

**Грицук І.В.¹, професор кафедри СТСК, д.т.н., професор,
Вербовський В.С.², старший науковий співробітник, к.т.н.,
Кальченко В.В.³, професор кафедри СТСК, д.т.н., професор,
Худяков І.В.¹, доцент кафедри СТСК, к.т.н.,
Погорлецький Д.С.¹, доцент кафедри СТСК, к.т.н.,
Черненко В.В.¹, старший викладач кафедри СТСК**

¹Херсонська державна морська академія

²Інститут газу НАН України

³Національний університет «Чернігівська політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕДПУСКОВОЇ ТЕПЛОЇ ПІДГОТОВКИ ПЕРЕСУВНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ КРИТИЧНОГО ОБ'ЄКТУ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ КОНТАКТНОГО ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРА

Анотація. Показані особливості застосування контактного теплового акумулятора фазового переходу для можливого застосування в критичному об'єкті транспортного призначення. Представлені результати дослідження для теплової підготовки пересувної електростанції.

Ключові слова: контактний тепловий акумулятор, фазовий перехід, тепла підготовка, електростанція, режим, критичний об'єкт, транспорт

В ХДМА, ІГ НАНУ спільно з Національним університетом «Чернігівська політехніка» проводяться роботи щодо подальшого розвитку систем, засобів і компонентів теплової підготовки на транспорті.

Актуальність передпускової підготовки двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) в умовах низьких температур при відкритому зберіганні енергетичних установок, особливо для пересувних електростанцій критичного призначення на транспорті, не викликає сумніву. Це особливо актуально для газодизельних і газопоршневих двигунів, а також ДВЗ, що працюють на альтернативних паливах. Дослідження проводились на газодизельному електроагрегаті АГД-100С-Т400-1Р і газопоршневому двигуні 6Ч 12/14 (К-159 М2), що укомплектований генератором синхронним LSA 44.2 VS3 у складі пересувних електростанцій у безкапотному виконанні.

На сьогоднішній день існує велика кількість способів підготовки ДВЗ до роботи від розповсюджені практики роботи його протягом міжмінної стоянки до використання різного роду спеціальних нагрівачів. Однак застосування даних методів ускладнюється постійною зміною температурно-вітрового режиму, і тому доцільно поєднувати в одному засобі всі основні етапи передпускової підготовки, а саме зберігання, роботу з підтриманням режимних параметрів і утилізацію теплової енергії ДВЗ. У зв'язку із цим існує необхідність у створенні нових пристроїв, здатних забезпечити запуск ДВЗ після міжмінної стоянки в умовах низьких температур. Використання контактних теплових акумуляторів на основі теплоакуюлюючих матеріалів з фазовим переходом для утилізації тепла є найбільш перспективним рішенням [1-5].

Для ДВЗ газодизельного електроагрегата АГД-100С-Т400-1Р на першому етапі досліджень дослідним шляхом була встановлена мінімальна межа запальної дози дизельного палива, що не порушує рівномірність розподілу потужності по циліндрах – 12%, що за питомою витратою показники газодизельного процесу краще показників дизельного процесу на ~20%. Експериментально була підтверджена максимальна економічна ефективність газодизеля, що досягається при навантаженні, близькому до номінального й недостатня ефективність параметрів робочого процесу його на часткових навантаженнях. Мінімізація запальної дози дозволила скоротити витрату дизельного палива в порівнянні зі стандартним газодизельним процесом на 20-33% умовного палива (у.п.) при часткових навантаженнях і на 15-17% у.п. при номінальному навантаженні двигуна. Але всі досягнуті покращення показників дослідного ДВЗ вимагають підвищення вимог до забезпечення якості його передпускової підготовки.

Дослідження проводили, як для підтримання робочих параметрів температури, як для охолоджуючої рідини, так і для моторної оливи окремо і спільно у режимі системи теплової підготовки [6, 7].

У результаті виконаного аналізу теплової підготовки привідного двигуна газодизельного електроагрегата АГД-100С-Т400-1Р в частині масла зроблено висновок, що через масляний піддон і стінки ДВЗ губиться до 25-30 % теплової енергії, що виділяється ім в процесі роботи [1-5]. Аналогічні дані отримані і для газопоршневого двигуна 6Ч 12/14. Тому, була запропонована конструкція теплового акумулятора у вигляді контактної чохла, який кріпиться зовні ДВЗ і дозволяє утилізувати теплову енергію, що виділяється корпусними елементами його у процесі роботи, для наступного використання її для підтримання стабільної температури ДВЗ [1-7].

Загальний принцип за етапами роботи, закладений у всіх конструкціях подібного типу теплових акумуляторів, полягає в передачі теплової енергії, виділеної або заздалегідь запасеної до різних частин ДВЗ для забезпечення безпечного і безаварійного запуску після міжмінної зупинки ДВЗ. Перший етап роботи запропонованого теплового акумулятора полягає в накопиченні теплової енергії теплоакumuлюючим матеріалом. Час зарядки теплового акумулятора складає ~3,5 - 4 години, що забезпечує повну зарядку його протягом 8 - годинної робочої зміни. Другий етап складається з підтримання температури ДВЗ за рахунок накопиченої теплової енергії теплоакumuлюючим матеріалом і особливостей конструкції теплового акумулятора. У результаті цього етапу відбувається поступове охолодження ДВЗ і теплового акумулятора. Третій етап полягає в нагріванні моторної оливи і охолоджуючої рідини ДВЗ за рахунок схованої теплоти фазового переходу теплоакumuлюючого матеріалу. Температура моторної оливи і охолоджуючої рідини в результаті нагрівання підвищується з 0 оc до 10 °C, що дозволяє підтримати температуру моторної оливи ~10 - 15 °C протягом 8-годинної міжмінної стоянки. За результатами проведених попередніх досліджень можна зробити висновок про доцільність і ефективності запропонованого способу підтримання пускової температури ДВЗ.

В проведених дослідженнях в якості теплоакumuлюючого матеріалу контактного теплового акумулятора фазового переходу була використана суміш високомолекулярних вуглеводнів C₁₈-C₃₅ [1-5], характеристика якої представлена в табл. 1.

Таблиця 1 - Технічна характеристика теплоакumuлюючого матеріалу КТА системи теплової підготовки газового двигуна 6Ч 12/14 (К-159 М2) [1-5]

Найменування	Характеристика
Теплоакumuлюючий матеріал із властивостями:	парафін - суміш високомолекулярних вуглеводнів C ₁₈ -C ₃₅
Стан	твердий
Температура плавлення, °C (К)	45-52 (318- 325)
Температура кипіння, °C (К)	350 (623)
Скрита теплота плавлення, кал	35
Питома тепла енергія фазового переходу, кДж/кг	190
Теплоізолюючий матеріал	Подвійний спінений поліетилен, покритий з обох сторін двома шарами алюмінієвої фольги



Рисунок 1 - Результати дослідження КТА у режимі зберігання накопиченої теплоти від привідного двигуна при температурі оточуючого середовища +20 °C

Виходячи з особливостей умов дослідної моторної лабораторії, а саме відсутність можливості підтримувати сталі температури оточуючого середовища в широких межах, випробування складових елементів у складі системи теплової підготовки, саме контактних теплових акумуляторів (КТА) проводили тільки в лабораторії при температурі +20 °C. Використання КТА у складі системи теплової підготовки (накопичення і зберігання теплової енергії) для дослідних двигунів електростанцій в частині охолоджуючої рідини і моторної оливи дозволяє на протязі 962 хв. підтримувати температуру в межах +50±5 °C (рис. 1). Подальше заряджання КТА проводиться до +85±5 °C для накопичення теплоакumuлюючим матеріалом запасу теплової енергії. Накопичення теплової енергії відбувається в

межах 200 ± 10 хв. В подальшому потрібно проводити запуск і прогрів привідного двигуна пересувної електростанції до $+85 \pm 5$ °С. Час прогріву МО в ДГД до $+85 \pm 5$ °С аналогічний часу прогріву двигуна в комплектації штатної системи. Стандартне відхилення температури $t_{ТАМ}$ на дослідній ділянці зміни температур в процесі повного циклу розрядки теплового акумулятора відносно температури фазового переходу $t_{ТАМ}$ складає $\sigma = 5$ °С. Таке значення повністю достатньо для аналогічних вимірювань. Співставлення розрахункових даних з отриманими результатами експериментальних даних підтверджує достатню точність проведення досліджень для системи охолодження і системи мащення пересувної електростанції критичного об'єкту транспортного призначення в цілому [3-5].

Проведені дослідження свідчать про те, що двигун газодизельного електроагрегата АГД-100С-Т400-1Р і газовий двигун 6Ч 12/14 при використанні системи теплової підготовки з КТА дозволяє більш інтенсивно і більш рівномірно за висотою корпусних деталей прогрівати дослідний двигун, забезпечувати передпускову теплову підготовку без роботи двигуна в режимі х.х., швидкий післяпусковий прогрів до робочої температури і тривале зберігання накопиченої теплової енергії у міжзмінний період.

Висновки. Проведені дослідження свідчать про те, що використання контактної теплової акумулятора для привідного двигуна пересувної електростанції критичного об'єкту транспортного призначення дозволяє більш інтенсивно і більш рівномірно за висотою корпусних деталей прогрівати дослідний двигун внутрішнього згорання, забезпечувати передпускову теплову підготовку без роботи його в режимі холостого ходу, швидкий післяпусковий прогрів до робочої температури і тривале зберігання накопиченої теплової енергії у міжзмінний період.

Література

1. Гутаревич Ю.Ф. До вибору теплоакуючих матеріалів теплового акумулятора збереження теплового стану ДВЗ / Гутаревич Ю.Ф., Александров В.Д., Грицук І.В., Постніков В.О., Добровольський О.С., Адров Д.С. // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2013. – Випуск 26., стор. 127-132.

2. Адров Д.С. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур / Д.С. Адров І.В., Грицук, Ю.В. Прилепський, В.І. Дорошко // Зб.наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ. - Донецьк: ДонІЗТ, 2011– Випуск №27. с. 117-126

3. Грицук І.В., Романцов А.В., Ступаков Д.О., Ткаченко Ю.А., Ткачук Д.В. Особливості реалізації задачі підвищення оперативної готовності енергетичної установки портового буксиру шляхом удосконалення його теплової підготовки // Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції до Дня автомобіліста та дорожника "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців", 23-25 жовтня 2023 р., (Посвідчення УкрІНТЕІ № 572 від «19» грудня 2022 р.), Харків, ХНАДУ, 2023, 284 с., С. 110-115

4. Патент на винахід № 103729 Україна, МПК (2013.01) F01P 3/22, B60H 1/04, B60K 11/00, «Система забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в двигуні внутрішнього згорання» Ю.Ф.Гутаревич, В.П.Матейчик, І.В.Грицук, В.П.Волков, А.О.Каграманян, П.Б.Комов, О.Б.Комов, В.Й. Поддубняк, М.І. Сергієнко, З.І.Краснокутська / (Україна); Заявник і патентовласник Національний транспортний ун-т. Державний № ua 103729; заяв.30.10.2012.; опубл.10.04.2013, Бюл. №7.-17с.:іл.

5. Патент на винахід № 106525 Україна, МПК F01P 3/22 (2013.01), B60H 1/04 (2013.01), «Система забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в двигуні внутрішнього згорання» Ю.Ф.Гутаревич, В.П.Матейчик, І.В.Грицук, В.П.Волков, А.О.Каграманян, П.Б.Комов, О.Б.Комов, В.Й. Поддубняк, М.І. Сергієнко, З.І.Краснокутська, С.А. Єрошенков, В.С. Вербовський, Д.С. Адров, Л.О. Македонська, А.П. Комов, Є.О. Комов (Україна); Заявник і патентовласник Національний транспортний ун-т, Харківський національний транспортний університет, Українська державна академія залізничного транспорту, Донецький інститут залізничного транспорту. Державний № ua 106525; заяв.16.10.2012 заявка: a2012 11919, опубл.10.09.2014, Бюл. №17.-17с.:іл.