробітник, Інститут газу Національної академії наук України, Київ, Україна, e-mail: vverbovskiy@teplosouyz.com.

Грицук Ігор Валерійович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Рухомий склад залізниць» Донецький інститут залізничного транспорту УкрДАЗТ, Донецьк, Україна, e-mail: grytsuk_iv@ukr.net.

Адров Дмитро Сергійович – асистент кафедри «Рухомий склад залізниць» Донецький інститут залізничного транспорту УкрДАЗТ, Донецьк, Україна, e-mail: dimitry.85@mail.ru.

Краснокутська Зоя Ігорівна – ст. наук. співробітник кафедри «Теплотехніка і теплові двигуни» Національного транспортного університету, Київ, Україна, e-mail: zoya.dvz@gmail.com.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРЕПУСКОВОГО РАЗОГРЕВА ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО АККУМУЛЯТОРА С ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИМ МАТЕРИАЛОМ, ОБЛАДАЮЩИМ ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

В.С. Вербовський, И.В. Грицук, Д.С. Адров, З.И. Краснокутская

В статье рассматриваются результаты математического моделирования процессов работы системы предпускового разогрева стационарного газового двигателя при использовании теплового аккумулятора с теплоаккумулирующим материалом, обладающим фазовым переходом, по циклу предпускового прогрева, пуска и ускоренного прогрева после пуска. Результаты оценивания эффективности применения системы предпускового разогрева подтвердили улучшение топливной экономичности при работе, а также эффективность применения ее, как одного из направлений улучшения экологических показателей газового двигателя без ухудшения топливной экономичности.

INVESTIGATION OF PRE-START HEATING GAS ENGINE BASED ON THE USE OF THERMAL BATTERY HEAT STORAGE WITH MATERIALS HAVING PHASE TRANSITIONS

V.S. Verbovsky, I.V. Grytsuk, D.S. Adrov, Z.I. Krasnokutskaya

The article considers the results of mathematical modeling of the system pre-start heating the stationary gas engine using heat storage with heat storage material with a phase transition in a cycle plugs warm up, start-up and rapid warm-up after starting. The results of evaluation of the effectiveness of pre-start warm-up confirmed the improvement in fuel efficiency at work, as well as the effectiveness of it as one of the areas of improving the environmental performance of the gas engine without deteriorating fuel economy.

УДК 629.113

Д.Е. Оксень, Е.И. Оксень

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В МЕХАНИЗМАХ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Приведена методология оценки энергетического баланса колебаний двигателя путем построения виброакустических карт. Измерения были выполнены с помощью цифровой фиксации сигналов модулем аналогово-цифрового преобразователя и пьезометрических преобразователей виброакустической эмиссии. Для настройки измерительной аппаратуры, записи и анализа результатов было разработано специальное программное обеспечение. Выполнен анализ распределения энергии виброакустической эмиссии по частотному диапазону при работе двигателя внутреннего сгорания. Отмечено, что данная методика оценки энергетического баланса колебаний двигателя может быть использована для выявления наличия дефектов в процессе диагностики.

Введение

Значительная часть современной техники работает в условиях интенсивной динамической

нагрузки, и растущие потребности общества требуют постоянного ее увеличения. Вместе с ростом мощности двигателей и энергетических установок,