

УДК 621.43

Ю.Ф. Гутаревич, професор, д-р техн. наук,

З.І. Краснокутська, старший науковий співробітник

Національний транспортний університет

вул. Суворова 1, м. Київ, Україна, 01010

yugutarevich@gmail.com

І.В. Грицук, доцент, канд. техн. наук

Донецький інститут залізничного транспорту УкрДАЗТ

вул. Артема 184, м. Донецьк, Україна, 83018

gritsuk_iv@ukr.net

В.С. Вербовський, старший науковий співробітник

Інститут газу Національної Академії наук України

вул. Десятківська 39, м. Київ, 03113

verbovsky_vs@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ ПЕРЕДПУСКОВОГО ПРОГРІВУ ГАЗОВОГО ДВИГУНА В ПРОЦЕСІ ЗДІЙСНЕННЯ ПУСКУ І ПРОГРІВУ

У статті наведені особливості алгоритму роботи системи передпускового прогріву газозового двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву.

Ключові слова: *двигун внутрішнього згорання, система передпускового прогріву, тепловий акумулятор.*

Постановка проблеми. Серед основних проблем ефективної експлуатації ДВЗ особливе місце займає їх передпускова тепла підготовка, яка є також суттєвою і для газових ДВЗ у складі установок, що забезпечують безперервне живлення відповідальних електричних споживачів, для яких виключається можливість застосування традиційних способів і засобів передпускової підготовки і прогріву. Особливо складним, є «холодний» пуск, тобто пуск непрогрітого двигуна в умовах низьких температур навколишнього повітря, при чому зразу ж 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження газозового двигуна К-159М2 (6Ч 12/14), виконані в Інституті газу НАНУ спільно з НТУ і ДонІЗТ УкрДАЗТ, показали, що для полегшення пуску і швидкого прогріву двигуна доцільно використовувати систему передпускового прогріву (розігріву) ДВЗ [1, 2]. Для цього було розроблено тепловий акумулятор (ТА) з теплоакumulюючим матеріалом (ТАМ) що має фазовий перехід, який дозволяє накопичувати теплову енергію відпрацьованих газів. Кількість теплової енергії, яку накопичує ТА, відповідає необхідній кількості теплової енергії, яка потрібна для попереднього прогріву двигуна від максимально низької температури оточуючого середовища до температури, що дозволяє запуск двигуна. Крім цього, для досягнення більшої ефективності при виконанні передпускового прогріву газозового двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву доцільно за допомогою системи передпускового прогріву (СПП) одночасно здійснювати прогрів охолоджуючої рідини в системі охолодження і оливи в системі мащення ДВЗ.

Постановка задачі. Метою статті є обґрунтування і розробка алгоритму роботи системи передпускового прогріву газозового двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву до температури, що дозволяє здійснювати приймання навантаження, й включає в себе елементи прискореного прогріву охолоджуючої рідини в системі охолодження і оливи в системі мащення ДВЗ.

Матеріали і результати дослідження. При дослідженні роботи СПП газозового ДВЗ в процесі здійснення пуску і прогріву до температури, що дозволяє здійснювати приймання навантаження після пуску, використовувалась моторна установка на основі газозового двигуна К-159М2 (6Ч 12/14) з елементами прискореного прогріву охолоджуючої рідини в системі охолодження і оливи в системі мащення ДВЗ на основі ТА.

Одним з основних питань організації пуску і прогріву двигуна до температури, що дозволяє здійснювати приймання навантаження після пуску, є вибір режимів роботи СПП. Ці режими мають відповідати експлуатаційним вимогам до двигуна у складі енергетичної установки. Зважаючи на те, що питання прискореного пуску двигуна для виконання встановленої роботи має першочергове значення для організації їх застосування, доцільно в якості основних режимів передпускової підготовки для дослідження використовувати розроблений цикл передпускового прогріву, пуску і прискореного прогріву після пуску двигуна, оснащеного СПП (рисунок 1).

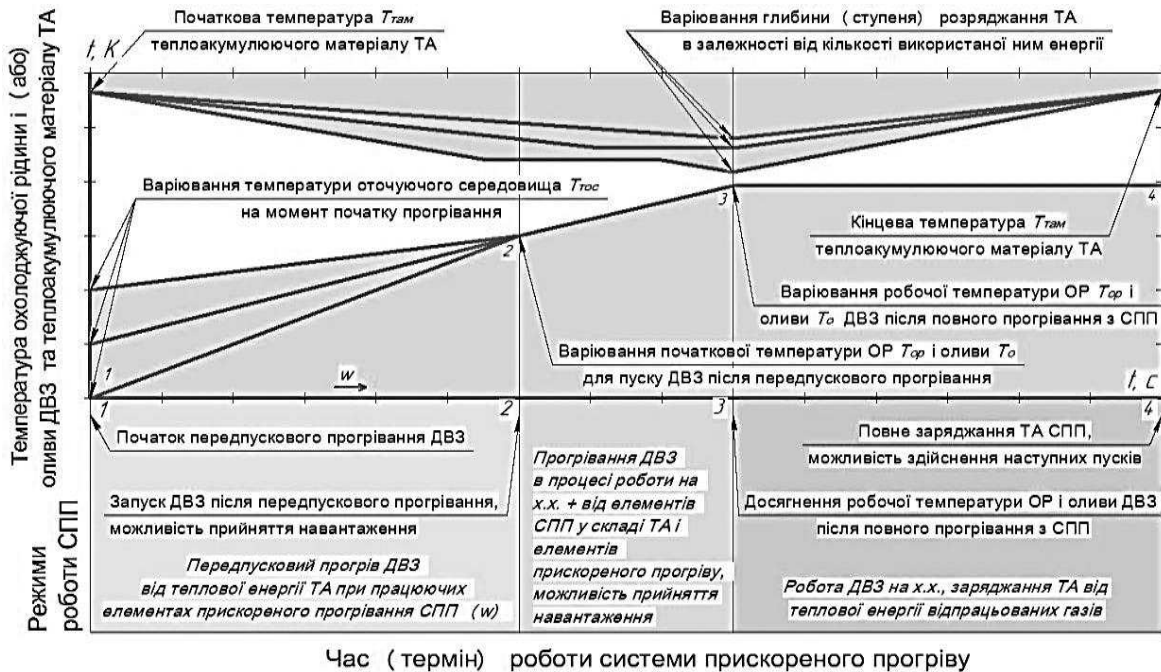


Рисунок 1 – Розроблений цикл передпускового прогріву, пуску і прискореного прогріву після пуску двигуна, оснащеного СПП

Особливостями розробленого циклу роботи СПП є те, що в точці 1 температура оточуючого середовища, а відповідно, охолоджуючої рідини й оливи, можуть змінюватися у широкому діапазоні, температура теплоакumuлюючого матеріалу відповідно до алгоритмів роботи СПП та допущень теоретичних досліджень має бути постійною - 150°C , що відповідає властивостям теплоакumuлюючого матеріалу. Після запуску СПП в інтервалі точок 1-2 відбувається попередній прогрів ДВЗ. Тривалість цього етапу залежить від температури оточуючого середовища і конструкції системи охолодження двигуна. Точка 2 цього циклу відповідає встановленим температурам охолоджуючої рідини й оливи «гарячого» пуску ДВЗ, та може змінюватись в залежності від рекомендацій виробника двигуна або технологічних вимог. Для двигуна K-159M2 ця температура складає для охолоджуючої рідини і оливи не менше 50°C . Для досягнення температури 50°C необхідно витратити різну кількість накопиченої в ТА теплової енергії, тому температура ТАМ в точці 2 може значно відрізнятись від початкової. Швидкість циркуляції охолоджуючої рідини і оливи на інтервалі точок 1-2 при роботі є максимальною і складає $0,22$ м/с, виходячи з конструктивних можливостей насосів, але може варіюватись в залежності від конструктивних особливостей системи охолодження й системі мащення двигуна і особливостей прогріву двигуна. Після досягнення температури «гарячого» пуску в системі охолодження і системі мащення відбувається запуск двигуна (точка 2). В інтервалі 2-3 відбувається спільний прогрів двигуна від ТА та теплової енергії згорання палива працюючого двигуна. Початкова температура охолоджуючої рідини і оливи на цьому інтервалі відповідає температурі в точці 2, в кінці інтервалу – в точці 3 вона повинна відповідати значенню температури охолоджуючої рідини і оливи, яку рекомендує виробник двигуна в якості значення робочої температури охолоджуючої рідини і оливи. В цьому інтервалі триває подальше зниження температури ТАМ, пропорційно початковій температурі оточуючого середовища. Тривалість цього інтервалу приблизно однакова для різних температур оточуючого середовища. Швидкість циркуляції охолоджуючої рідини і оливи на цьому етапі зменшується до $0,16$ м/с. В точці 3 циклу температура охолоджуючої рідини і оливи повинна становити відповідно 85°C і 80°C (рекомендовану виробником для K-159M2). Після досягнення означеної температури відключається додатковий електричний насос системи охолодження і системи мащення й двигун працює від власних насосів. В інтервалі 3-4 відбувається підтримання температури охолоджуючої рідини в межах $85 \pm 5^{\circ}\text{C}$, а оливи – $80 \pm 5^{\circ}\text{C}$ за допомогою зміни швидкості циркуляції охолоджуючої рідини і оливи, та протікає процес зарядки теплового акумулятора. Тривалість цього етапу залежить від того, наскільки багато було використано теплової енергії на прогрів двигуна від ТА. Точка 4 вибирається в залежності від досягнення значення температури в ТА, що дорівнює 150°C .

Для забезпечення роботи ДВЗ за розробленим циклом з системою передпускового прогріву було розроблено алгоритм його роботи, який враховує особливості прискореного прогріву охолоджуючої рідини в системі охолодження двигуна і оливи в системі мащення ДВЗ (рисунок 2). У рамках поставленого в дослідженні завдання СПП виконує наступні функції: зчитування значень датчиків

температури охолоджуючої рідини і оливи; порівняльний аналіз температурних характеристик з метою виявлення стану теплоносіїв; керування системою прогріву відповідно до отриманої інформації, а саме: вибір режимів прогріву; відключення відповідних елементів СПП у випадку збільшення температур теплоносіїв вище допустимої норми. Конструктивною особливістю системи передпускового прогріву є наявність теплового акумулятора охолоджуючої рідини в системі охолодження й теплового акумулятора оливи в системі мащення двигуна. Розроблений алгоритм включає в себе декілька складових частин, надалі наведений єдиний укрупнений алгоритм. У блоці 1 (рисунок 2) проводиться зчитування сигналів термодатчиків охолоджуючої рідини і оливи, що розташовані на вході і виході з ДВЗ; на виході з теплообмінника, на виході з ТА, в системі охолодження і мащення ДВЗ та датчика температури ТАМ в ТА. У блоці 2 проводиться нормування сигналу з указаних датчиків і перетворення їх аналогових сигналів у цифрове представлення для роботи електронних блоків СПП. У блоці 3 відбувається збереження даних в оперативному запам'ятовуючому пристрої (ОЗП). У блоці 4 проводиться аналіз накопичених в ОЗП значень для роботи електронних блоків СПП.

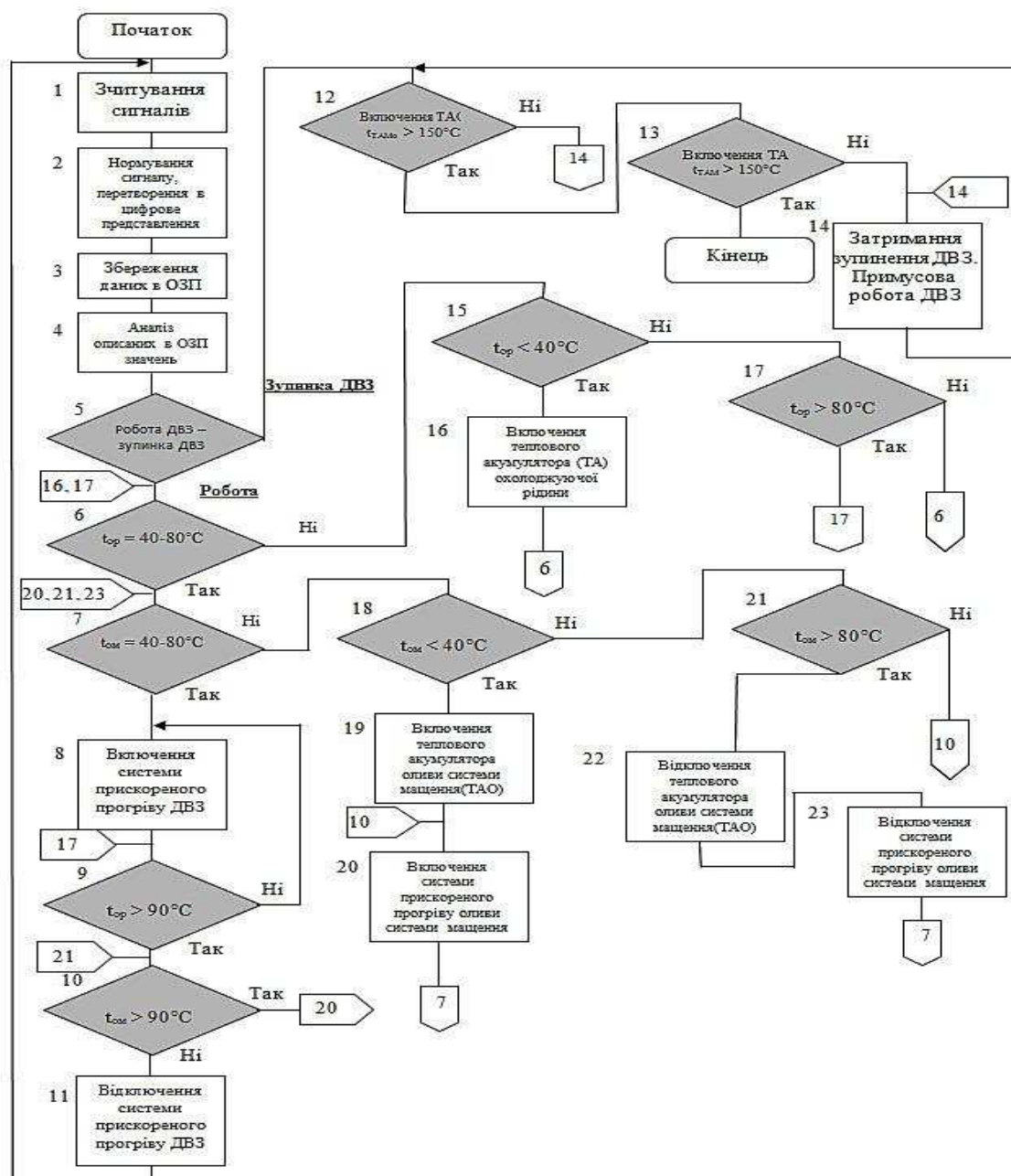


Рисунок 2 – Алгоритм роботи системи передпускового прогріву газового ДВЗ, що включає в себе елементи прискореного прогріву охолоджуючої рідини в системі охолодження і оливи в системі мащення ДВЗ, в процесі здійснення пуску і прогріву до температури, що дозволяє здійснювати приймання навантаження після пуску

У блоці 5 перевіряється умова роботи СПП. Якщо виконується вхідна вимога (умова) «Робота» двигуна, тобто двигун К-159М2 працює, то СПП, що працює за алгоритмом, переходить до блоку 12 для перевірки робочої температури охолоджуючої рідини і оливи ДВЗ. Якщо задається вхідна вимога (умова) або команда «Зупинка ДВЗ», тобто двигун К-159М2 потрібно зупинити, то пристрій за алгоритмом переходить до блоків 12, 13 і 14 для проведення перевірки ТА на можливість виключення.

У блоках 12 і 13 проводиться перевірка теплового акумулятора охолоджуючої рідини системи охолодження за температурою ТАМ, що накопичена в них на кінець роботи (перед зупинкою). Якщо температура ТАМ ТА $t_{ТАМ} \geq 150 \text{ }^\circ\text{C}$ і $t_{ТАМ0} \geq 150 \text{ }^\circ\text{C}$ (тобто в ТА досягнута достатня температура, за якої можливий запуск ДВЗ), то ДВЗ виключається. Якщо температура ТАМ дорівнює або менше значення $150 \text{ }^\circ\text{C}$, то в блоці 14 відбувається затримка зупинення ДВЗ і здійснюється примусова робота ДВЗ на холостому ході. При виконанні цієї умови здійснюється постійна перевірка в блоках 12 і 13 температури

ТАМ ТА $t_{ТАМ} \geq 150 \text{ }^\circ\text{C}$ і $t_{ТАМ0} \geq 150 \text{ }^\circ\text{C}$. Як тільки означена умова виконується, то ДВЗ виключається. Це потрібно для наступного холодного запуску двигуна.

В блоці 6 проводиться перевірка робочої температури ОР ДВЗ значенню $t_{ор} = 40\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$. Якщо умова виконується, то робота СПП перевіряється блоком 7, де проводиться перевірка робочої температури оливи системі мащення ДВЗ значенню ($t_{ом} = 40\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$). Якщо умова виконується, то робота СПП контролюється блоком 8, де відбувається включення системи прискореного прогріву ДВЗ (включає в себе додатковий електричний насос в системі охолодження). Якщо температура охолоджуючої рідини двигуна менше або більше значення $t_{ор} = 40\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$, то спочатку пристроєм проводиться наступна перевірка в блоці 15, де перевіряється нижня межа температури охолоджуючої рідини ДВЗ. Якщо умова $t_{ор} < 40 \text{ }^\circ\text{C}$ виконується, то в блоці 16 дається команда на клапани, які включають циркуляцію теплоносія через ТА, за допомогою якого температура охолоджуючої рідини ДВЗ піднімається до встановлених раніше меж ($t_{ор} = 40\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$). Після включення ТА пристрій проводить перевірку в блоці 9. Якщо умова щодо температури охолоджуючої рідини $t_{ор} < 40 \text{ }^\circ\text{C}$ не виконується, то в блоці 17 проводиться наступна перевірка $t_{ор} > 80 \text{ }^\circ\text{C}$. Якщо умова не виконується, то СПП дає команду на перехід до блоку 6, де проводиться перевірка на знаходження температури охолоджуючої рідини в межах $t_{ор} = 40\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$ і робота СПП продовжується далі за розробленим алгоритмом. Якщо умова $t_{ор} > 80 \text{ }^\circ\text{C}$ виконується, то виконується перехід до блоку 17.

Якщо умова перевірки робочої температури оливи системі мащення ДВЗ щодо значень $t_{ом} = 40\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$ в блоці 7 виконується, то робота СПП контролюється блоком 8. Якщо температура оливи двигуна менше або більше значення $t_{ом} = 40\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$, то спочатку СПП проводиться наступна перевірка в блоці 18, де перевіряється нижня межа температури оливи ДВЗ. Якщо умова $t_{ом} < 40 \text{ }^\circ\text{C}$ виконується, то в блоках 19 і 20 дається команда на включення циркуляції оливи через ТА оливи і включення системи прискореного прогріву оливи, внаслідок чого температура оливи ДВЗ піднімається до встановлених раніше меж ($t_{ом} = 40\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$). В подальшому СПП проводить перевірку в блоці 7. Якщо умова щодо температури оливи $t_{ом} < 40 \text{ }^\circ\text{C}$ не виконується, то в блоці 21 проводиться наступна перевірка $t_{ом} > 80 \text{ }^\circ\text{C}$. Якщо умова не виконується, то СПП дає команду на перехід до блоку 10, де проводиться перевірка на знаходження температури охолоджуючої рідини в межах $t_{ом} > 90 \text{ }^\circ\text{C}$ і робота СПП продовжується далі за розробленим алгоритмом. А якщо умова $t_{ор} > 80 \text{ }^\circ\text{C}$ виконується, то в блоках 22 і 23 дається команда на відключення циркуляції оливи через ТА оливи і відключення системи прискореного прогріву оливи, за допомогою яких температура оливи ДВЗ підтримується в межах $t_{ом} = 40\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$. Після відключення СПП проводить перевірку в блоці 7. В блоці 9 проводиться перевірка температури охолоджуючої рідини $t_{ор} > 90 \text{ }^\circ\text{C}$. Якщо умова виконується, то дається команда на перевірку температури оливи $t_{ом} > 90 \text{ }^\circ\text{C}$ в блоці 10 і відключення системи прискореного прогріву ДВЗ в блоці 11, після чого СПП переходить в блок 1. Якщо умова $t_{ор} > 90 \text{ }^\circ\text{C}$ в блоці 9 не виконується, то СПП дає команду на перехід до блоку 8, де відбувається включення системи прискореного прогріву ДВЗ. Якщо умова $t_{ом} > 90 \text{ }^\circ\text{C}$ в блоці 10 не виконується, то СПП дає команду на перехід до блоку 20, де відбувається включення системи прискореного прогріву оливи системі мащення ДВЗ.

Висновок. Розроблено алгоритм роботи системи передпускового прогріву газового двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву, який дозволяє істотно скоротити час прогріву двигуна до робочої температури, зменшує витрати палива й викиди шкідливих речовин, і збільшує моторесурс двигуна.

Бібліографічний список використаної літератури

1. 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 / Гришук І.В. та інш. / (Україна); Заявник і патентовласник Національний транспортний ун-т. - № u2012 06657; заяв.21.05.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. №23.- бс.:іл.

2. 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 інші. // Збірн. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2012. – Вип. №32. – с. 185–195.

Надійшла до редакції 17.06.2013 р.

Гутаревич Ю.Ф., Грицук И.В., Вербовський В.С., Краснокутская З.И. Особенности алгоритма работы системы предпускового прогрева газового двигателя в процессе осуществления пуска и прогрева

В статье приведены особенности алгоритма работы системы предпускового прогрева газового двигателя в процессе осуществления пуска и прогрева.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, система предпускового прогрева, тепловой аккумулятор.

Gutarevich Y.F., Gritsuk I.V., Verbovsky V.S., Krasnokutskaya Z.I. Features of the algorithm of the system plugs warm up the gas engine in the process of starting and warm-up

The article describes the operation algorithm the system plugs warm up the gas engine in the process of starting and warm-up.

Keywords: internal combustion engine, the system pre-start warm-up, the heat accumulator.