



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119318** (13) **C2**
(51) МПК (2019.01)

B64D 37/28 (2006.01)

B64G 1/26 (2006.01)

G01F 9/00

G01S 17/88 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2015 08367**

(22) Дата подання заявки: **25.08.2015**

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: **10.06.2019**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **27.02.2017, Бюл.№ 4**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.06.2019, Бюл.№ 11**

(72) Винахідник(и):

**Іжко Віктор Олександрович (UA),
Хорольський Петро Георгійович (UA)**

(73) Власник(и):

**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "ПІВДЕННЕ"
ІМ. М.К. ЯНГЕЛЯ",
вул. Криворізька, 3, м. Дніпропетровськ,
49008 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

Андрієнко А. Я. Совершенствование
энергетических характеристик жидкостных
ракет средствами автоматического
управления. Ч. 2. Бортовые системы
управления расходом топлива / А.Я.
Андрієнко, В.П. Иванов / Проблемы
управления. - 2009. - № 2. - С. 59-65.
Мазуренко В. Б. Обзор применяемых
методов измерения уровня жидкого
топлива в баках нижних ступеней ракет-
носителей / В. Б. Мазуренко // Системне
проекування та аналіз характеристик
аерокосмічної техніки. - 2013. - Т. 16. - С.
82-96.

SU 736514 A1, 10.05.2005

RU 2030333 C1, 10.03.1995

RU 94015547 A1, 20.12.1995

Андрієнко А. Я. Цифровая Система
управления расходом топлива ракет-
носителей «Союз-2» И «Союз-С3» / А.Я.
Андрієнко, Л.Н. Бельский, М.И. Заплатин [и
др.] / Проблемы управления. - 2012. - № 5. -
С. 81-83.

RU 2397455 C1, 20.08.2010

US 3911744 A, 14.10.1975

RU 2025666 C1, 30.12.1994

(54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ ВИТРАТОЮ НЕТВЕРДОГО ПАЛИВА ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА

(57) Реферат:

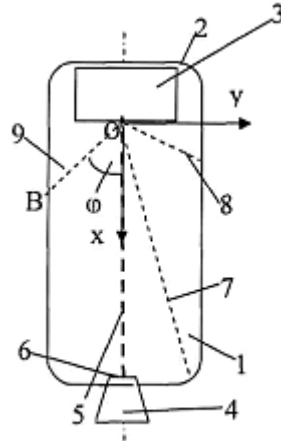
Винахід належить до ракетно-космічної техніки та авіаційної техніки, конкретно - до способів заправки, керування витратою палива та виключення двигунної установки.

Спосіб керування витратою нетвердого палива літального апарата оснований на періодичному визначенні поточного запасу компонента палива в кожному баку і його відповідності заданому

UA 119318 C2

значенню. Запас визначають по різниці порожніх об'ємів бака до заправки паливом і в поточний момент польоту, для чого вимірюють в щонайменше одному заданому напрямку відстань між щонайменше однією заданою точкою завжди внутрішньої поверхні бака, що не торкається палива, його верхнього днища та щонайменше іншою точкою порожньої частини порожнини бака, по згаданих відстанях та орієнтації напрямків вимірювання визначають координати цих точок, по них визначають геометричні характеристики форми фігури, створеної порожньою частиною порожнини бака, по яких визначають її об'єм.

Застосування заявленого способу дозволить підвищити ефективність, точність, надійність, оперативність отримання даних, енергетичну і масову досконалість, забезпечити мінімальну складність та гнучкість у використанні.



Фиг. 1

Винахід належить до ракетно-космічної техніки та авіаційної техніки, конкретно - до способів та пристроїв заправки, керування витратою палива та виключення двигунної установки.

Відомий спосіб вимикання рідинних ракетних двигунів складеної ракети [1] оснований на вимірюванні характеристики витрати рідкого палива з баку, а саме: швидкості обертання бустерного насоса та тиску на його виході, - порівнянні із заданим значенням та вимиканні при досягненні його.

Недоліками цього рішення є:

придатність тільки для визначення моменту повного випорожнення бака, складність, пов'язана з необхідністю залучення вимірів двох параметрів, неможливість поточного керування витратою палива, оскільки відсутні проміжні виміри, відносно невелика точність визначення наявного запасу палива, оскільки наявність систематики або низькочастотної складової збурення призводить до наростання відповідної похибки.

У сукупності ці недоліки породжують низьку ефективність способу.

Відомий спосіб керування заправкою літака, покладений в основу системи керування заправкою літака паливом [2], [4] і оснований на вимірюванні витрати палива, тиску в магістралях та сигналізації його рівня в окремих точках. Його недоліки полягають в наступному:

придатності тільки для заправки, складності внаслідок необхідності залучення вимірів трьох параметрів, відносно невеликій точності визначення наявного запасу палива, оскільки наявність систематики або низькочастотної складової збурення призводить до наростання відповідної похибки.

У сукупності ці недоліки також породжують низьку ефективність способу.

Найбільш близьким аналогом є спосіб керування витратою палива [3], оснований на періодичному визначенні поточного запасу компонента палива в кожному баку і його відповідності заданому значенню та формуванні в залежності від неї керуючого зусилля, а саме: порогово-дискретному вимірюванні витрати палива: визначенні моментів часу досягнення рівня палива та/або витрати палива заданих, порогових, значень за допомогою релейних датчиків, розташованих вздовж одного вимірювального напрямку.

Недоліками цього рішення є

відносно невелика точність, пов'язана з неточним урахуванням коливань дзеркала рідини, дискретним характером інформації та її відносно великою дискретністю, оскільки є конфлікт між потрібним числом датчиків і обмеженнями на об'єм та масу;

відносно низька надійність внаслідок наявності хибних спрацювань;

понижена енергетична та масова досконалість, пов'язані із зменшенням об'єму заправки палива на величину об'єму, що займають вимірювачі, та збільшенням маси конструкції баків на величину маси вимірювальної системи;

підвищена складність, внаслідок необхідності вимірювання послідовності рівнів палива, захисту від хибних спрацювань та складністю обробки інформації;

низька оперативність оновлення інформації, внаслідок практично великої дискретності видачі даних;

низька ефективність, внаслідок перелічених недоліків.

В основу винаходу поставлена задача розробки способу керування витратою нетвердого палива літального апарата підвищеної ефективності, точності, оперативності отримання даних, надійності, енергетичної і масової досконалості та гнучкості у використанні, розширеної функціональності, мінімальної складності.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі керування витратою нетвердого палива літального апарата, основаному на періодичному визначенні поточного запасу компонента палива в кожному баку і його відповідності заданому значенню, цей запас визначають по різниці порожніх об'ємів бака до заправки паливом і в поточний момент польоту, для чого вимірюють в одному або більше заданих напрямках відстані між щонайменше однією заданою точкою завжди внутрішньої поверхні бака, що не торкається палива, наприклад його верхнього днища, та однією або більше іншими точками порожньої частини порожнини бака, по згаданих відстанях та орієнтації напрямків вимірювання визначають координати цих точок, по них визначають геометричні характеристики форми фігури, створеної порожньою частиною порожнини бака, по яких визначають її об'єм.

Це дає можливість підвищити ефективність, точність, надійність, оперативність отримання даних, енергетичну і масову досконалість, забезпечити мінімальну складність та гнучкість у використанні способу, що заявляється.

Це принципово забезпечується:

Вимірюванням саме порожнього об'єму бака на всіх етапах використання виробу: до заправки, після неї, в будь-який час польоту до вимикання двигуна - оскільки об'єм є інтегральною характеристикою і не залежить від поточних збурень, викликаних рухом літального апарата, особливо змінних бокових перевантажень та кутового руху бака. Звідси зріст поточної і інтегральної точності, внаслідок цього - практична відсутність хибних спрацювань і зріст надійності.

Високою точністю вимірів, їх майже необмеженим масивом і оперативністю отримання даних, а також суттєвим зменшенням розмірів вимірювача і внаслідок цього збільшення об'єму для палива, та зменшення маси вимірювача, що зменшує суху масу бака.

Використанням поточних вимірів об'єму, що виключає використання як рівневимірюваної, так і витратовимірюваної апаратури.

Таким чином визначення вказаного об'єму вимірюванням відстані до різних точок внутрішньої поверхні заповненого чи незаповненого бака дозволяє з будь-якою наперед заданою точністю відтворити його фігуру і її геометричні характеристики, зробити це з використанням лідарів, що забезпечує високу точність, надійність, оперативність, майже необмежений обсяг даних, без необхідності установки між верхнім і нижнім днищами бака громіздкої, складної та важкої арматури вимірювальної системи, тобто із зменшенням витрат на це маси та габаритів, що підвищує енергетичну і масову ефективність. Відсутні хибні спрацювання, оскільки коливання дзеркала рідини не впливають на вимір об'єму. Відсутність важкої та габаритної вимірювальної системи вздовж бака та переніс визначення об'єму на обчислювальну систему спрощує процес вимірювання, конструкцію бака. Вимірювання відстані дозволяє реалізувати переваги як вимірів рівня дзеркала рідини, так і вимірів її витрати із зменшенням їх недоліків.

Розширення функціональності забезпечується можливістю вимірів у будь-якій точці порожньої частини бака, що дозволяє їх використовувати для вирішення інших задач, що, в свою чергу, забезпечує гнучкість у використанні. Передача даних по телеметрії дозволяє, наприклад, дослідити закономірності руху рідини в польоті та ін.

Заявлений спосіб керування витратою нетвердого палива літального апарата можливо реалізувати за допомогою пристрою, який включає бак, розташований в ньому вимірювач рівня компонента палива, послідовно зв'язаний з ними керуючий пристрій та зв'язані з ним органи керування витратою палива вимірювач виконано у вигляді далекоміра, наприклад лідара, встановленого на верхньому днищі бака і орієнтованого вимірювальною віссю в напрямку його порожнини, причому у керуючий пристрій додатково введені блок визначення об'єму порожньої частини бака, ключ, запам'ятовуючий пристрій, елемент порівняння та блок визначення поточного запасу палива, при цьому вихід вимірювача з'єднаний з входом блока визначення об'єму порожньої частини бака, а з виходом цього блока з'єднані ключ та перший вхід елемента порівняння, вихід ключа з'єднаний з входом запам'ятовуючого пристрою, який своїм виходом з'єднаний з другим входом елемента порівняння, вихід якого з'єднаний з входом блока визначення поточного запасу палива.

Використання як далекоміра електронного пристрою - радара або краще лідара - замість механічного пристрою дозволяє принципово підвищити точність вимірювання, оперативність отримання даних та їх обсяг, оскільки:

висока власна точність вимірювання (точність визначається довжиною хвилі, для лідарів вона складає від мікрометрів до нанометрів);

виключається похибка визначення початкового рівня палива, що може змінюватися внаслідок зміни температури, випарювання та дренажу газів;

механічні навантаження та похибки практично не впливають на його роботу;

невеликі масово-інерційні характеристики радарів/лідарів забезпечують швидке механічне сканування простору; це або електронне сканування дозволяє проводити виміри зі швидкістю, що на порядки перевищує швидкості переміщення поверхні дзеркала рідини, яка на циклі обзору порожнини може вважатися нерухомою;

вимірювання проходять практично безперервно і звідси обсяг даних може бути для задачі, що вирішується, практично безмежний.

Сукупним ефектом всіх вищевказаних переваг є підвищення загальної ефективності способу і пристрою.

Крім того, лідари бурхливо розвиваються і це визначає подальшу гнучкість у застосуванні пристрою завдяки використанню сучасних далекомірів цього типу.

При більш детальному аналізі заявленого рішення цей список переваг можна продовжити.

Суть винаходу продемонстрована на кресленнях.

На фіг. 1 зображено конструкцію пристрою до заправки, на фіг. 2 зображено конструкцію пристрою після заправки, на фіг. 3 зображено пристрій в дії - для частково заповненого бака в проміжний час польоту, на фіг. 4 зображено бак в кінці польоту, на фіг. 5 зображено схему пристрою.

5 Заявлений винахід реалізується таким чином.

Всередині бака (Б) 1 на верхньому дніщі 2 розташований далекомір (Д) 3 з нормально орієнтованою вздовж поздовжньої осі 4 вимірювальною віссю (ПВ) 5, яка направлена на вихідну горловину 6 бака. Яка, в свою чергу може бути направлена у напрямках 7, 8, 9, обмежених порожниною бака 1. Далекмір 3 визначає в будь-якому напрямку (Н), наприклад, 9, відстань r від вимірювальної бази О до відповідної точки В порожнини бака. Орієнтація будь-якого напрямку у зв'язаній з баком системі координат (СК) Охуz визначається кутами φ, ϕ . Розташування та орієнтація СК Охуz показана на фіг. 1 (ось Oz не показана, вона доповнює осі Ох та Оу до правої СК, тобто уверх на читача). Кут ϕ - між площиною Оху та Н9.

Перед заправкою паливом Д 3 вимірює відстані $r(\varphi, \phi)$ до точок порожнини бака в заданих напрямках, що дозволяють визначити об'єм V_0 . Далі визначають порожній об'єм бака V_0 . Якщо визначення об'єму проводять на основі лінійних координат, то визначають такі координати зазначених точок:

$$\begin{cases} x = r \cdot \cos \phi \cdot \cos \varphi, \\ y = r \cdot \cos \phi \cdot \sin \varphi, \\ z = r \cdot \sin \phi. \end{cases} \quad (1)$$

Об'єм V може бути визначений так [5]:

$$20 \quad V = \iiint_S r(x, y, z) dx dy dz = - \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} r(\varphi, \phi)^3 \sin 2\phi d\varphi d\phi \cong \sum_{-\Psi}^{\Psi} \sum_{-\Phi}^{\Phi} r(\varphi, \phi)^3 \sin 2\phi \Delta\varphi \Delta\phi,$$

$$\Psi = \frac{\pi}{2\Delta\phi}, \quad \Phi = \frac{\pi}{2\Delta\varphi}, \quad (2)$$

де S - внутрішня поверхня порожнини бака.

Таким чином визначають об'єм порожньої частини бака після заправки (і в її процесі, якщо це необхідно), як на фіг. 2, і в будь-який час: в проміжний момент часу польоту (фіг. 3) і в його кінці (фіг. 4), перед або в момент виключення двигунної установки (закінчення компоненти палива із даного бака). При необхідності, наприклад для баків із складними поверхнями, додатково до заправки паливом проводять ще тарування визначень його запасу.

Спосіб реалізовано в пристрої, показаному на фіг. 1 та фіг. 5, наступним чином. В будь-який момент часу дані з Д 3 надходять в блок визначення об'єму порожньої частини бака (БВОПЧБ) 10 керуючого пристрою (КП) 11. В БВОПЧБ 10 визначається шуканий об'єм $V(t)$ наприклад, за формулою (2).

До заправки ключ 12 замикають і значення порожнього об'єму V_0 бака 1 попадає в запам'ятовуючий пристрій (ЗП) 13, де і зберігається. Після визначення V_0 ключ 12 розмикають.

Далі, в будь-який час, наприклад в польоті, визначають поточне значення об'єму порожньої частини порожнини бака 1 $V(t)$, подають її на елемент порівняння 14 і знаходять різницю $\Delta V(t) = V_0 - V(t)$. Ця різниця надходить на вхід блока визначення поточного запасу палива по його об'ємі (БВПЗП) 15, де визначають поточного запасу палива, наприклад із формули

$$G(t) = \rho \cdot \Delta V(t),$$

де ρ - щільність рідини.

Далі інформація із КП 11 йде на органи керування витратою палива (ОКВП) 16.

На цей час створено і продовжують створюватися багато типів далекомірів для будь-якого відомого призначення, які промислово реалізовані [6]. Тому практично немає проблем у реалізації заявленого способу для керування заправкою та витратою нетвердого палива літального апарата.

Таким чином, вирішена поставлена задача керування витратою нетвердого палива літального апарата підвищеної ефективності, точності, надійності, енергетичної і масової досконалості та гнучкості у використанні, розширеної функціональності і мінімальної складності.

Джерела інформації:

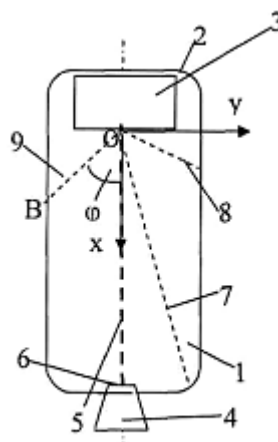
1. Заявка на изобретение № 94015547 Росія МПК6 F02K9/00. Способ выключения жидкостных ракетных двигателей составной ракеты и устройство для его осуществления // Ноянов В.М., Давыдов И.Б., Семенов В.И.-94015547/06. Заявл. 27.04.1994; опубл. 20.12.1995.
- 5 2. Заявка на изобретение № 736514 Росія МПК6 B64D37/28. Система управления заправкой самолета топливом // Цыганов В.М., Остроухов В.А., Заславский Л.И., Богатырев И.И. - 2705224/23. Заявл. 26.12.1997; опубл. 10.05.2005.
3. Андриенко А.Я. Совершенствование энергетических характеристик жидкостных ракет средствами автоматического управления. Ч. 2. Бортовые системы управления расходом топлива [Текст] / А.Я. Андриенко, В.П. Иванов / Проблемы управления. - 2009. - № 2. - С. 59-65.
- 10 4. Пат. № 2030333 Росія МПК B64D37/00. Устройство автоматического управления выработкой топлива летательного аппарата // Спиридонов В.Н., Торгов Ю.Ф., Соколовский Н.Н., Борисевич В.П., Попов В.Г. - 4910344/23. Заявл. 13.12.1990; опубл. 10.03.1995.
5. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов [Текст] / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев - М.: Наука, ГРФМЛ, 1986. - 544 с. - С. 265-269.
- 15 6. Лидар [электронный ресурс] / Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/Лидар%20-%20Википедия.html>.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

20

Спосіб керування витратою нетвердого палива літального апарата, оснований на періодичному визначенні поточного запасу компонента палива в кожному баку і його відповідності заданому значенню, який **відрізняється** тим, що цей запас визначають по різниці порожніх об'ємів бака до заправки паливом і в поточний момент польоту, для чого вимірюють в щонайменше одному заданому напрямку відстань між щонайменше однією заданою точкою завжди внутрішньої поверхні бака, що не торкається палива, його верхнього днища та щонайменше іншою точкою порожньої частини порожнини бака, по згаданих відстанях та орієнтації напрямків вимірювання визначають координати цих точок, по них визначають геометричні характеристики форми фігури, створеної порожньою частиною порожнини бака, по яких визначають її об'єм.

25



Фиг. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

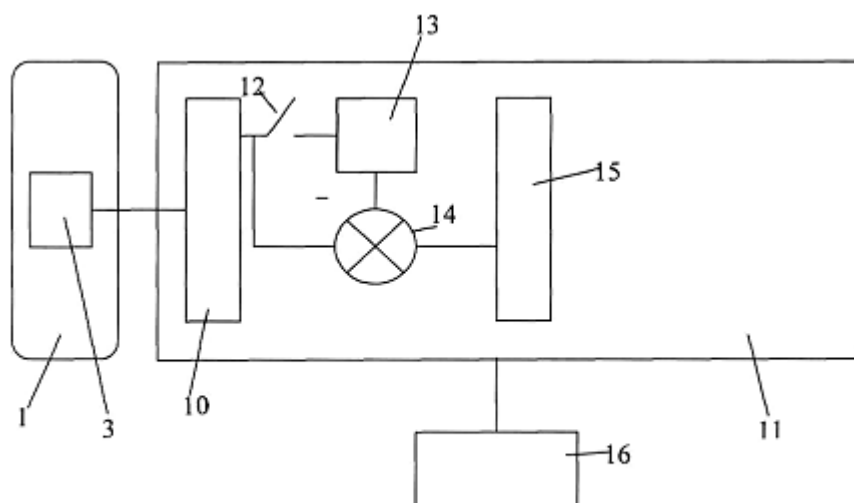


Fig. 5

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601