

Корисна модель належить до газотурбінних двигунів (ГТД), які використовуються переважно в авіації, зокрема до систем запуску і може бути використана для розширення діапазону стійкої роботи запальних пристроїв камер згоряння ГТД різних типів.

Відомо спосіб подачі пускового палива в запальні пристрої камер згоряння ГТД при якому його витрати на регулюються. Паливо у запальній пристрій надходить безпосередньо від паливного насоса, пов'язаного з валом двигуна, отже, його витрата залежить від частоти обертання двигуна, тиску повітря в камері згоряння та інших параметрів, пов'язаних з режимом польоту та режимом роботи двигуна при запуску. Це призводить до зміни витрати пускового палива, а також коефіцієнта надлишку повітря у запальному пристрої у широкому діапазоні. У той же час діапазон стійкого запалення паливо-повітряної суміші за коефіцієнтом надлишку повітря лежить у вузькому інтервалі, який змінюється на різних режимах польоту. Це не дозволяє забезпечити запуск двигуна, наприклад, через 1-2 хвилин після його зупинки через високу частоту обертання.

Відомо спосіб регулювання витрати палива запальних пристроїв, при якому витрата палива підтримується постійним на всіх режимах польоту та режимах роботи двигуна (Алабин М.А. Запуск авиационных газотурбинных двигателей / М.А. Алабин, Б.М. Кац, Ю.А. Литвинов Ю.А. - М. Машиностроение, 1968. - 227 с.) Це дозволяє виключити вплив перерахованих вище факторів на витрату палива, однак коефіцієнт надлишку повітря, що виявляє визначальний вплив на запалення пускового палива, не залишається постійним тому, що залежить додатково від витрати повітря через запальний пристрій. Такий спосіб дозволяє підтримувати оптимальним коефіцієнт надлишку повітря лише в деякому діапазоні режимів польоту.

Відомим аналогом обрано спосіб регулювання витрати пускового палива спрямований на створення у запальних пристроях камери згоряння оптимальних умов для запалення пускового палива (Патент № 2078971 С1 РФ, МПК F02С 9/28 Способ регулирования расхода пускового топлива в воспламенителях камеры сгорания газотурбинных двигателей / И.Н. Молокович Заяв. 5037634/63, 05.03.1992 р. Опубл.: 10.05.1997. Бюл. № 33), відповідного до якого витрати пускового палива змінюються пропорційно витраті повітря через запальний пристрій яку оцінюють по параметрах повітряного потоку в одному з перетинів по тракту газотурбінних двигунів, а витрату повітря через запальний пристрій оцінюють по зміні тиску і температури, вимірюваними у камері згоряння. При цьому витрату пускового палива змінюють пропорційно відношенню тиску до температури або при незначній зміні тиску в порівнянні зі зміною температури обернено пропорційно зміні температури.

Недоліком відомого аналога є те, що зміна витрат палива через запальний пристрій пропорційно тиску і температурі вимірюваними у камері згоряння, потребують наявності у магістралі подачі палива до запального пристрою регулятора тиску, який регулює тиск палива. Це ускладнює конструкцію паливної системи двигуна та знижує рівень її надійності. Також такий спосіб подачі палива до запального пристрою не може бути реалізовано для газотурбінних двигунів конструкція паливної системи яких не містить регулятора тиску запального палива без їх доробки.

Найбільш близьким аналогом є спосіб (Патент № 221421 С1 СССР, МПК F02С 7/26 Способ подачи топлива в пусковые воспламенители газотурбинных двигателей /Л.С. Коровкин., В.Е. Резник, Н.А. Маркушин, Л.Ф. Епейкин, Ю.В. Спивак, И.С. Денисов, П.С. Калашников Заяв. 965071/23, 12.04.1965 Опубл. 27.11.2005 Бюл. № 33), який засновано на імпульсному живленні струмом електромагнітного клапана пускового палива. Відповідно до нього для підвищення висотності розпалювання камери згоряння здійснюють багаторазово пульсуючу подачу палива пульсатором, наприклад, електричного, гідравлічного або механічного типу з регулюванням частоти та амплітуди пульсації за часом і одночасним підігрівом повітря.

Недоліком найближчого аналога є те, що його реалізація потребує підігріву повітря, який входить до запального пристрою, що потребує наявності спеціального пристрою для підігріву. Це ускладнює конструкцію паливної системи двигуна та знижує рівень її надійності. Також такий спосіб подачі палива до запального пристрою не може бути реалізовано для газотурбінних двигунів конструкція паливної системи яких не містить системи для підігріву повітря, яке подається у запальні пристрої.

В основу корисної моделі поставлено задачу розширення діапазону стійкої роботи ЗП камер згоряння ГТД без зміни конструкції паливної системи двигуна, яка не містить пристроїв для плавного регулювання витрати пускового палива та пристроїв для підігріву повітря.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб подачі палива в запальні пристрої газотурбінних двигунів включає здійснення імпульсного живлення током електромагнітного клапана пускового палива, згідно з корисною моделлю, з метою розширення діапазону стійкої роботи запального пристрою, здійснюють живлення паливної форсунки імпульсами палива, при цьому період слідування та ширина яких змінюється в залежності від температури палива та повітря, а також перепаду тиску повітря на вході та виході запального пристрою.

Технічний результат досягається за рахунок керування електромагнітним клапаном подачі пускового палива, який є частиною шатної паливної системи ГТД. При цьому період та шпаруватість імпульсів керуючого сигналу, при яких клапан відкриває подачу палива у запальний пристрій, залежать від втрати повітря через нього, температури палива та повітря, що оточує. Це дозволяє

підтримувати оптимальні, з точки зору коефіцієнта надлишку повітря у запальному пристрої у широкому діапазоні роботи ГТД без внесення змін у його конструкцію його паливної системи. Це призводить до розширення зони стійкої роботи запального пристрою без зниження надійності паливної системи ГТД.

На відміну від аналога запропонований спосіб подачі палива в запальні пристрої газотурбінних двигунів забезпечує створення в них оптимальних умов для запалення пускового палива шляхом дискретного керування тиском у паливному колекторі запального пристрою за певним алгоритмом у відповідності до витрати повітря, а також температури палива та повітря, що оточує.

На відміну від найближчого аналога запропонований спосіб дає можливість утримувати оптимальні умови для запалювання пускового палива у запальному пристрої при зміні температури повітря у широкому діапазоні, що виключає необхідність застосування пристрою для підігріву повітря, який ускладнює паливну систему ГТД.

Запропонований спосіб подачі палива в запальні пристрої газотурбінних двигунів реалізують наступним чином (див. креслення). Під час запуску ГТД паливний насос створює у магістралі, що подає паливо у (1) форсунку (2) запального пристрою газотурбінного двигуна постійний тиск палива на рівні 0,25-0,35 МПа. На пристрій автоматичного керування (3) подають інформацію про температуру палива та повітря, що оточує, а також про перепад тиску повітря між входом та виходом з запального пристрою. Пристрій автоматичного керування (3) генерує керуючий сигнал, який подається на електромагнітний клапан (4) який є елементом штатної паливної системи ГТД та вбудовано в паливну магістраль форсунки запального пристрою (2). Керуючий сигнал являє собою серію з 8-10 прямокутних імпульсів період T та ширина τ яких є функцією від температури палива, температури повітря, що оточує, та величини перепаду тиску повітря на вході та виході запального пристрою:

$$T, \tau = f(t_{\text{палива}}, t_{\text{повітря}}, \Delta P_{\text{повітря}}),$$

де: T - період імпульсів, с; τ - ширина імпульсів, с; $t_{\text{палива}}$ - температура палива, °С; $t_{\text{повітря}}$ - температура повітря на вході до запального пристрою, °С; $\Delta P_{\text{повітря}}$ - перепад тиску повітря на вході та виході запального пристрою, МПа.

При цьому період та ширину імпульсів задають таким чином, щоб при вимірних параметрах палива та повітря, незалежно від обертів ротору ГТД, забезпечити оптимальну величину коефіцієнту надлишку повітря у запальному пристрої. Це дозволяє керувати величиною коефіцієнтом надлишку повітря у запальному пристрої таким чином, щоб забезпечувати оптимальні умови для згорання паливно-повітряної суміші у широкому діапазоні режимів роботи ГТД.

Конкретний приклад реалізації способу. Для розширення діапазону стійкої роботи запального пристрою газотурбінного двигуна, на експериментальному стенді досліджували вплив температури палива та повітря, що подається до нього, а також перепаду тиску повітря на вході та виході запального пристрою і параметрів імпульсів палива на якість факелу полум'я, яке утворюється за вихідним патрубком. Якість полум'я на виході з факельного запального пристрою оцінювали за середньою температурою полум'я, яку визначали шляхом усереднення показів термопар, що були встановлені на відстані 0, 10, 20, 30, та 50 мм від зрізу сопла вихідного патрубка запального пристрою. Експериментально було встановлено залежність якості факелу полум'я від періоду слідування та ширини імпульсу відкриття клапану подачі палива, температури палива та повітря, що оточує, а також перепаду тиску повітря у пусковому пристрої.

На підставі встановленої математичної залежності сформовано алгоритм керування електромагнітним клапаном подачі палива (3), який розміщували на паливної магістралі відцентрової форсунки пускового пристрою (1). Інформацію на електронний пристрій (4) керування клапаном подачі палива (3) про поточні температури палива та повітря, а також тиску повітря подавали з датчиків температури палива та повітря. Після обробки вхідної інформації, відповідно до закладеного алгоритму, електронний пристрій (4) забезпечував генерацію прямокутних імпульсів період слідування яких та ширина імпульсу на відкриття електромагнітного клапану подачі палива змінювалися таким чином, що в зоні горіння паливно-повітряної коефіцієнт надлишку повітря підтримувався на оптимальному, з точки зору горіння, рівню незалежно від температури палива та повітря, а також перепаду тиску повітря. Шляхом експериментальної перевірки на випробувальному стенді встановлено, що застосування запропонованого способу подачі палива в запальний пристрої газотурбінного двигуна дозволяє забезпечити його надійну роботу при зміні температури палива та повітря в діапазоні -30...30 °С та перепаду тиску повітря в діапазоні 0,2...0,35 МПа. При цьому період слідування імпульсів та їх ширина змінювалися в діапазоні 1...2 с та 0,5...1 с відповідно, в залежності від температури палива та повітря, що оточує, а також перепаду його тиску.

Таким чином, запропонований спосіб подачі палива в запальні пристрої газотурбінних двигунів дозволяє розширювати діапазон їх стійкої роботи без зміни конструкції паливної системи ГТД та забезпечує високий рівень надійності його паливної системи.

