

УДК 621.43.016.4-57+629.113.004.67  
UDC 621.43.016.4-57+629.113.004.67

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗІГРІВУ ГАЗОВОГО ДВИГУНА ПРИ ВИКОРИСТАННІ СИСТЕМИ ПЕРЕДПУСКОВОГО ПРОГРІВУ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Грицук І.В., кандидат технічних наук, Донецький інститут залізничного транспорту, Донецьк, Україна

Добровольський О.С., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Адров Д.С., Донецький інститут залізничного транспорту, Донецьк, Україна

Вербовський В.С., Інститут Газу Національної Академії наук України, Київ, Україна

Краснокутська З.І., Національний транспортний університет, Київ, Україна

## FEATURES OF HEATING GAS ENGINE WITH USE SISTEM OF THE PRESTARTING WARMING

Gutarevich Y.F., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine

Gritsuk I.V., Ph.D. of Technical Sciences, Donetsk Institute of Railway Transport, Donetsk, Ukraine

Dobrovolsky A.S., Ph.D. of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine

Adrov D.S., Donetsk Institute of Railway Transport, Donetsk, Ukraine

Verbovsky V.S., Gas Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Krasnokutskaya Z.I., National Transport University, Kyiv, Ukraine

## ОСОБЕННОСТИ РАЗОГРЕВА ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ПРЕДПУСКОВОГО ПРОГРЕВА

Гутаревич Ю.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Грицук И.В., кандидат технических наук, Донецкий институт железнодорожного транспорта, Донецк, Украина

Добровольский А.С., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Адров Д.С., Донецкий институт железнодорожного транспорта, Донецк, Украина

Вербовский В.С., Институт Газу Академии Наук Украины, Киев, Украина

Краснокутская З.И., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

**Вступ.** Серед основних проблем ефективної експлуатації двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) вагоме місце займає їх передпускова теплова підготовка. Це особливо важливо для забезпечення безперервного живлення відповідальних електричних споживачів від ДВЗ, для яких неможливе застосування традиційних способів і засобів передпускової підготовки і прогріву. Особливо складним, є «холодний» пуск, тобто пуск непрогрітого двигуна в умовах низьких температур навколишнього середовища, при чому для тих випадків, коли після пуску здійснюється повне навантаження двигуна. При низьких температурах самого двигуна і оточуючого його середовища пуск ускладнюється, надійність пуску істотно знижується, а час підготовки до прийняття навантаження зростає.

При здійсненні пуску й прогріву холодного двигуна штатний насос для подачі оливи не забезпечує необхідного тиску в магістралі, рухомі з'єднання двигуна працюють у режимі граничного тертя, що призводить до значної інтенсифікації їх зношування [1, 2, 3]. Умови роботи двигунів у період пуску-прогріву значно відрізняються від умов роботи в номінальних навантажувальних і швидкісних режимах і впливають на довговічність і безвідмовність основних їх деталей. Особливо це актуально при експлуатації двигуна в умовах низьких температур, коли відбувається значне збільшення густини оливи, зниження ефективності роботи масляного, для її подачі до фільтруючих елементів. У таких умовах час подачі оливи до вузлів тертя зростає в декілька разів. Для кожного рухомого з'єднання двигуна існує своя оптимальна температура оливи, при якій спостерігається мінімальне зношування [4]. Відхилення параметрів теплового режиму роботи двигуна від

оптимальних значень при здійсненні пуску й прогріву призводить до значного збільшення зношування його вузлів тертя. Аналіз експериментальних даних показує, що пробіг, еквівалентний одному холодному пуску щодо зношування (втрата ресурсу), при зниженні температури від  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  зростає в шість разів [4, 5]. Зниження пускових зносів можливе за рахунок підтримання оптимального теплового режиму двигуна й нормальної роботи його систем під час пуску й прогріву [1 - 3, 6].

Для забезпечення надійного запуску в зимовий час необхідно виконати умову: частота обертання колінчастого вала стартером повинна перевищувати пускову частоту. Мінімальна пускова частота при зниженні температури навколишнього повітря збільшується [1 - 3]. Частота обертання колінчастого вала стартером при зниженні температури навколишнього повітря зменшується через зниження ємності акумулятора, яка обумовлена підвищенням в'язкості електроліту і погіршенням умов підзарядки.

Тому для забезпечення надійності зимового запуску двигуна необхідна тепла підготовка, у тому числі й індивідуальна за допомогою пускових засобів. Про їх ефективність можливо судити за даними [7].

Для підвищення довговічності двигуна, тобто зменшення пускових зносів необхідно також поліпшення подачі оливи до пар тертя при здійсненні пуску за рахунок передпускового прокачування й підігріву оливи. У зв'язку з цим створення ефективних способів передпускової підготовки двигунів і їх прогріву після пуску, являє собою актуальне й багатопланове завдання. Цим і обґрунтовується актуальність проведення даних досліджень.

**Аналіз останніх досліджень.** Дослідження газового двигуна K159M2 (6Ч 12/14), виконані в Інституті Газу НАН України спільно з фахівцями ДонІЗТ УкрДАЗТ і НТУ, показали, що для полегшення пуску і швидкого прогріву двигуна доцільно використовувати систему передпускового прогріву (розігріву) ДВЗ [8, 9] при одночасному впливі на його системи охолодження і мащення.

Для цього у складі системи передпускового прогріву (СПП) розроблено тепловий акумулятор (ТА) з теплоакumuлюючим матеріалом (ТАМ), що має фазовий перехід, який дозволяє накопичувати теплову енергію відпрацьованих газів. Кількість теплової енергії, яку накопичує ТА, відповідає необхідній кількості теплової енергії, що потрібна для попереднього прогріву двигуна від максимально низької температури оточуючого середовища до температури, яка дозволяє запуск двигуна. Крім цього, для досягнення більшої ефективності при виконанні передпускового прогріву газового двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву доцільно за допомогою СПП одночасно здійснювати прогрів охолоджуючої рідини в системі охолодження і оливи в системі мащення ДВЗ. Для цього розроблено цикл передпускового прогріву, пуску і прискореного прогріву після пуску двигуна, оснащеного СПП і алгоритм роботи її в процесі пуску і прогріву до температури, що дозволяє навантажувати двигун після пуску [10 - 11].

**Постановка задачі.** Метою проведених досліджень було експериментальне визначення часу теплової підготовки ДВЗ, обладнаного системою пуску і прискореного прогріву, параметрів прогріву двигуна при виконанні повного циклу розрядки - зарядки ТА СПП.

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

**Основний матеріал.** В процесі експериментальних досліджень були визначені необхідні дані для проведення аналізу впливу розробленої СПП з блоком прискореного прогріву (БППД) та блоком утилізації теплоти (БУТТА) відпрацьованих газів тепловим акумулятором (ТА) фазового переходу [11 - 14] на тепловий стан газового двигуна K159M2.

Основні теплофізичні характеристики ТА й особливості його роботи наведені у [11 - 14], а деякі з них – технічна характеристика ТА і технічні властивості теплоакumuлюючого матеріалу (ТАМ) - в табл. 1-2.

Умовно роботу СПП в процесі передпускового прогріву можливо розділити на декілька послідовних режимів:

1 – накопичення теплоти відпрацьованих газів в ТА до температури вище фазового переходу ТАМ за допомогою БУТТА для забезпечення передпускової підготовки;

2 – за допомогою БППД прискорений прогрів систем охолодження і мащення двигуна K159M2 до температур «гарячого пуску» в умовах експлуатації;

3 – пуск двигуна при температурі охолоджуючої рідини не менше  $40-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

4 – заряджання ТА теплотою відпрацьованих газів до температури вище фазового переходу ТАМ.

Таблиця 1 - Технічна характеристика ТА СПП газового двигуна K159M2

Найменування	Характеристика
Теплоакумулюючий матеріал	поліетилен високої густини низького тиску (табл. 2)
Маса теплоакумулюючого матеріалу, кг	18,5
Маса теплового акумулятора з ТАМ, кг	32,75
Габаритні розміри ТА, мм	164x280x480
Теплоізолюючий матеріал	Подвійний спінений поліетилен, покритий з обох сторін двома шарами алюмінієвої фольги
Матеріал корпусу ТА	Нержавіюча сталь
Матеріал теплообмінника ТА	Латунь
Теплова ємкість ТА, кДж/К	46,25

Таблиця 2 - Властивості ТАМ - поліетилену високої густини низького тиску [11-14]

Найменування параметра	Значення
Густина, кг/м <sup>3</sup> , $\rho_{me}/\rho_p$	925 / 800
Температура фазового переходу, К	408
Питома теплота фазового переходу, кДж/кг	230
Питома теплоємність, кДж/(кг·К), $C_{me}/C_p$	2,5 / 3,3
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К), $\lambda_{me}/\lambda_p$	0,25 / 0,04

Під час випробувань досліджувалась робота двигуна зі штатними системами охолодження і мащення та розробленою СПП (у складі БППД й БУТТА) ДВЗв процесі передпускової підготовки, пуску і прискореного прогріву після пуску. Параметри, зміна яких ретельно досліджувалась – температури охолоджуючої рідини і оливи ДВЗ, які вимірювались за допомогою термопар у характерних місцях двигуна. При цьому розглядалися окремі режими роботи СПП ДВЗ, а саме елементів БППД та БУТТА, для здійснення попереднього передпускового прогріву ДВЗ до температури оливи і охолоджуючої рідини у встановлених межах. Робота СПП при проведенні досліджень виконувалась за розробленим алгоритмом роботи двигуна [10 - 11] в період передпускової підготовки.

В процесі експериментальних досліджень СПП проводились випробування її складових елементів в умовах лабораторії ІГ НАНУ, при температурі оточуючого середовища +20 °С (рис. 1). При цих випробуваннях ставилась мета отримати необхідні дані для проведення подальших досліджень на розробленій математичній моделі [15], а також перевірка адекватності математичної моделі. При цьому виходили з припущення, що ТА зможе працювати аналогічно при будь-якій температурі, якщо забезпечити йому необхідну теплоізоляцію [13].

Зміна температури різних ділянок двигуна при підведенні гарячих теплоносіїв СПП з ТА представлені: для спільного нагріву охолоджуючої рідини і моторної оливи в табл. 3, а тільки для охолоджуючої рідини – в табл. 4.

Температури ТАМ ТА, як видно з рис. 1, за період часу  $\tau = 460$  с. знижується до  $t = 135$  °С і далі характер графіка охолодження ТАМ змінюється з невеликими коливаннями: відбувається процес кристалізації в квазіізотермічному режимі. Коливання температури ТАМ відбуваються відносно температури фазового переходу  $t_{ТАМ СПП} = 135$  °С, що відповідає літературним даним [16, 17, 13]. Температура охолоджуючої рідини у цей час складає 41,2 °С на вході в ДВЗ, в головці - 31,5 °С, біля ВМТ - 26,5 °С, біля НМТ - 31,65 °С, а температура оливи досягає значення 30,6 °С.

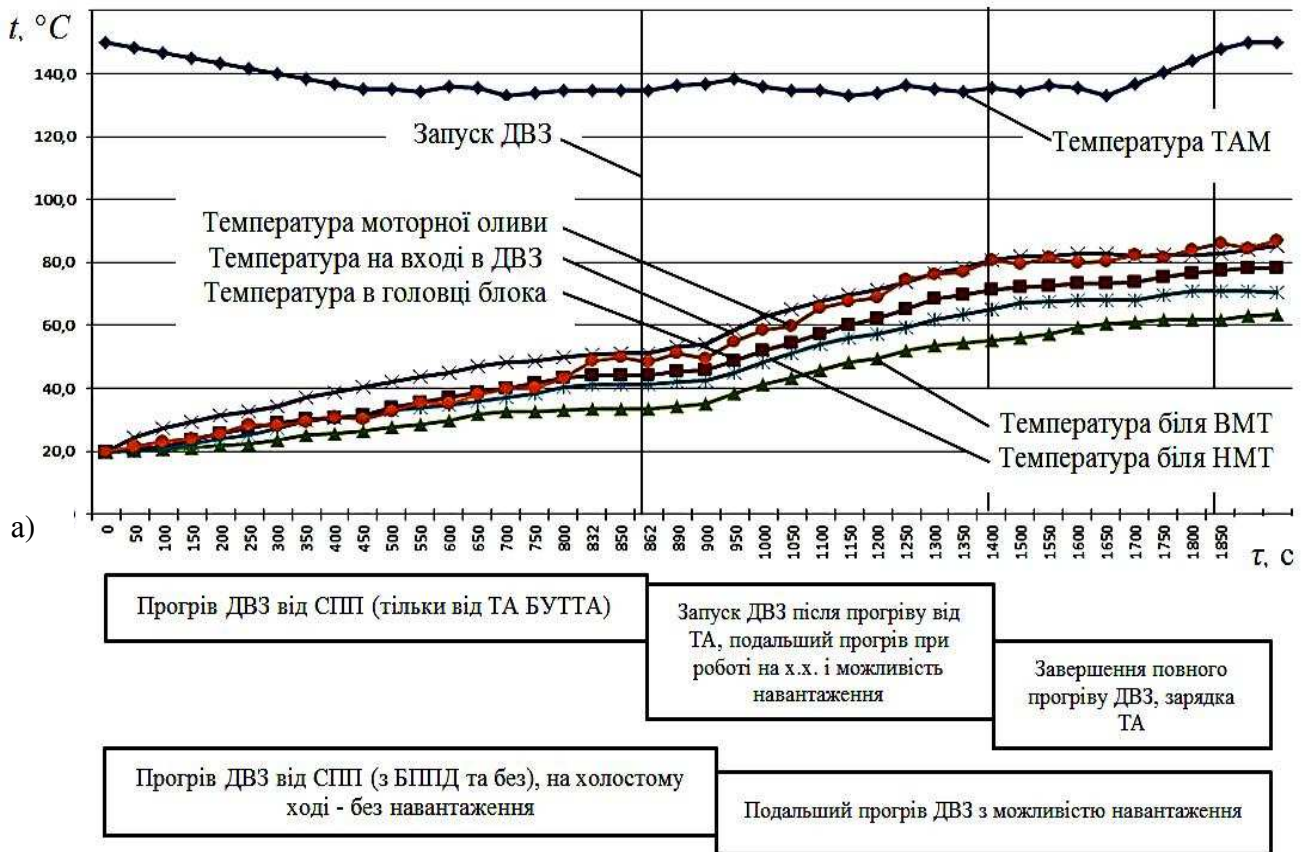


Рисунок 1 - Зміна температур ТАМ, моторної оливи і охолоджуючої рідини в різних ділянках ДВЗ при роботі СПП двигуна з ТА фазового переходу в процесі повного циклу його розрядки – зарядки (а) в залежності від режимів роботи СПП в процесі передпускового прогріву (б) при роботі за алгоритмом [10 - 11]

Таблиця 3 - Температура різних ділянок двигуна при підведенні гарячої охолоджуючої рідини в нижній пояс сорочки охолодження і прогрітої оливи в головну магістраль ДВЗ

Час циклу прогріву ДВЗ при повній розрядці – зарядці ТА СПП, с		0	460	862	1422	1677	1882
Температури ділянок ДВЗ	ТАМ ТА СПП, °C	150	135	135	135	135	150
	на вході в ДВЗ, °C	20	41,2	51,3	80,85	82,6	83,2
	в головці блока, °C	20	31,5	44,2	71,6	73,6	77,6
	біля ВМТ, °C	20	26,5	33,3	55,4	60,65	61,9
	біля НМТ, °C	20	31,65	41,1	65,4	67,85	70,7
Температура моторної оливи		20	30,6	48,1	80,2	81,9	85

Як видно з табл. 3, після закачування гарячих теплоносіїв з ТА СПП за  $t = 862$ с. ( $t_{ТАМ СПП} = 150^{\circ}C$ ) в нижній патрубок блока циліндрів ДВЗ, температура якого була  $t_{ДВЗ} = 20^{\circ}C$  на момент запуску ДВЗ після початку прогріву за допомогою СПП від ТА, середня температура на вході в ДВЗ складає  $t_{ср.вхід. ДВЗ} = 51,3^{\circ}C$ , середня температура поверхні головки блока ДВЗ досягає значення  $t_{ср.головки} = 44,2^{\circ}C$ , середня температура біля верхньої частини циліндра ДВЗ (біля положення поршня у ВМТ) досягає значення  $t_{ВМТ} = 33,3^{\circ}C$ , а середня температура нижньої частини циліндра ДВЗ (біля положення поршня у НМТ) досягає значення  $t_{НМТ} = 41,1^{\circ}C$ , при тому, що температура моторної оливи в головній магістралі досягає значення  $t_{мол. оливи} = 48,1^{\circ}C$ . За алгоритмом роботи системи

передпускового прогріву ДВЗ, після того як температура охолоджуючої рідини на вході в ДВЗ досягає  $50^{\circ}\text{C}$ , виконується запуск ДВЗ та відбувається подальший більш інтенсивний прогрів [10] з різних джерел. В цей період ДВЗ вже може приймати навантаження для виконання основних виробничих функцій. На цьому етапі роботи охолоджуюча рідина двигуна і моторна олива отримує теплову енергію від теплового акумулятора та від надлишкової теплової енергії, яка утворюється при згоранні палива. Після запуску ДВЗ температури ділянок продовжують підвищуватись до температури робочого стану ДВЗ, температура ТА СПП при цьому не знижується нижче значення температури фазового переходу ТАМ -  $t_{ТАМ\ СПП} = 135^{\circ}\text{C}$ . За відрізок часу  $\tau = 561\text{ с}$ . з моменту запуску двигуна температура охолоджуючої рідини піднімається вище  $80^{\circ}\text{C}$  на вході в ДВЗ. В період повного прогріву ДВЗ і початку зарядки ТА СПП за  $t = 1422\text{ с}$ . середня температура на вході в ДВЗ складає  $t_{\text{ср.вхід. ДВЗ}} = 80,85^{\circ}\text{C}$ , середня температура поверхні головки блоку ДВЗ досягає значення  $t_{\text{ср.головки}} = 71,6^{\circ}\text{C}$ , середня температура біля ВМТ ДВЗ досягає значення  $t_{\text{ВМТ}} = 55,4^{\circ}\text{C}$ , а середня температура біля НМТ ДВЗ досягає значення  $t_{\text{НМТ}} = 65,4^{\circ}\text{C}$ , при тому, що температура моторної оливи в головній магістралі досягає значення  $t_{\text{мот. оливи}} = 80,2^{\circ}\text{C}$ . Повний цикл зарядки ТА СПП завершується за  $t = 1882\text{с}$ . при досягненні  $t_{ТАМ\ СПП} = 150^{\circ}\text{C}$  від початку циклу прогріву ДВЗ. При цьому температури ділянок ДВЗ досягають наступних значень: середня температура на вході в ДВЗ складає  $t_{\text{ср.вхід. ДВЗ}} = 83,2^{\circ}\text{C}$ , середня температура поверхні головки блоку ДВЗ досягає значення  $t_{\text{ср.головки}} = 77,6^{\circ}\text{C}$ , середня температура біля ВМТ ДВЗ досягає значення  $t_{\text{ВМТ}} = 61,9^{\circ}\text{C}$ , а середня температура біля НМТ ДВЗ досягає значення  $t_{\text{НМТ}} = 70,7^{\circ}\text{C}$ , при тому, що температура моторної оливи в головній магістралі досягає значення  $t_{\text{мот. оливи}} = 85^{\circ}\text{C}$ . Середня температура зони двигуна, найближча до корінних підшипників на момент пуску ДВЗ за  $t = 862\text{ с}$ . складала  $t_{\text{НМТ}} = 41,1^{\circ}\text{C}$ , за весь час проведення дослідження поступово зростала до значення  $t_{\text{НМТ}} = 85^{\circ}\text{C}$  за  $t = 1882\text{ с}$ ., а температура моторної оливи в головній масляній магістралі досягає значень, відповідно,  $t_{\text{мот. оливи}} = 48,1 / 85^{\circ}\text{C}$ , про що свідчать результати зведені в табл.3.

Після досягнення температури охолоджуючої рідини вище  $80^{\circ}\text{C}$  на вході в ДВЗ відключається СПП, та відбувається підтримка температури охолоджуючої рідини на досягнутому рівні за рахунок штатної системи охолодження двигуна. Паралельно відбувається зарядка ТА, що відображено на графіку спочатку за відрізок часу  $\tau = 255\text{ с}$  відбувається плавлення ТАМ, а після цього температура рідкого ТАМ піднімається з  $135^{\circ}\text{C}$  до  $150^{\circ}\text{C}$  за  $\tau = 205\text{ с}$ .

Стандартне відхилення температури на дослідній ділянці в процесі повного циклу розрядки – зарядки ТА відносно температури фазового переходу  $t_{ТАМ\ СПП}$  складає  $\sigma = 5^{\circ}\text{C}$ , що повністю достатньо для подібних вимірювань. Співставлення розрахункових даних з отриманими результатами експериментальних даних підтверджує достатню точність для системи прогріву і охолодження двигуна в цілому [18].

Для порівняння приводимо в табл. 4 температури різних ділянок двигуна при підведенні тільки гарячої охолоджуючої рідини в нижній пояс сорочки охолодження ДВЗ, тобто без підігріву моторної оливи. Різниця в значеннях температур охолоджуючої рідини в табл. 1 і 2 пояснюється конструктивними особливостями двигуна К159М2, де головна масляна магістраль знаходиться поза блоком циліндрів.

Таблиця 4 - Температура різних ділянок двигуна при підведенні тільки гарячої охолоджуючої рідини в нижній пояс сорочки охолодження ДВЗ

Час циклу прогріву ДВЗ при повній розрядці – зарядці ТА СПП, с		0	460	862	1422	1677	1882
Температури ділянок	ТАМ ТА СПП, $^{\circ}\text{C}$	150	135	135	135	135	150
	на вході в ДВЗ, $^{\circ}\text{C}$	20	40	50	80	81	85
	в головці блока, $^{\circ}\text{C}$	20	29	44,2	71,8	73,3	78,4
	біля ВМТ, $^{\circ}\text{C}$	20	29	41,2	65,9	67,4	71,3
	біля НМТ, $^{\circ}\text{C}$	20	19	33,3	55,7	56,9	57,7

Виходячи з отриманих результатів можливо впевнено стверджувати, що передпусковий прогрів охолоджуючої рідини і оливи одночасно за розробленим алгоритмом роботи СПП дозволяє краще

прогріти зону колінчастого вала двигуна, ніж у випадку, коли передпусковий прогрів проводиться тільки для охолоджуючої рідини. 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.

#### **Висновки.**

1. Передпускову теплову підготовку двигуна краще здійснювати підведенням гарячої охолоджуючої рідини з ТА СПП в нижній пояс сорочки охолодження двигуна, як і зроблено у заводській комплектації досліджуваного ДВЗ, одночасно з подачею (прокачкою) розігрітої моторної оливи в головну магістраль двигуна.

2. Розробленої СПП з ТА фазового переходу, з поліетиленом у якості ТАМ, повністю достатньо для забезпечення передпускової теплової підготовки для прогріву газового двигуна К159М2 через системи охолодження і мащення до температур, при яких можливо навантажувати двигун.

3. Інтервал часу, після закінчення якого охолоджуюча рідина і моторна олива власною тепловою енергією, що накопичена за допомогою ТА СПП, забезпечує можливість прогріву двигуна до температури «гарячого пуску», тобто 50 °С на вході в ДВЗ, складає 862 с. або 14,4 хв., без запуску останнього, інтервал часу до завершення повного прогріву ДВЗ і початку зарядки ТА СПП складає 1422 с. або 23,7 хв.; інтервал часу до завершення повної зарядки ТА СПП складає 1882 с. або 31,4 хв.

#### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля / Ф.Н. Авдонькин. - М.: Транспорт, 1993. - 350 с.

2. Альмеев Р.И. Анализ устройств для предпусковой смазки деталей ДВС / Р.И. Альмеев // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. - Саратов: СГТУ, 2008. - С. 125-132.

3. Карташевич А.Н. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации: Монография / А.Н. Карташевич, Г.М. Кухаренок, А.В. Гордеенко, Д.С. Разинкевич: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. - Мн.: Изд. ООО «Красико-Принт» , 2005. - 180 с.

4. Денисов А.С. Применение устройства предпусковой смазки для оптимизации работы подшипников коленчатого вала на пусковых режимах/ А.С. Денисов, Р.И. Альмеев // Журнал Автомобильных Инженеров №5 (70) 2011, с. 40-45.

5. Денисов А.С. Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей / А.С. Денисов. - Саратов: СГТУ, 1999. - 352 с.

6. Денисов А.С. Режим работы и ресурс двигателей / А.С. Денисов, В.Е. Неустроев. - Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1981. - 112 с.

7. Семёнов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур / Н.В. Семёнов. - М.: Транспорт, 1993. - 190 с.

8. Патент № 75713 Україна, МПК F01P 3/22 (2006.01). Система регулювання температури охолоджуючої рідини, оливи, палива двигуна внутрішнього згорання з утилізацією теплоти тепловим акумулятором і моніторингом теплових параметрів / Грицук І.В. та інш. / (Україна); Заявник і патентовласник Національний транспортний ун-т. - № u2012 06657; заяв.21.05.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. №23.- 6с.:іл.

9. Грицук І.В. 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 / І.В.Грицук та інш. // Збірн. наук. праць ДонІЗТ - Донецьк: ДонІЗТ, 2012– Випуск №32. с. 185-195.

10. Гутаревич Ю.Ф. Особливості алгоритму роботи системи 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 наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. - Севастополь: СевНТУ, 2013 - Випуск 143/2013., с.53-57.

11. Грицук, І.В. Алгоритм формування оперативної готовності двигуна внутрішнього згорання з системою прискореного прогріву й утилізацією теплоти відпрацьованих газів тепловим акумулятором [Текст] / І.В.Грицук, Д.С. Адров та ін. – Зб. наук. праць ДонІЗТ Укр. держ. акад. залізничного транспорту. - Донецьк: ДонІЗТ, 2012– Вип. №29, с. 143-156.

12. Адров Д.С. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного

двигуна в умовах низьких температур [Текст] / Д.С. Адров, І.В.Грицук та ін. – Зб. наук. праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. - Донецьк: ДонІЗТ, 2011– Випуск №27, с. 117-126.

13. Шульгин, В.В. Тепловые аккумуляторы автотранспортных средств [Текст] / В.В.Шульгин - СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2005. – 268с.

14. Адров, Д.С. Особливості експериментальної стаціонарної моторної установки й методики для дослідження системи прискореного прогріву двигуна та утилізації теплоти його відпрацьованих газів тепловим акумулятором [Текст] / Д.С. Адров, І.В.Грицук та ін. – Зб. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ. - Донецьк: ДонІЗТ, 2011– Вип. №28, с. 179-189.

15. Грицук, І.В. Математична модель розрахунку показників двигуна внутрішнього згорання з системою комбінованого прогріву при здійсненні пуску і прогріву [Текст] / І.В.Грицук, Д.С. Адров // Міжвуз. зб. «Наукові нотатки», - Луцьк: ЛНТУ, 2012. – Випуск № 36, с. 68-72.

16. Левенберг В.Д. Аккумуляирование тепла. - М.: Наука, 1991. – 83 с.

17. Химическая энциклопедия, т. 4/ гл. ред. Зефирова Н.С. – М.: Изд-во: Большая Российская Энциклопедия, 1995 г.

18. Грицук, І.В. Покращення паливної економічності і екологічних показників двигунів внутрішнього згорання застосуванням системи комбінованого прогріву при здійсненні пуску і прогріву. / І.В. Грицук, Д.С. Адров / Тези доповідей XVII міжнародного конгресу двигунобудівників.- Харків. Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2012. с. 84.

#### REFERENCES

1. Avdon'kin F.N. Optimization of the changes of the automobile's technical conditions / F.N. Avdon'kin. – М.: Transport, 1993. – 350 p.

2. Al'meev R.I. Analysis of devices for prestarting lubrication of ICE details / R.I. Al'meev // Problems of transport and transportation construction: interun.scien.dig. – Saratov: SNTU, 2008. – p.125-132.

3. Kartashevich A.N. Improvement of starting qualities of autotractor diesel engines during the winter period of operation: Monograph / A.N. Kartashevich, G.M. Kuharenok, A.V. Gordienko, D.S. Razinkevich: Belarusian National Agriculture Academy. – Mn.: PC “Krasiko-Print” Ltd, 2005. – 180 p.

4. Denisov A.S. Usage of the prestarting lubrication device for optimization of operation of crankshaft's bearings on starting modes / A.S. Denisov, R.I. Al'meev // Automobile Engineers' Magazine #5 (70) 2011, p.40-45.

5. Denisov A.S. Bases of formation of an operational and repair cycle of cars / A.S. Denisov, B.E. Neustroev. – Saratov: Pub.Ed. of Saratov's University, 1981. – 112 p.

6. Denisov A.S. Operational regimes and engines' resources / A.S.Denisov, B.E.Neustroev. - Saratov: Pub.Ed. of Saratov's University, 1981. – 112 p.

7. Semenov N.V. Operation of cars in the conditions of low temperatures / N.V.Semenov. – М.: Transport, 1993. – 190 p.

8. Patent #75713 Ukraine, MPK F01P 3/22 (2006.01). System of temperature regulation of internal-combustion engine's cooling liquid, lubricating oil, fuel with warmth utilization done by the heating accumulator and temperature parameters monitoring / Grytsuk I.V. and others / (Ukraine); Applicant and patent holder National Transport University - # u2012 06657; appl. 21.05.2012; published 10.12.2012, Bul. #23.- 6p.:il.

9. Grytsuk I.V. Results of calculation of fuel efficiency and ecological indicators of a gas-piston internal combustion engine in compliance with a cycle of prestarting warming up and start-up on mathematical model when using system of the combined warming up / I.V. Grytsuk and others // Digest of scientific works Don IZT – Donetsk: Don IZT, 2012 – Edition #32. P.185-195.

10. Gutarevich Yu.F. Algorithm's features of operation of gas engine's system of prestarting warming up during start-up and warming up / Yu.F. Gutarevich, I.V. Grytsuk, V.S. Verbovskiy, Z.I. Krasnokutskaya // Sev NTU Digest, Scientific Researches. Series: Machine and device's construction and transport. – Sevastopol: Sev NTU, 2013 – Edition 143/2013., p.53-57.

11. Grytsuk I.V. Algorithm of formation of operational readiness of an internal combustion engine with system of the accelerated warming up and utilization of warmth of exhaust gases by the heating accumulator [Text] / I.V.Grytsuk, D.S. Adrov and others – Scientific researches Don IZT Ukr.Nat.Acad.of railway transport. – Donetsk: Don IZT, 2012 – Ed.#29, p.143-156.

12. Adrov D.S. Heating accumulator as a way to raise start up efficiency of the stationary engine in the low temperature conditions [Text] / D.S.Adrov, I.V.Grytsuk and others. - Scientific researches DonIZT

Ukr.Nat.Acad.of railway transport. – Donetsk: DonIZT, 2011 – Ed.#27, p.117-126.

13. Shulgin V.V. Heating accumulators of the autotransport vehicles [Text] / V.V.Shulgin – SPb.: Pub.Ed. of the Polytech.Un., 2005. – 268p.

14. Adrov D.S. Features of experimental stationary motor plant and methodology for researches of system of the engine's accelerated heating up and utilization of exhaust gases' warmth by the heating accumulator [Text] / D.S.Adrov, I.V.Grytshuk and others. - Scientific researches DonIZT UkrDAZT. – Donetsk: DonIZT, 2011 – Ed.#28, p.179-189.

15. Grytsuk I.V. Mathematical model of calculation of indicators of an internal combustion engine with system of the combined warming up during start-up and warming up [Text] / I.V.Grytshuk, D.S.Adrov // Interun.Dig. "Naukovi Notatky", - Lutsk: LNTU, 2012. – Edition #36, p.68-72

16. Levenberg V.D. Heating accumulation. – M.: Science, 1991. – 83p.

17. Chemical encyclopedia, v.4/ ch.ed.Zefirov N.S. – m.: Pub.Ed.: Big Russian Encyclopedia, 1995.

18. Grytsuk I.V. Improvement of fuel efficiency and ecological indicators of internal combustion engines by usin the system of the combined warming up at start-up and warming up / I.V.Grytsuk, D.S.Adrov / Thesis of reports during the XVII International Congress of engine constructors. – Kharkov. Nat.Aerospace University "Kharkiv aviation Institute", 2012. P.84.

#### РЕФЕРАТ

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. Науковий журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серія: „Технічні науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 13.

У статті наведені особливості роботи системи передпускового прогріву газового двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву при здійсненні одночасного впливу на систему охолодження і мащення.

Об'єкт дослідження – система передпускового прогріву двигуна внутрішнього згорання.

Мета роботи – визначення впливу системи передпускового прогріву на показники роботи двигуна внутрішнього згорання.

Метод дослідження – експериментальні дослідження системи передпускового прогріву.

Представлені результати розігріву газового двигуна при використанні системи передпускового прогріву, що одночасно забезпечує можливість здійснювати прокачування нагрітої моторної оливи й охолоджуючої рідини перед пуском двигуна. В якості накопичувача теплової енергії відпрацьованих газів використовувався тепловий акумулятор фазового переходу. Визначені основні параметри процесу теплової підготовки газового двигуна за допомогою розробленої системи передпускового прогріву, яка працює за розробленим алгоритмом і методикою прогріву.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:**СИСТЕМА ПРИСКОРЕНОГО ПРОГРІВУ, СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА, СИСТЕМА МАЩЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ АКУМУЛЯТОР ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ, ТЕМПЕРАТУРИ ПРОГРІВУ.

#### ABSTRACT

Gutarevich Y.F., Gritsuk I.V., Dobrovolsky O.S., Adrov D.S., Verbovsky V.S., Krasnokutskaya Z.I. Features of heating gas engine with use sistem of the prestarting warming. Management of projects, system analysis and logistics. Science journal: In Part 2. Part 1: Series: "Technical sciences" - Kyiv: NTU, 2014. - Vol. 13.

The peculiarities of the system's of prestarting warming up of the gas engine operation in the process of start-up and warming up during the simultaneous influence on the cooling and lubricating-oil systems are presented in the article.

The object of the research is the system of the prestarting warming up of an internal combustion engine.

The purpose of the research is the systems of restarting warming up influence on indicators of work of an internal combustion engine

The research methods used is the experimental investigation of the system of prestarting warming up.

The results of the gas engine's warming up when using the system of prestarting warming up which at the same time provides possibility to carry out the pumping up of the heated engine oil and a cooling fluid



before engine start-up are stated in the article. The phase transition heating accumulator was used as storage of the heat energy of the fulfilled gases.

**KEYWORDS:** SYSTEM OF THE ACCELERATED WARMING UP, THE COOLING SYSTEM, THE LUBRICATING-OIL SYSTEM, THE PHASE TRANSITION HEATING ACCUMULATOR, WARMING UP TEMPERATURE.

#### РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Особенности разогрева газового двигателя при использовании системы предпускового прогрева / Ю.Ф. Гутаревич, И.В. Грицук, А.С. Добровольский, Д.С. Адров, В.С. Вербовский, З.И. Краснокутская // Управление проектами, системный анализ и логистика. Научный журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серия: „Технические науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 13.

В статье приведены особенности работы системы предпускового прогрева газового двигателя в процессе осуществления пуска и прогрева при осуществлении одновременного воздействия на систему охлаждения и смазки.

Объект исследования - система предпускового прогрева двигателя внутреннего сгорания.

Цель работы - определение влияния системы предпускового прогрева на показатели работы двигателя внутреннего сгорания.

Метод исследования - экспериментальные исследования системы предпускового прогрева .

Представлены результаты разогрева газового двигателя при использовании системы предпускового прогрева, который одновременно обеспечивает возможность осуществлять прокачивание нагретого моторного масла и охлаждающей жидкости перед пуском двигателя. В качестве накопителя тепловой энергии отработавших газов использовался тепловой аккумулятор фазового перехода. Определены временные параметры процесса тепловой подготовки газового двигателя с помощью разработанной системы предпускового прогрева, работающей по разработанному алгоритму в соответствии с методикой прогрева.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** СИСТЕМА УСКОРЕННОГО ПРОГРЕВА, СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ, СИСТЕМА СМАЗКИ, ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА, ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОГРЕВА.

#### АВТОРИ:

Гутаревич Юрій Феодосійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Двигуни і теплотехніка», тел. +38-044-280-60-65, Україна, 01103, м. Київ, вул. Суворова 1.

Грицук Ігор Валерійович, кандидат технічних наук, доцент, Донецький інститут залізничного транспорту, доцент кафедри «Рухомий склад залізниць», e-mail: gritsuk\_iv@ukr.net, тел. +050-627-38-13, Україна, 83018, м. Донецьк, вул. Артема, 184.

Добровольський Олександр Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: dobrovolskiy@ukr.net, тел. 044-280-91-87, Україна, 01103, м. Київ, вул. Суворова 1.

Адров Дмитро Сергійович, асистент кафедри «Рухомий склад залізниць», Донецький інститут залізничного транспорту, тел. +38-050-676-90-45, Україна, 86132, Донецька обл., м. Макіївка, вул. Горбачова, буд. 32/131, кв. 50.

Вербовський Валерій Степанович, старший науковий співробітник, Інститут газу НАН України, Україна, 00313, м. Київ, вул. Дегтярівська, 39.

Краснокутська Зоя Ігорівна, старший науковий співробітник, Національний транспортний університет, Україна, 04080, м. Київ, вул. Оленівська ,8 кв. 26.

#### AUTHOR:

Gutarevich Yuriy F, doctor of Technical Sciences, professor, The head of the department «Engines and Heating Engineering», National Transport University, tel. 044-280-60-65, Ukraine, 01010, Kiev, Suvorova 1.

Gritsuk Igor V., Ph.D., Associate Professor, Donetsk Railway Institute, Associate Professor of Railway Rolling Stock, e-mail: gritsuk\_iv@ukr.net, tel. +050-627-38-13, Ukraine, 83018, Donetsk, St. Artem, 184 .

Dobrovolsky Aleksandr S., Associate Professor, department «Engines and Heating Engineering», National Transport University, tel. +38-044-280-91-87, Ukraine, 01010, Kiev, St. Suvorova 1.

Adrov Dmitriy S., Donetsk Railway Institute, Associate Professor of Railway Rolling Stock, tel.

+38-050-676-90-45, Ukraine, 86132, Donetskaya obl, Makeevka, St. Gorbachova 32/131, kv. 50.

Verbovsky Valeriy S., Senior Researcher, Gas Institute of NAS of Ukraine, Ukraine, 00313, Kiev, St. Degtyarivska, 39.

Krasnokutskaya Zoya I., Senior Researcher, National Transport University, Ukraine, 04080, Kiev, St. Olenivska, 8 kv. 26.

#### АВТОРЫ:

Гутаревич Юрий Феодосиеович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой «Двигатели и теплотехника», тел. 044-280-60-65, Украина, 01103, м. Киев, ул. Суворова 1.

Грицук Игорь Валериевич, кандидат технических наук, доцент, Донецкий институт железнодорожного транспорта, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», e-mail: gritsuk\_iv@ukr.net, тел. +050-627-38-13, Украина, 83018, г. Донецк, ул. Артема, 184.

Добровольский Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: dobrovolskiy@ukr.net, тел. 044-280-91-87, Украина, 01103, м. Киев, ул. Суворова 1.

Адров Дмитрий Сергеевич, ассистент кафедры «Подвижной состав железных дорог», Донецкий институт железнодорожного транспорта, тел. +38-050-676-90-45, Украина, 86132, Донецкая обл., м. Макеевка, ул. Горбачова, дом 32/131, кв. 50.

Вербовский Валерий Степанович, старший научный сотрудник, Институт газа НАН Украины, Украина, 00313, м. Киев, ул. Дегтяревська, 39.

Краснокутска Зоя Игоревна, старший научный сотрудник, Национальный транспортный университет, Украина, 04080, м. Киев, ул. Оленевская, 8 кв. 26.

#### РЕЦЕНЗЕНТИ:

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету, Київ, Україна.

Паламарчук М.В., доктор технічних наук, професор, Донецький інститут залізничного транспорту, завідувач кафедри «Рухомий склад залізниць», Донецьк, Україна.

#### REVIEWERS:

Mateychik Vasil P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department Ecology and Safety of Vital Functions, Kiev, Ukraine.

Palamarchuk Nicholas V, Doctor of Technical Sciences, Professor, Donetsk Railway Institute, Head of the Department of Railway Rolling Stock, Makeyevka, Ukraine.