



УКРАЇНА

(19) UA (11) 78427 (13) C2  
(51) МПК  
F02K 1/78 (2007.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) РАКЕТНИЙ ДВИГУН ТВЕРДОГО ПАЛИВА

1

2

(21) а200507692

(22) 01.08.2005

(24) 15.03.2007

(46) 15.03.2007, Бюл. № 3, 2007 р.

(72) Калашніков Микола Олександрович, Корольов Володимир Георгійович, Красніков Олексій Іванович, Баліцький Іван Петрович, Кублік Володимир Федорович, Мамонтов Володимир Георгійович  
(73) ДЕРЖАВНЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "ПІВДЕННЕ" ІМ. М.К. ЯНГЕЛЯ

(56) RU 2151317, 20.06.2000

FR 1265327, 23.05.1961

US 3260048, 12.07.1966

(57) 1. Ракетний двигун твердого палива, що містить циліндричний корпус із півсферичними днищами, сопловий блок, вкладний багатощашковий заряд твердого палива, діафрагму і компенсатор, який **відрізняється** тим, що зовнішній діаметр, як мінімум однієї шашки, виконаний більшим у порівнянні з іншими, а початковий параметр заповнення двигуна знаходиться у діапазоні від 0,25 до 0,7.2. Ракетний двигун твердого палива за п.1, який **відрізняється** тим, що кут нахилу осі соплового блока встановлено 15° до осі корпусу.

Винахід відноситься до області ракетної техніки, а саме до ракетних двигунів твердого палива (РДТП) і може бути використано, наприклад, для гальмування і відведення відпрацьованих ступенів ракети-носія.

Найбільше поширення набула схема РДТП циліндричної форми. На задньому днищі встановлено сопловий блок. Паливний заряд різної форми може бути як вкладним, так і скріпленим з корпусом [Фахрутдинов И.Х., Котельников А.В. "Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива": - М.: Машиностроение, 1987. - 328с.: ил. див. стор.28, мал.1.15 Конструктивные схемы РДТП].

Недоліком цієї конструктивної схеми є обмежена номенклатура виготовлення РДТП.

Найбільш близьким за технічною суттю до запропонованого являється вибраний у якості його прототипу РДТП [за патентом Російської Федерації RU 2151317 С1 по заявці 99108574/06 від 26.04.1999], який містить циліндричний корпус, розміщений в ньому вкладний циліндричний заряд твердого палива, сопловий блок, колосникові графі (діафрагму), опорне кільце (компенсатор).

До недоліків описаного РДТП, не зважаючи на основні переваги (простота конструкції і експлуатації, можливість створювати велику тягу за короткі проміжки часу, тощо) відносять достатньо низький початковий параметр заповнення двигуна.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення РДТП за рахунок оптимізації початкового параметра заповнення двигуна.

Поставлена задача удосконалення РДТП вирішується тим, що у відомому РДТП, який включає циліндричний корпус із напівсферичними днищами, сопловий блок, вкладний циліндричний багатощашковий заряд твердого палива всестороннього горіння, компенсатор і діафрагму, початковий параметр заповнення двигуна змінюється у діапазоні від 0,25 до 0,7, при цьому зовнішній діаметр як мінімум однієї шашки виконаний більшим у порівнянні з іншими. А кут нахилу вісі соплового блоку встановлено за 15° до вісі корпусу.

Для доказу причинно-наслідкового зв'язку між сукупністю суттєвих ознак винаходу, що заявляється, та технічним результатом, заявник наводить наступне. По-перше визначення початкового параметра заповнення двигуна ( $j_n$ ) у діапазоні від 0,25 до 0,7, при відомих геометричних розмірах заряду і корпусу РДТП (камери згорання), у залежності від критичного значення модуля пружності палива ( $E_{min}$ ) з урахуванням впливу ерозійного горіння палива, оптимізує початковий параметр заповнення двигуна і тим самим удосконалює РДТП за рахунок підвищення працездатності заряду твердого палива незалежно від тиску у камері згорання. По-друге, збільшення зовнішнього діаметру як мінімум однієї шашки, наприклад центральної із збереженням початкового зводу

(13) C2

(11) 78427

(19) UA

горіння ( $e_0$ ), також призводить до збільшення початкового параметра заповнення. Дійсно, поверхня горіння трубчастого заряду змінюється в широкому діапазоні застосуванням багатошашкового заряду. Проте суттєве збільшення кількості шашок в заряді призводить до зменшення зводу горіння. А це в свою чергу призводить до зниження міцності заряду наприкінці горіння, тому що не виконується вимога по забезпеченню міцності -

$$\overline{e_0} = \frac{e_0}{d} \leq 0,33, \text{ де } e_0 - \text{початковий звід горіння; } \overline{e_0} -$$

кінцевий звід горіння;  $d$  - внутрішній діаметр шашки. Тому доцільне збільшення поверхні горіння заряду за рахунок збільшення зовнішнього діаметру шашки. По-третє, встановлення кута нахилу вісі соплового блоку за  $15^\circ$  до вісі корпусу, забезпечує бокову складову сили, яка в свою чергу забезпечує крім гальмування ще і відведення відпрацьованих ступенів ракети-носія на безпечну відстань від працюючої ступені і виключає падіння відпрацьованої ступені на об'єкти інфраструктури стартового комплексу, що в свою чергу розширює функціональні можливості РДТП.

Для пояснення суті винаходу, що заявляється і доказу можливості конкретного використання, подаються креслення, на яких наводиться приклад конкретного виконання. На Фіг.1 зображений загальний вигляд РДТП, який містить циліндричний корпус з напівсферичними днищами 1, розміщений в ньому багатошашковий заряд твердого палива 2, сопловий блок 3, діафрагму 4 і компенсатор 5.

Суть винаходу полягає у наступному. Під час роботи двигуна заряд, що спирається на діафрагму, виявляється стислим в осьовому напрямі осьовою силою, що виникає від перепаду тиску між переднім і заднім торцями заряду і інерційними силами від подовжнього прискорення ракети у польоті. Під дією осьового напруження стиснення, поперечні розміри заряду збільшуються і відповідно зменшують поперечну площу вільної протоки газів ( $f_{в.п.}$ ). Осьове напруження ( $\sigma$ ) має максимальне значення на початку горіння заряду, коли деформації заряду максимальна, а поперечна площа вільної протоки газів мінімальна. Деформація заряду залежить від модуля пружності палива ( $E$ ), а його мінімальне допустиме значення ( $E_{min}$ ) залежить від початкового параметра заповнення двигуна ( $j_n$ ). Коли модуль пружності палива ( $E$ ) високий, деформація заряду нехтуємо мала і величина параметра заповнення двигуна у процесі роботи ( $j$ ) мало відрізняється від початкового ( $j_n$ ). Із зменшенням модуля пружності палива ( $E$ ) величина параметра ( $j$ ) підвищується. При високих параметрах ( $j$ ) двигун в початковий момент працює в режимі ерозійного горіння заряду. Отже при розрахунках ( $E_{min}$ ) необхідно враховувати ерозійне горіння заряду.

Модуль пружності палива з урахуванням ерозійного горіння заряду може бути знайдено за рівнянням

$$E = \frac{2\mu \left[ K_u \cdot u_1 \cdot \rho \cdot \frac{f_{пов}^{гор}}{f_{кр}} \right]^{\frac{1}{1-v}} + l \cdot \rho \cdot n_x \cdot \left( \frac{f_k}{f_{кр}} - \frac{1}{j_n} \right)}{\frac{1}{j_n} - \frac{1}{j}},$$

де  $\mu$  - коефіцієнт Пуассона;  $K_u$  - коефіцієнт ерозійного горіння заряду;  $u_1, v$  - параметри степінного закону горіння ( $u = u_1 r^v$ ),  $\rho$  - щільність палива;

$f_{пов}^{гор}$  - поверхня горіння заряду;  $f_{кр}$  - площа критичного перетину сопла;  $f_k$  - площа внутрішнього поперечного перетину корпусу РДТП ( $f_k = f_{в.п.} + f_3 = \text{const}$ );  $l$  - довжина шашки заряду;  $n_x$  - осьове перевантаження;  $j_n = \frac{f_{кр}}{f_{в.п.}}$  - початковий

параметр заповнення двигуна;  $j = \frac{f_{кр}}{f_{в.п.}}$  - параметр заповнення двигуна у процесі горіння.

Рівняння дає дійсне значення параметра ( $j$ ), з урахуванням можливого ерозійного горіння заряду і дозволяє визначити залежність параметра ( $j$ ) від модуля пружності палива ( $E$ ), а також мінімальне допустиме значення модуля пружності палива ( $E_{min}$ ) в залежності від початкового параметра заповнення двигуна ( $j_n$ ).

На Фіг.2 наведена розрахункова залежність початкового параметра заповнення ( $j_n$ ), двигуна від мінімально допустимої величини модуля пружності ( $E_{min}$ ) заряду палива при температурі  $50^\circ\text{C}$ .

Верхня крива одержана при урахуванні впливу ерозійного горіння палива, нижня - без урахування ерозійного горіння палива. При малих значеннях параметра заповнення ( $j_n$ ) до 0,25, ерозійне горіння відсутнє, криві відповідно співпадають. При підвищенні параметра заповнення ( $j_n$ ), відмінність мінімально допустимої величини модуля пружності ( $E_{min}$ ) палива, одержаного при урахуванні впливу ерозійного горіння палива і без урахування зростає і наприклад, при  $j_n = 0,585$  (відповідно до нашого двигуна) складає приблизно 59%. Результати розрахунків залежності мінімально допустимої величини модуля пружності ( $E_{min}$ ) від початкового параметра заповнення ( $j_n$ ) палива свідчать, що оптимальні значення початкового параметра заповнення двигуна ( $j_n$ ) з урахуванням можливого ерозійного горіння заряду знаходяться у діапазоні від 0,25 до 0,7.

Визначення початкового параметра заповнення двигуна  $j_n$  у діапазоні від 0,25 до 0,7 і виконання зовнішнього діаметру як мінімум однієї шашки більшим у порівнянні з іншими, дозволяє оптимізувати початковий параметр заповнення двигуна і за рахунок цього удосконалює конструкцію РДТП, а встановлення кута нахилу вісі соплового блоку за  $15^\circ$  ще й суттєво розширює функціональні можливості РДТП.

