

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕДПУСКОВОГО ПРОГРІВУ СТАЦІОНАРНОГО ГАЗОВОГО ДВИГУНА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВОГО АКУМУЛЯТОРА З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ

У статті розглядаються результати математичного моделювання процесів в системі прогріву стаціонарного газового двигуна при застосуванні теплового акумулятора з теплоакumuлюючим матеріалом, що має фазовий перехід, за циклом передпускового і післяпускового прогріву при одночасному прогріві охолоджуючої рідини і моторної оливи. Результати оцінювання ефективності застосування системи прогріву підтвердили покращення паливної економічності двигуна, а також ефективність застосування системи, як одного з напрямків покращення екологічних показників газового двигуна.

Вступ

Серед основних проблем ефективної експлуатації ДВЗ особливе місце займає їх передпускова і післяпускова 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 [1]. 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. Серед основних вимог до пуску дизельної і газової електростанції слід виділити наступні [2]: перед запуском електростанції при температурі зовнішнього повітря 5 °С і нижче необхідно включати підігрів охолоджуючої рідини для полегшення запуску. При виконанні запуску електростанції в ручному режимі запустити двигун без навантаження і дати попрацювати йому протягом 3-4 хвилин, потім необхідно подати 30% навантаження і дочекатися збільшення температури охолоджуючої рідини до 50 °С, при 50 °С можливо подати 50% навантаження. При температурі охолоджуючої рідини 70 °С можливо подавати навантаження до 100%. 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 (6Ч 12/14), виконані в Інституті газу НАНУ спільно с НТУ і ДонІЗТ УкрДАЗТ, показали, що для полегшення пуску і швидкого прогріву охолоджуючої рідини (ОР) доцільно використовувати систему передпускового розігріву ДВЗ [1, 3]. Для цього було розроблено тепловий акумулятор з теплоакumuлюючим матеріалом, що має фазовий перехід. Тепловий акумулятор дозволяє накопичувати теплову енергію відпрацьованих газів. Кількість теплоти, яку накопичує тепловий акумулятор відповідає кількості теплової енергії,

що потрібна для попереднього прогріву ОР двигуна від максимально низької температури оточуючого повітря (задається при проектуванні системи) до температури ОР «гарячого пуску» та можливості навантаження.

Мета роботи

Метою проведених досліджень є визначення часу теплової підготовки ДВЗ, показників паливної економічності й екологічних показників газового двигуна К-159М2 (6Ч 12/14), обладнаного системою прогріву (СП) з використанням теплового акумулятора (ТА) з фазовим переходом при виконанні повного циклу розрядки - зарядки ТА СП.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступну основну задачу: визначити параметри теплової підготовки ДВЗ в залежності від температури навколишнього середовища до температури «гарячого пуску» та можливості прийняття навантаження при здійсненні прогріву як охолоджуючої рідини, так і моторної оливи (МО).

Основний матеріал

Для проведення теоретичних досліджень розроблена, а після проведення експериментальних досліджень, уточнена методика розрахунку параметрів прогріву ОР і МО, паливної економічності і екологічних показників газового двигуна К159М2 (6Ч 12/14) при застосуванні в системі охолодження і мащення СП з тепловим акумулятором з фазовим переходом під час передпускового і післяпускового прогріву [4].

Особливістю конструкції і роботи газового двигуна К159М2 (6Ч 12/14) є те, що оболонка охолодження, що розташована в блоці циліндрів двигуна, не контактує безпосередньо з головною масляною магістраллю – вона розташована окремо від блока циліндрів, з одного з його боків, у вигляді окремого маслопроводу. Ця особливість конструкції двигуна була врахована в математичній моделі і в рівняннях, що описують тепловий баланс, моніторинг системи, рівняння руху охолоджуючої рідини і моторної оливи.

Для формування бази вихідних даних були використані експериментальні дані, особливості конструкції і робочого процесу газового двигуна, а

також вихідні дані щодо параметрів процесу прогріву ОР системи охолодження, МО системи мащення дослідного ДВЗ [5 -7]. Для урахування параметрів робочого процесу двигуна при здійсненні прогріву були отримані характеристики тиску, температури в циліндрі та температури у випускному колекторі в залежності від повороту колінчастого вала при частоті обертання холостого ходу.

В розроблену математичну модель, крім того, закладені поліноміальні залежності, що отримані опрацюванням результатів стендових досліджень газового двигуна 6Ч 12/14 а саме, залежності витрати палива при прогріві ОР і МО ДВЗ в штатній комплектації та з використанням розробленої СП: зі штатною системою охолодження і мащення, з встановленими в систему охолодження і мащення прискорюючими насосами, з встановленим дослідним тепловим акумулятором та попереднім прогрівом МО та ОР двигуна до температур «гарячого пуску», а саме: 40 °С, 50 °С та 60 °С. Також, були внесені уточнення в рівняння математичної моделі, які описують характер зміни температур елементів конструкції блоку циліндрів, окремо розташованої масляної магістралі та головки блоку циліндрів при здійсненні прогріву ОР і моторної оливи. Уточнені коефіцієнти тепловіддачі в елементах системи охолодження і мащення з тепловим акумулятором, а також рівняння математичної моделі, що описують процеси заряджання та розряджання теплового акумулятора в процесі роботи [8].

З використанням [9], як складові математичної моделі, були уточнені рівняння розробленої методики моніторингу теплових параметрів системи охолодження і мащення газового двигуна за даними натурної характеристики. В першу чергу це стосується закономірностей процесу охолодження двигуна. В методиці розрахунку параметрів [9, 4], в якості домінуючого параметра при виборі критерію допустимого охолодження газового двигуна 6Ч 12/14, введені параметри зміни температури ОР на вході в блок циліндрів двигуна і МО при вході в окремий маслопровід. Завдяки цьому, в математичній моделі процесу передпускового прогріву стаціонарного газового двигуна, отримана можливість прогнозувати динаміку зниження температурних показників ОР і МО двигуна у часі та давати відповідні рекомендації щодо кількості теплової енергії, інтервалів та тривалості передпускової підготовки та післяпускового прогріву в систему охолодження і мащення двигуна від СП з тепловим акумулятором.

Для урахування особливостей застосування теплового акумулятора СП в системах охолодження і мащення газового двигуна в методику розрахунку [4] закладено умови, основні припущення і модельні уявлення, необхідні для урахування особливостей конструкції ТА в побудованій математи-

чній моделі функціонування теплового акумулятора прийнятої конструкції, урахування особливостей системи керування СП, при яких відбувається включення, робота і відключення СП з ТА в системах охолодження і мащення [10]. Моделювання роботи СП проводилось за наступними умовами при використанні утилізатора теплової енергії ВГ в системі випуску двигуна:

- без застосування теплового акумулятора СП в системах охолодження і мащення;

- без застосування теплового акумулятора СП в системах охолодження і мащення, але з працюючими прискорюючими насосами для прискореного прогріву охолоджуючої рідини і моторної оливи від енергії згорання палива при працюючому двигуні в режимі холостого ходу;

- при застосуванні теплового акумулятора СП в системах охолодження і мащення з працюючими прискорюючими насосами для прогріву охолоджуючої рідини і моторної оливи двигуна.

При моделюванні формувался цикл передпускового і післяпускового прогріву газового ДВЗ від початку розряджання теплового акумулятора (початок теплової підготовки ДВЗ) до повного його заряджання, що визначається температурою фазового переходу теплоакumuлюючого матеріалу. Процеси передпускового і післяпускового прогрівання ОР і МО газового двигуна 6Ч 12/14 розглядалися в інтервалі температур оточуючого повітря, а саме: 20 °С (рис. 1, а), 0 °С, -20 °С.

Роботу СП при передпусковому і післяпусковому прогріві умовно можна розділити на декілька послідовних режимів [10, 3] (рис. 1, б): 1 – накопичення теплової енергії відпрацьованих газів в ТА СП до температури вище фазового переходу теплоакumuлюючого матеріалу (ТАМ) для забезпечення передпускової підготовки; 2 – за допомогою СП прискорений прогрів систем охолодження і мащення двигуна К159М2 до температур «гарячого пуску» в умовах експлуатації; 3 – пуск двигуна при температурі ОР і МО не менше 40-50 °С; 4 – заряджання ТА тепловою енергією відпрацьованих газів до температури вище фазового переходу ТАМ.

На рис. 1 приведена отримана шляхом розрахунку на математичній моделі в залежності від часу τ, c роботи СП досліджуваного ДВЗ при температурі навколишнього середовища +20 °С: зміна температур $t \text{ } ^\circ C$ в ТА і різних зонах роботи СО і мащення ДВЗ. В табл. 1 – 2, крім цього, годинні витрати G_T газового палива, викиди оксидів азоту NO_x , твердих частинок K під час передпускової теплової підготовки, виконання пуску і прогріву його до температури «гарячого пуску» (50 °С) від різних температур навколишнього середовища, а саме: 20 °С, 0 °С, -20 °С, а також термінові (часові) результати прогріву ДВЗ з штатною системою та з СП.

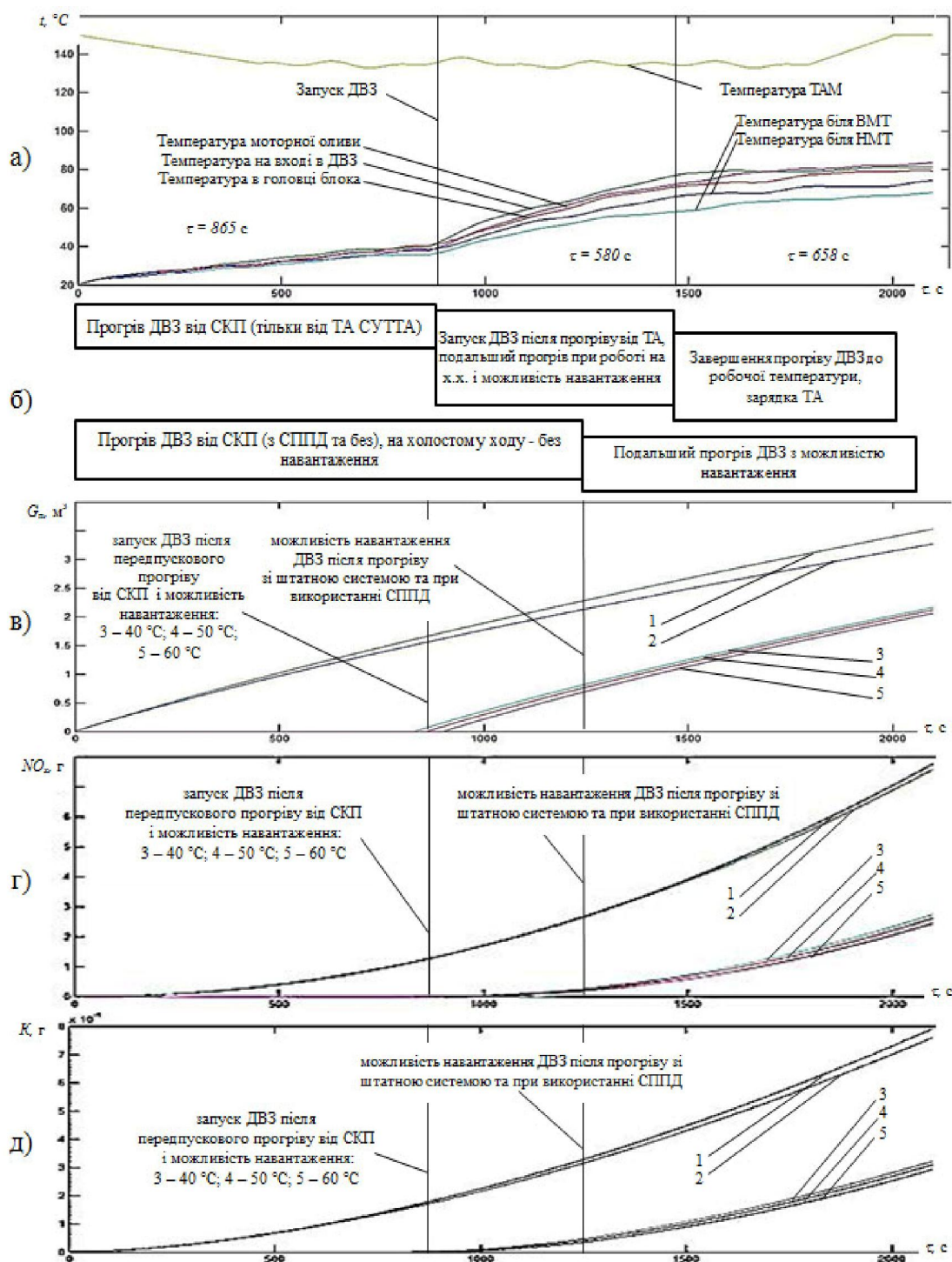


Рис. 1. Зміна: температур ТАМ і охолоджуючої рідини в різних ділянках (а), годинної витрати G_m газового палива (в); викидів оксидів азоту NO_x (г) та викидів твердих частинок K (д) під час роботи СКП ДВЗ K159M2 з ТА фазового переходу в процесі повного циклу його розрядки – зарядки, в залежності від режимів роботи передпускового прогріву (б) при $t = 20$ °C: 1 – ШС; 2 – ШС з СППД; 3, 4, 5 – СП з СППД і з СУТТА

Виходячи з отриманих результатів прогріву двигуна по відповідним зонам можливо стверджувати, що передпусковий прогрів ОР і МО одночасно за розробленим алгоритмом роботи СП дозволяє краще прогріти зону колінчастого вала двигуна (рис.1), ніж у випадку, коли передпусковий прогрів

проводиться тільки для ОР. Одночасно забезпечується передпускове підвищення тиску в системі мащення, що також є доцільним для зменшення тертя в кінематичних парах двигуна перед здійсненням пуску в умовах експлуатації.

На обумовлених температурних режимах сис-

тема працює наступним чином: прогрів ОР ДВЗ від ТА триває 865 с, 1438 с, 1996 с, відповідно, а МО - 851 с, 1498 с, 2096 с, відповідно, потім по досягненню температури ОР 50 °С відбувається запуск ДВЗ та комбінований прогрів його від ТА та теплової енергії згорання палива до температури ОР 85 °С за 456 с, після досягнення температури ОР 85 °С відбувається зарядка ТА, яка триває 658 с, 1830 с, 2795 с, відповідно. У той час як прогрів ОР ДВЗ зі штатною системою буде тривати 1370 с, 1864 с та 2849 с, відповідно, а МО - 1450 с, 1998 с та 3031 с, відповідно.

Результати досліджень на математичній моде-

лі роботи системи прогріву ДВЗ К159М2 у складі СППД та СУТТА в інтервалі від температури оточуючого середовища до температури «гарячого пуску» та можливості навантаження наведені в табл. 1 і 2. Порівнюючи час прогріву охолоджуючої рідини ДВЗ, видно, що СП з тепловим акумулятором дозволяє суттєво покращити показники часу прогріву (до 16-36%), а час прогр

іву моторної оливи ДВЗ – до 20-44% у порівнянні з штатними системами двигуна. При цьому сумарна витрата палива на прогрів двигуна зменшується на 59-87%, викиди оксидів азоту – на 86-99%, а викиди твердих часток – на 82-98%.

Таблиця 1. Результати досліджень на математичній моделі роботи системи прогріву ДВЗ К159М2 у складі СППД та СУТТА в інтервалі від температури навколишнього середовища до температури «гарячого пуску» та можливості навантаження

Параметр	Температура навколишнього середовища		
	20°С	0°С	-20°С
Час прогріву охолоджуючої рідини ДВЗ			
До 50°С без СП (штатна система (ШС)), с	1370	1864	2849
Попередній прогрів з СП від ТА до 40°С, с	831	1343	1846
економія часу у порівнянні з ШС, с	509 (38%)	486 (27%)	923 (34%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 50°С, с	865	1438	1996
економія часу у порівнянні з ШС, с	479 (36%)	396 (21%)	783 (29%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 60°С, с	895	1541	2154
економія часу у порівнянні з ШС, с	451 (34%)	288 (16%)	615 (22%)
Час прогріву моторної оливи ДВЗ			
До 50°С без СП (штатна система (ШС)), с	1450	1998	3031
Попередній прогрів з СП від ТА до 40°С, с	815	1316	1908
економія часу у порівнянні з ШС, с	635 (44%)	682 (34%)	1123 (37%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 50°С, с	851	1498	2096
економія часу у порівнянні з ШС, с	599 (41%)	500 (25%)	935 (31%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 60°С, с	906	1605	2213
економія часу у порівнянні з ШС, с	544 (38%)	393 (20%)	818 (27%)
Сумарна витрата палива			
До 50°С без СП (штатна система (ШС)), м ³	2,424	3,147	3,764
Попередній прогрів з СП від ТА до 40°С, м ³	0,982	0,895	0,746
економія палива у порівнянні з ШС, м ³	1,442 (59%)	2,259 (72%)	3,018 (80%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 50°С, м ³	0,933	0,789	0,636
економія палива у порівнянні з ШС, м ³	1,491 (62%)	2,359 (75%)	3,128 (83%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 60°С, м ³	0,861	0,643	0,485
економія палива у порівнянні з ШС, м ³	1,563 (64%)	2,504 (79%)	3,278 (87%)
Викиди оксидів азоту			
До 50°С без СП (штатна система (ШС)), г	3,103	5,864	9,106
Попередній прогрів з СП від ТА до 40°С, г	0,412	0,333	0,214
зменшення викидів у порівнянні з ШС, г	2,691 (86%)	5,531 (94%)	8,892 (97%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 50°С, г	0,362	0,246	0,146
зменшення викидів у порівнянні з ШС, г	2,741 (88%)	5,617 (96%)	8,959 (98%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 60°С, г	0,299	0,151	0,076
зменшення викидів у порівнянні з ШС, г	2,803 (90%)	5,713 (97%)	9,029 (99%)
Викиди твердих частинок			
До 50°С без СП (штатна система (ШС)), мг	0,3386	0,626	0,905
Попередній прогрів з СП від ТА до 40°С, мг	0,0673	0,056	0,039
зменшення викидів у порівнянні з ШС, мг	0,301 (82%)	7,87 (90%)	0,865 (95%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 50°С, мг	0,0606	0,044	0,029
зменшення викидів у порівнянні з ШС, мг	0,308 (84%)	0,582 (93%)	0,875 (97%)
Попередній прогрів з СП від ТА до 60°С, мг	0,0521	0,030	0,0176
зменшення викидів у порівнянні з ШС, мг	0,316 (86%)	0,596 (95%)	0,887 (98%)

Таблиця 2. Термінові (часові) результати прогріву ДВЗ з штатною системою та з СП

Температура навколишнього середовища	Прогрів ОР від ТА до 50 °С, с	Прогрів МО від ТА до 50 °С, с	Прогрів ОР від 50 °С до 85 °С СП+ДВЗ, с	Зарядка ТА від ДВЗ, с	Прогрів ОР ДВЗ класичним методом до 50 °С, с	Прогрів МО ДВЗ класичним методом до 50 °С, с
20 °С	865	851	580	658	1370	1450
0 °С	1438	1498	580	1830	1864	1998
-20 °С	1996	2096	580	2795	2849	3031

Висновок

При вирішенні проблем холодного пуску й прискореного прогріву охолоджуючої рідини і моторної оливи газового двигуна К-159М2 (6Ч 12/14), застосування системи прогріву з використанням теплового акумулятора з фазовим переходом дозволяє суттєво покращити показники часу прогріву, паливної економічності і зменшити викиди забруднюючих речовин в навколишнє середовище.

Список літератури:

1. Вербовський В. С. Дослідження системи передпускового розігріву газового двигуна на основі використання теплового акумулятора з теплоакumulюючим матеріалом, що має фазовий перехід / В. С. Вербовський, І. В. Грицук, Д. С. Адров, З. І. Краснокутська // Двигатели внутреннего сгорания // Научно-технический журнал. Харьков: НТУ "ХПИ". – 2013. – №1. – С. 110-116. 2. Дизельные электростанции различной мощности от компании "ВИАР-СЕРВИС" [Электронный ресурс] / V & R service. Решение проблем электроснабжения – Режим доступа: http://www.vr-service.org/index_diesel_power.html. 3. Гутаревич Ю. Ф. Особливості розігріву газового двигуна при використанні системи передпускового прогріву / Ю. Ф. Гутаревич, І. В. Грицук, О. С. Добровольський, Д. С. Адров, В. С. Вербовський, З. І. Краснокутська // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ, 2014. – Випуск 13. – С. 41-50. 4. Вербовський В. С. Математична модель розрахунку показників роботи двигуна внутрішнього згорання з системою передпускового прогріву при здійсненні передпускового і післяпускового прискореного прогріву / В. С. Вербовський, І. В. Грицук, Д. С. Адров // Міжзுவівський збірник «Наукові нотатки», - Луцьк: ЛНТУ, 2014. – Випуск №45. – С. 64-71. 5. Кулешов А. С. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания / А. С. Кулешов, Л. В. Грехов // М., МГТУ, 2000. 64 с. 6. Програма Дизель РК [електронний ресурс] Режим доступа: www.diesel-rk.bmstu.ru. 7. Дизели ряда 6ЧН 12/14 и дизель-генераторы. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Текст] / М.: Внешторгиздат, 1983. – 408 с. 8. Адров Д. С. 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. 9.

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.ntu.nnov.ru/RUS/NEWS/futuretechnology_2005/section02.doc. 10. Гутаревич Ю. Ф. Особенности алгоритму работы системы передпускового прогріву газового двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву / Ю. Ф. Гутаревич, І. В. Грицук, В. С. Вербовський, З. І. Краснокутська // Вісник СевНТУ. Збірник наук. праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь: СевНТУ, 2013 – Випуск 143/2013, С.53-57.

Bibliography (transliterated):

1. Verbovskiy V. S. Study of the pre-reheating the gas engine through the use of a thermal battery with heat accumulators material having a phase transition / V. S. Verbovskiy, I. V. Gritsuk, D. S. Adrov, Z. I. Krasnokutskaya // Internal Combustion Engines // Scientific and Technical Journal. H.: NTU "KhPI". – 2013. – №1. – P. 110-116. 2. Diesel power plants of various capacities from "Viar-SERVICE" [electronic resource] / V & R service. Solving the problems of power supply - Mode of access: http://www.vr-service.org/index_diesel_power.html. 3. Gutarevich Ju. F. Features a warming gas engine system using pre-warm-up / Ju. F. Gutarevich, I. V. Gritsuk, A. S. Dobrovolskij, D. S. Adrov, V. S. Verbovskiy, Z. I. Krasnokutskaya // Project Management, System Analysis and Logistics. – K., NTU, 2014. – №13. p. 41-50. 4. Verbovskiy V.S. Mathematical model of calculating performance internal combustion engine with air pre-heating up in the implementation of pre-and post trigger rapid warm-up / V.S. Verbovskiy, I.V. Gritsuk, D. S. Adrov // Interuniversity collection "Scientific Notes". - Luck, LNTU, №45. – p. 64-71. 5. Kuleshov A. Mathematical modeling and computer-optimized fuel-supply and work processes of internal combustion engines / A. Kuleshov, L. Grechov // M., MDTU, 2000. 64 p. 6. RK Diesel Program [electronic resource] / Mode of access: www.diesel-rk.bmstu.ru. 7. Diesels 6CHN series 12/14, and diesel generators. Technical description and user exploitation [Text] / M. Vneshtorgizdat, 1983. – 408 p. 8. Adrov D.S. Mathematical model of the thermal phase transition of the battery combined heating ICE [Text] / D.S. Adrov, I.V. Gritsuk, V.A. Postnikov // Coll. Science. works of Ukrainian State Academy of Railway Transport. - Kharkov: UkrDAZT, 2012. - № 133. - S. 270-277. 9. 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.ntu.nnov.ru/RUS/NEWS/futuretechnology_2005/section02.doc. 10. Gutarevich Ju. F. Features algorithm of pre-heating up the gas engine in the process of starting and warm-up / Ju. F. Gutarevich, I. V. Gritsuk, V. S. Verbovskiy, Z. I. Krasnokutskaya // Bulletin SevNTU. Collection of Sciences. works. Series: Mashynoprlyadobuduvannnya and transport. - Sevastopol SevNTU, 2013 - №143/2013, p.53-57.

Поступила в редакцію 15.06.2014

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

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

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДПУСКОВОГО ПРОГРЕВА СТАЦИОНАРНОГО ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО АККУМУЛЯТОРА С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

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

В статье рассматриваются результаты математического моделирования процессов в системе прогрева стационарного газового двигателя при использовании теплового аккумулятора с теплоаккумулирующими материалом, имеющим фазовый переход, по циклу предпускового и послепускового прогрева при одновременном прогреве охлаждающей жидкости и моторного масла. Результаты оценки эффективности применения системы прогрева подтвердили улучшение топливной экономичности при работе, а также эффективность применения ее, как одного из направлений улучшения экологических показателей газового двигателя.

FEATURES OF PREHEATING PROCESS IN STATIONARY GAS ENGINES WITH A THERMAL BATTERY WITH PHASE TRANSITIONS

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

The article discusses the results of mathematical modeling of processes in the system of warming stationary gas engine using a thermal battery storage materials, that has phase transition on the cycle after the plugs and start warming up while warming up the coolant and engine oil. Efficiency estimation results confirmed that application of warming will improve fuel efficiency and environmental performance of the gas engine.

УДК 006:536.7

В.Д. Зонов

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КРИТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

На основе теории вероятности разработан математический аппарат определения критического состояния прецизионных поверхностей деталей и узлов топливной аппаратуры тепловозных дизелей. Дана оценка качественной стороны работы топливной аппаратуры и её влияния на характеристику топливоподачи во всём диапазоне частот вращения и мощности. Отмечено, что моделирование работы топливной аппаратуры проводится с учётом влияния прецизионных износов в реальном времени эксплуатации. Методика комплексной оценки влияния износа прецизионных поверхностей на характеристику топливоподачи максимально приближена к использованию в инженерных расчётах и непосредственному использованию на участках топливной аппаратуры локомотивных депо и тепловозоремонтных заводов.

Введение

Известно, что работоспособность и техническое состояние тепловозных дизелей, эксплуатирующихся в различных регионах и климатических условиях, в значительной мере зависит от стабильной работы топливной аппаратуры (ТА), обеспечивающей устойчивый закон топливоподачи во всём диапазоне частот вращения и мощности. Ряд отечественных и зарубежных учёных приводят неоспоримые доводы о влиянии на закон топливоподачи (наряду с конструктивными особенностями ТА) истечения топлива через зазоры в прецизионных поверхностях плунжерных пар топливных насосов и распылителей форсунок [1,2], увеличивающихся при естественном износе в эксплуатации. Также

авторы приводят тезис по проблеме отслеживания износа прецизионных поверхностей ТА в реальном времени с методологической точки зрения эксплуатационников (проверка на стенде - анализ износа - принятие решения).

Анализ ранее проведенных исследований и постановка задачи

Существующая практика оценки технического состояния и работоспособности прецизионных узлов ТА в локомотивных депо и тепловозоремонтных заводах очерчена рамками требований Правил деповского и заводского ремонтов, предусматривающих проверку герметичности, гидравлической плотности топливных насосов, форсунок, качества распыливания топлива форсунками на специализированных стендах участка топливной