



УКРАЇНА

(19) UA (11) 79965 (13) C2
(51) МПК
F02K 9/84 (2007.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПОВОРОТНЕ СОПЛО ДЛЯ РАКЕТНОГО ДВИГУНА

1

2

(21) 20041210785

(22) 03.07.2003

(24) 10.08.2007

(86) PCT/FR03/02067, 03.07.2003

(31) 02/08370

(32) 04.07.2002

(33) FR

(46) 10.08.2007, Бюл. №12, 2007р.

(72) Бердуає Мішель, FR, Дюмортьє Андре, FR, Біз
Філіпп, FR, Ервіо Антуан, FR

(73) СНЕКМА ПРОПЮЛЬСІОН СОЛІД, FR

(56) GB 827299, 03.02.1960

US 3142153, 28.07.1964

FR 2349739, 25.11.1977

DE 3119183, 02.12.1982

(57) 1. Поворотне сопло для ракетного двигуна, яке містить корпус (10), який оточує камеру (12) згорання і має задню стінку (14); рухомий дифузор (20) сопла й нерухому частину (16) сопла, жорстко прикріплену до задньої стінки; шарнірний з'єднувальний пристрій, що зв'язує рухомий дифузор сопла з нерухомою частиною сопла таким чином, що рухомий дифузор і нерухома частина перебувають у взаємному контакті за допомогою сферичних поверхонь (24а, 16а); і привідний пристрій (50а, 50b), що діє на рухомий дифузор (20) сопла для зміни напрямку вектора реактивної тяги двигуна шляхом зміни орієнтації сопла при ковзанні сферичних поверхонь одна по одній, яке відрізняється тим, що засоби пружного повернення інтегровано у з'єднувальний пристрій, причому засоби пружного повернення діють на рухомий дифузор (20) сопла і притискають його до нерухомої частини для збереження взаємного контакту сферичних поверхонь (24а, 16а) при будь-якій необхідній орієнтації сопла для забезпечення непроницності для газу між рухомих дифузоров сопла та нерухомою частиною включно, шляхом збереження взаємного контакту сферичних поверхонь при будь-якій необхідній орієнтації сопла.

2. Сопло за п. 1, яке відрізняється тим, що з'єднувальний пристрій являє собою карданне з'єд-

нання, що містить обід (30), два перші з'єднувальні елементи (32, 34), що зв'язують рухомий дифузор (20) сопла з ободом за допомогою двох перших шарнірів (36, 38), і два другі з'єднувальні елементи (42, 44), що зв'язують обід із задньою стінкою (14) корпуса за допомогою двох других шарнірів (46, 48), причому засоби (62, 64) пружного повернення вмонтовані у з'єднувальні елементи.

3. Сопло за п. 2, яке відрізняється тим, що засоби (62, 64) пружного повернення вмонтовані в перші з'єднувальні елементи (32, 34).

4. Сопло за будь-яким з пп. 1-3, яке відрізняється тим, що засоби пружного повернення являють собою попередньо стиснуті пружини (62, 64).

5. Сопло за п. 1 або 2, яке відрізняється тим, що засоби пружного повернення принаймні частково складаються із пружно деформованої частини з'єднувального пристрою, підданої пружній деформації при складанні.

6. Сопло за п. 2 і 5, яке відрізняється тим, що пружно деформована частина є ободом карданного з'єднання.

7. Сопло за будь-яким з пп. 1-6, яке відрізняється тим, що між стичними сферичними поверхнями передбачені засоби зниження тертя.

8. Сопло за п. 7, яке відрізняється тим, що засоби зниження тертя являють собою мастильний матеріал.

9. Сопло за п. 8, яке відрізняється тим, що мастильний матеріал являє собою графітове мастило.

10. Сопло за п. 7, яке відрізняється тим, що засоби зниження тертя являють собою покриття або прокладку, розташовані в зоні стикання сферичних поверхонь.

11. Сопло за будь-яким з пп. 1-10, яке відрізняється тим, що з'єднувальний пристрій являє собою карданне з'єднання з двома осями повороту, а привідний пристрій має приводи повороту, розташовані на осях карданного з'єднання для прямої дії на позицію згаданих осей.

(13) C2

(11) 79965

(19) UA

Винахід належить до галузі поворотних сопел для ракетних двигунів. Винахід переважно, але не виключно, застосовний до ракет, зокрема тактичних, діаметром менше приблизно 500мм.

Ракетний двигун з поворотним соплом (соплом із керованим вектором тяги) містить корпус, що оточує камеру згорання з відкритою задньою стінкою, принаймні одне сопло, яке містить рухомий дифузор (розширну частину) і нерухому частину, шарнірно з'єднувальний пристрій, що сполучає рухомий дифузор (надзвукову частину) з нерухомою частиною, і привід, що діє на сопло для зміни його орієнтації та, отже, напрямку вектора тяги, що виникає в результаті викиду з камери згорання газоподібних продуктів горіння.

У відомому шарнірному з'єднувальному пристрої використовується сферичний упор, утворений стопою прошарків металу або композитного матеріалу, що чергуються з прошарками еластичного матеріалу, причому суміжні прошарки склеєні один з одним [DE 3119183]. Такий пристрій забезпечує можливість обмеженого переміщення сопла відносно корпусу в результаті зсувної деформації еластичних прошарків. Багатошаровий упор установлюється таким чином, щоб у нормальному стані він відчував стискання, викликане тиском, що здійснюється на сопло газоподібними продуктами горіння, оскільки його опірність силам розтягу обмежена. Проте в певних конфігураціях багатошаровий упор може бути підданий дії сил розтягу. Крім того, багатошарові упори схильні до старіння, а виготовлення багатошарових упорів, здатних витримувати широкий діапазон температур, є складною задачею.

Для подолання вищезгаданих хиб було запропоновано сопло з орієнтованим дифузором, що містить сферичну поверхню, яка знаходиться в безпосередньому контакті з відповідною їй сферичною поверхнею, передбаченою в нерухомій частині сопла (кульовий шарнір), у якому зміна орієнтації дифузора сопла супроводжується ковзанням однієї сферичної поверхні по іншій. Стичні елементи рухомої частини дифузора й нерухомої частини сопла звичайно виготовляють з композитного матеріалу типу вуглець/вуглець (C/C), що має високу термомеханічну тривкість, зокрема, при високих температурах, і гарну опірність абляції. Такий пристрій дозволяє уникнути хиб пристроїв, що містять багатошарові сферичні упори, але породжує проблему, пов'язану із забезпеченням непроникності для газу ділянки розташування сферичних поверхонь при будь-якій орієнтації дифузора сопла. Для її розв'язання необхідно забезпечити постійний контакт кульового пальця шарніра з його муфтою при будь-якому куті встановлення. З таким поворотним соплом були проведені попередні випробування. Ці випробування показали життєздатність даної концепції, але виявили обмеженість меж керованості у площинах тангажа й ризику при скріпленні елементів кульового шарніра за допомогою попередньо напружених домкратів.

Задача, на вирішення якої спрямовано даний винахід, полягає в розробці поворотного сопла для ракетного двигуна, позбавленого хиб відомих рішень, з що використовують вищезгадане з'єднан-

ня із сферичним упором, і, зокрема, в розробці шарнірного з'єднання, що має достатню тривкість і надійність і забезпечує непроникність для газу ділянки стикання поверхонь при будь-якій використаній орієнтації сопла.

Для вирішення поставленої задачі пропонується поворотне сопло (сопло з керованим вектором тяги) для ракетного двигуна, що містить: корпус, що оточує камеру згорання й має задню стінку; рухомий дифузор (рухому розширну частину) й нерухому частину, жорстко прикріплену до задньої стінки; шарнірний з'єднувальний пристрій, що зв'язує рухомий дифузор сопла з нерухомою частиною сопла таким чином, що рухомий дифузор і нерухома частина сопла стикаються відповідними сферичними поверхнями; і приводний пристрій, що діє на рухомий дифузор з метою зміни напрямку вектора реактивної тяги двигуна шляхом зміни орієнтації сопла при ковзанні сферичних поверхонь одна по одній.

При цьому поворотне сопло за винаходом додатково містить засоби пружного повернення, розташовані між рухомим дифузором сопла й нерухомою частиною сопла, що діють на рухомий дифузор і притискають його до нерухомої частини сопла з метою збереження взаємного контакту сферичних поверхонь при будь-якій потрібній орієнтації сопла.

Завдяки дії пружного повертального зусилля забезпечується притискування сферичних поверхонь одна до одної з приблизно постійним зусиллям поза залежністю від зсувів, що відбуваються в процесі роботи. Це дозволяє здійснювати переміщення в будь-якому напрямку без порушення газонепроникності з'єднання між даними сферичними поверхнями.

З'єднувальний пристрій може являти собою карданне з'єднання, що містить обід, два перших з'єднувальних елементи, які зв'язують рухомий дифузор сопла з ободом за допомогою двох перших шарнірів, і два других з'єднувальних елементи, що зв'язують нерухому частину сопла з ободом за допомогою двох других шарнірів.

Засоби пружного повернення можуть бути вмонтовані у з'єднувальні елементи. Вони можуть являти собою попередньо стиснуті пружини.

За іншим варіантом здійснення винаходу засоби пружного повернення можуть принаймні частково складатися з пружно деформованої частини з'єднувального пристрою (наприклад, ободу карданного з'єднання), підданої пружній деформації при складанні.

Між стичними сферичними поверхнями можуть бути передбачені засоби зниження тертя. Засоби зниження тертя можуть являти собою мастильний матеріал, наприклад графітове мастило. За іншим варіантом здійснення винаходу засоби зниження тертя являють собою покриття або прокладку, розташовані в зоні стикання сферичних поверхонь, наприклад покриття з матеріалу з низьким коефіцієнтом тертя, нанесене на обидві ці поверхні або на одну з них.

Приводний пристрій може складатися з силових циліндрів або лінійних приводних елементів за відомими рішеннями. За іншим варіантом здійс-

нення винаходу, згідно з яким з'єднувальний пристрій являє собою карданне з'єднання з двома осями повороту, приводний пристрій може містити приводи повороту, розташовані на осях карданного з'єднання для прямої дії на розташування даних осей.

Порівняно до відомих рішень, які використовують багат шарові сферичні упори, конструкція поворотного сопла за даним винаходом має значні переваги:

- вона стійкіша до впливу навколишнього середовища й старіння;

- вона дозволяє одержувати великі кути відхилення напрямку реактивної тяги завдяки використанню стичних сферичних поверхонь більшої площі у поєднанні з явищем збільшення кута відхилення напрямку реактивної тяги, характерним для пристроїв з рухомих дифузоров і викликаним внутрішніми аеродинамічними ефектами в соплі;

- вона менш чутлива до впливу поворотних сил, тобто сил, які діють на рухомий дифузор у напрямку його передньої частини і які здатні пошкодити багат шарові упори, але поглинаються стичними сферичними поверхнями в соплі за винаходом;

- вона позбавляє необхідності застосування не тільки відносно дорогих багат шарових сферичних упорів, але й елементів термічного захисту, що їх необхідно використовувати разом з ними.

Стислий опис креслень

Інші властивості й переваги даного винаходу стануть ясні з нижче-наведеного опису, що містить посилання на додані креслення. На кресленнях:

- Фіг.1 схематично зображує в перспективі частину ракетного двигуна за винаходом;

- Фіг.2 зображує в подовжньому розрізі частину ракетного двигуна за Фіг.1;

- Фіг.3 являє собою поперечний розріз по площині III-III на Фіг.2.

Здійснення винаходу

На Фіг.1-3 наведені схематичні зображення ракетного двигуна, що має корпус 10, який оточує камеру 12 згорання, в якому знаходиться блок твердого ракетного палива (не представлений). Камера 12 відчиняється через задню стінку 14 у передню частину сопла, що має горловину 16 і дифузор 20.

Горловина 16, що обмежує не тільки власне критичний переріз сопла, але і його звукову частину (конфузор) і початкову частину дифузора, прикріплена, наприклад пригвинчена, до кільця 18, жорстко прикріпленого до задньої стінки 14 корпусу.

Горловину 16 зазвичай виготовляють з композитного матеріалу типу C/C, а кільце 18 звичайно виготовляють з теплоізолюючого композитного матеріалу. На внутрішній поверхні корпусу передбачені термозахисні прошарки. Така конструкція камери згорання добре відома сама по собі.

Дифузор 20 (або принаймні частина його) рухомий і сполучений з нерухомою частиною сопла, зокрема, з горловиною 16. Як також відомо саме по собі, здійснення поворотного сопла шляхом використання рухомого дифузора має ту перевагу, що дозволяє збільшувати відхилення реактивної

тяги відносно кута реального повороту відносно головної осі дифузора.

Рухомий дифузор 20 звичайно має зовнішню стінку 22, виготовлену, наприклад, з металу, що має внутрішнє покриття 23 з абляційного ізолюючого матеріалу, наприклад, з композитного матеріалу з посилюючими волокнами з вуглецю або кремнію й матрицею з фенолоальдегідного полімеру. Передня частина рухомого дифузора 20 має частину 24 у формі внутрішнього кільця, що виготовляється звичайно з композитного матеріалу типу C/C.

Горловина 16 і рухомий дифузор 20 стикаються відповідними сферичними поверхнями 16а і 24а, центри яких знаходяться на осі 11 сопла.

Слід зазначити, що елементи 22, 24 і 23 рухомого дифузора можуть бути об'єднані в єдиний елемент, виготовлений з композитного матеріалу.

Рухомий дифузор сопла з'єднаний з нерухомою частиною цього сопла за допомогою механічного карданного з'єднання, що містить обід 30, виготовлений, наприклад, з металу, два з'єднувальні елементи 32 і 34, жорстко прикріплені до зовнішньої стінки 22 рухомого дифузора сопла й кінці яких з'єднані з ободом 30 за допомогою шарнірів 36, 38 відповідно, і два інші з'єднувальні елементи 42, 44, жорстко прикріплені до ободу 30 і кінці яких з'єднані із задньою стінкою 14 корпусу 10 камери згорання й, отже, з нерухомою частиною сопла за допомогою двох інших шарнірів 46, 48 відповідно.

З'єднувальні елементи 32, 34 і шарніри 36, 38 розташовані в точках, взаємно протилежних відносно до осі 11, причому осі шарнірів 36, 38 визначають вісь 39 повороту, розташовану в площині, перпендикулярній осі 11.

Аналогічним чином з'єднувальні елементи 42, 44 й шарніри 46, 48 розташовані в точках, взаємно протилежних відносно до осі 21 камери згорання, причому осі шарнірів 46, 48 визначають вісь 49 повороту, розташовану в площині, перпендикулярній осі 21. Шарніри 36, 38, 46, 48 розподілені по ободу 30 з рівномірними кутовими інтервалами таким чином, що осі 39 і 49 взаємно ортогональні.

Опорні поверхні 16b, 24b частин 16 і 24 обмежують величину можливого кутового зміщення осей 11 і 21 одна щодо одної.

Сопло може бути приведені в рух або декількома лінійними приводними елементами або силловими циліндрами, один кінець яких упирається в зовнішню стінку 22 рухомого дифузора 20, а інший кінець упирається в корпус 10 камери згорання, або декількома обертовими приводними елементами, розташованими на карданному з'єднанні на осях 39 і 49 таким чином, щоб здійснювати пряме керування розташуванням осей повороту карданного з'єднання.

У наведеному прикладі передбачені тільки два лінійні приводні елементи 50a і 50b, з'єднані з корпусом 10 і зовнішньою стінкою 22 за допомогою шарнірів 52a, 52b і 54a, 54b, причому між меридіональними площинами, що мають осі 51a і 51b приводних елементів 50a і 50b, утворюється кут, приблизно рівний 90°.

Слід зазначити, що в іншому варіанті здійснення приводні елементи можуть бути встановлені

між ободом 30 і рухомим дифузorzом 20 сопла. Також слід зазначити, що кількість приводних елементів може бути більша за два.

Відповідно до винаходу мають бути передбачені засоби пружного повернення, що впливають на рухомий дифузorz 20 сопла в напрямку, протилежному напрямку течії газового потоку через сопла, і що забезпечують постійне стикання поверхонь 16а і 24а поза залежністю від необхідної орієнтації дифуззора сопла. В результаті непроникність стику між поверхнями 16а і 24а для газу зберігається при будь-якій орієнтації осі 21 відносно осі 11.

У наведеному прикладі засоби пружного повернення складаються з пружин 62, 64, наприклад, на кшталт пружинних шайб (шайб Belleville), попередньо стиснутих і вміщених у з'єднувальні елементи 32 і 34.

Конкретніше, кожен із з'єднувальних елементів 32, 34 містить стрижень 31, 33, один кінець якого з'єднаний із шарніром 36, 38, а інший кінець проходить через отвір 26а, 28а вушка 26, 28, прикріпленого до зовнішньої стінки 22 дифуззора сопла.

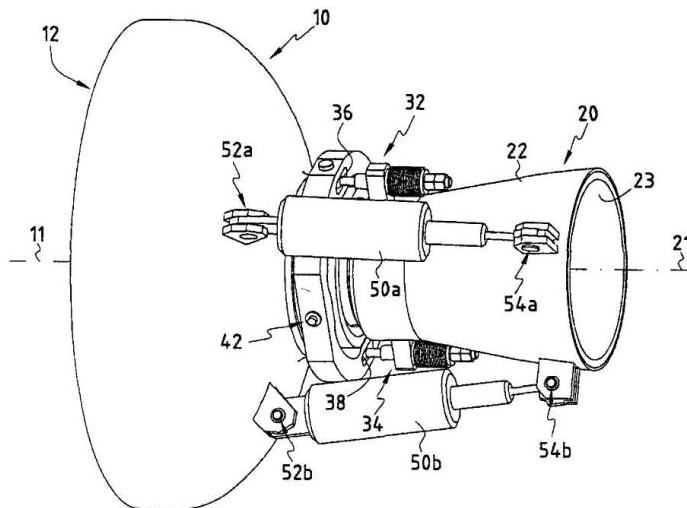
Цей інший кінець утримується за допомогою гайки 45, 47, нагвинченої на кінець стрижня, причому між гайкою 45, 47 і вушком 26, 28 уставлена пружина 62, 64. Наприклад, пружина 62, 64 може бути розташована в розширеній частині втулки 66, 68, вставленої в отвір 26а, 28а.

Втулки 66, 68 уставлені в отвори 26а, 28а, причому стрижні 31, 33 входять у них без зазору, що дозволяє усунути або принаймні зменшити зазори між стрижнями 31, 33 й отворами 26а, 28а й попередити можливе обертання рухомого дифуззора навколо його осі 21.

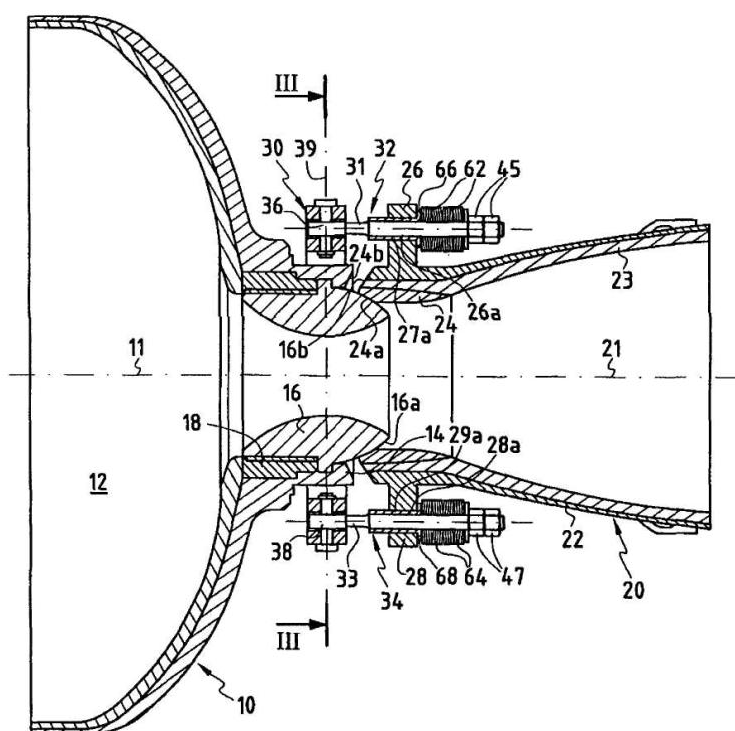
Попередній стиск пружин 62, 64 розраховано таким чином, щоб забезпечити повернення поверхонь 16а 24а у позицію взаємного стикання при будь-якій можливій орієнтації дифуззора 20 сопла.

При приведенні поворотного сопла в рух у результаті дії на приводні елементи 50а, 50b стичні сферичні поверхні 16а, 24а труться одна об одну. Тертя між частинами 16, 24 може бути сухим. Також можливо використання засобів зменшення тертя, наприклад покриття або прокладки, передбачених у зоні стикання сферичного пальця й муфти кульового шарніра на одній із сферичних поверхонь або на них обох, виготовлених, наприклад/ з матеріалу на основі Тетфлону® (політетрафторетилену), або мастильного матеріалу, наприклад графітового мастила, що проникає принаймні в частину залишкових пір частини 16.

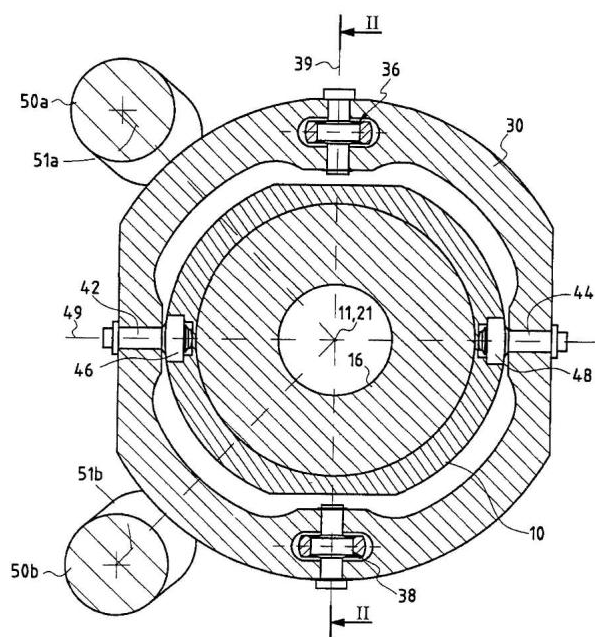
Для забезпечення пружного повернення, необхідного для нормальної роботи двигуна при будь-якій можливій орієнтації сопла, можуть бути використані засоби, відмінні від пружин. Наприклад, це повернення може бути забезпечено використанням пружно деформованого елемента з'єднувального пристрою, що з'єднує рухому частину сопла з її нерухомою частиною, причому при складанні цей елемент піддається пружній деформації. Так, за варіантом здійснення, поданим на Фіг.2 і 3, повернення забезпечується пружною деформацією ободу 30 без використання пружин 62, 64. Для цього обід 30, виготовлений, наприклад, із сталі, мусить мати таку товщину або мати ділянки такої зменшеної товщини, яка забезпечувала б пружну деформацію під впливом затягування гайок 45, 47.



ФІГ. 1



ФІГ. 2



ФІГ. 3