



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 108530

(13) C2

(51) МПК

F02K 9/42 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2013 09278

(22) Дата подання заявки: 23.07.2013

(24) Дата, з якої є чинними  
права на винахід: 12.05.2015

(41) Публікація відомостей  
про заявку: 26.01.2015, Бюл.№ 2

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: 12.05.2015, Бюл.№ 9

(72) Винахідник(и):

Горбунцов В'ячеслав Васильович (UA),  
Заволока Олександр Миколайович (UA),  
Свириденко Микола Федорович (UA),  
Ніколаєв Олексій Дмитрович (UA),  
Мітіков Юрій Олексійович (UA)

(73) Власник(и):

ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ  
І ДЕРЖАВНОГО КОСМІЧНОГО  
АГЕНТСТВА УКРАЇНИ,  
вул. Лешко-Попеля, 15, м. Дніпропетровськ,  
49005 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:

RU 2129219 C1, 20.04.1999  
US 4894986 A, 23.01.1990  
RU 2300007 C1, 27.05.2007  
RU 2056519 C1, 20.03.1996  
UA 15477 U, 17.07.2006  
RU 2348828 C1, 10.03.2009  
GB 1230657 A, 05.05.1971

Беляев Н.М. Системы наддува топливных  
баков ракет. / Н.М.Беляев - М.:  
Машиностроение, 1976. - С.35-37

## (54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ НАДДУВУ ПАЛИВНОГО БАКА РАКЕТИ-НОСІЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИМ ГАЗОМ, ЩО ГЕНЕРУЄТЬСЯ У ВНУТРІШНЬОБАКОВОМУ ПРОСТОРІ

### (57) Реферат:

Група винаходів належить до ракетно-космічної техніки. В способі наддуву паливного бака ракети-носія з рідким компонентом палива високотемпературним газом наддув паливного бака ракети-носія здійснюється шляхом генерації високотемпературного газу у внутрішньобаковому просторі при взаємодії з поверхнею компонента палива, що знаходиться в баку, диспергованого рідкого реагенту (який створює з цим компонентом палива самозаймисту паливну пару) у вигляді послідовності турбулентних вихрових кілець, які формуються з суміші нейтрального газу і диспергованого реагенту і прямують уздовж осі бака до поверхні компонента палива зі швидкістю, що забезпечує необхідну далекобійність і відсутність руйнування поверхні. При цьому кількість реагенту в турбулентних вихрових кільцях регулюється відповідно до відхилень тиску у вільному газовому об'ємі бака від заданого значення. Пристрій для здійснення наддуву містить джерело нейтрального газу високого тиску, ємність з реагентом і пристрій для формування турбулентних вихрових кілець з суміші диспергованого реагенту і нейтрального газу і їх подачі до поверхні компонента палива, виконаний у вигляді газодинамічного генератора імпульсів витрати, у стінці пневматичної камери якого встановлено форсунку, сполучену магістраллю із зворотним клапаном і редукційним гідравлічним клапаном, управляюча порожнина якого сполучена з вільним газовим об'ємом бака трубопроводом, із забірним

UA 108530 C2

пристроєм ємності з реагентом. Винахід дозволяє збільшити енергомасові характеристики систем живлення рідинних ракетних рухових установок ракет-носіїв.

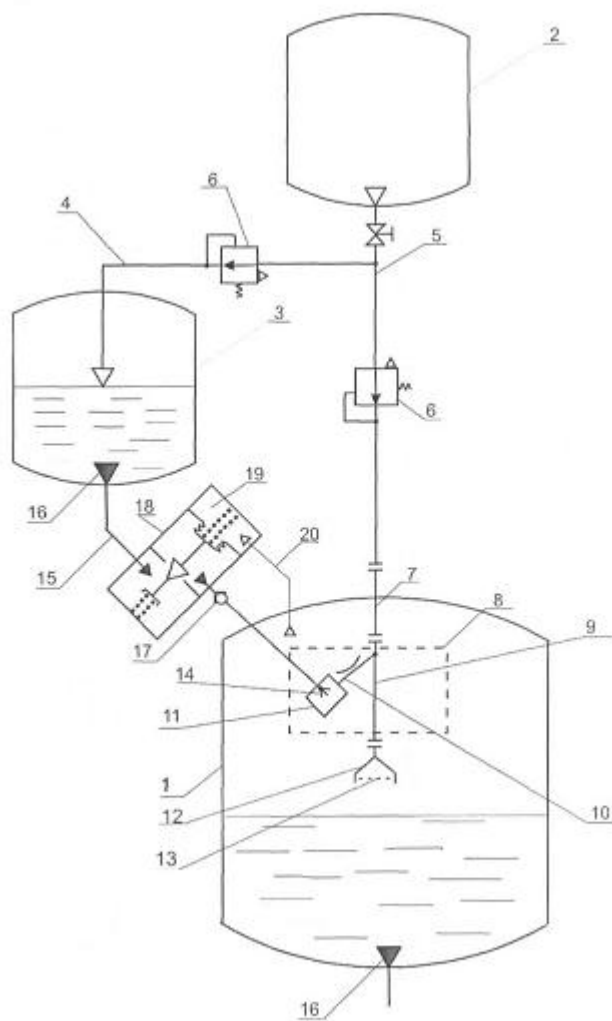


Fig. 1

Винахід належить до ракетної техніки і може бути використаний для підвищення енергомасових характеристик систем живлення рідинних ракетних двигунних установок (РРДУ) ракет-носіїв (РН) за рахунок ефективного перемішування вільного газового об'єму (ВГО) паливного бака (ПБ) великого подовження ( $\frac{H_{ПБ}}{D_{Б}} > 2,0 - 2,5$ ) в процесі його наддуву

5 високотемпературним газом, яке обумовлює зменшення:

- втрат тепла з ВГО в обмежуючі його стінки ПБ;
- прогрівання поверхневого шару компонента палива (КП), що міститься в баку;
- "теплових залишків" незабору КП з ПБ (див. с 217, 233 у кн. Козлов А. А. Системы питания и управления ЖРДУ / А.А. Козлов, В.Н. Новиков, Е.В. Соловьёв. - М.: Машиностроение, 1988. - 352 с.).

10 Відомий спосіб наддуву ПБ з рідким КП високотемпературним газом, що генерується у внутрішньобаковому просторі шляхом подачі у ВГО газу-реагенту, який створює з КП, що знаходиться в баку, самозаймисту паливну пару (див. статтю Кейди Е.С. Наддув водородного бака с использованием газообразного фтора / Е.С. Кейди, Д.В. Кендл // ВРТ. - 1972. - № 6. - С. 27-45.).

15 Струмін газу-реагенту, що вдувається у ПБ, забезпечує, поряд з ефективним перемішуванням ВГО бака в межах своєї далекобійності, генерацію в ньому високотемпературного газу в процесі хімічної взаємодії з поверхнею КП. При цьому непродуктивні втрати тепла, що виділяється в процесі цієї взаємодії, на прогрівання поверхневого шару КП і його випаровування складають більше 20 % від сумарного тепловиділення (див. с. 40 у статті Кейди Е.С. Наддув...). Крім того, у цьому випадку згоряння починається ще в зоні струменя газу-реагенту при його взаємодії з парами, що надходять у ВГО з поверхні КП. Це призводить до збільшення градієнта температури у ВГО і, як наслідок, до зростання теплових втрат з ВГО у стінки ПБ.

25 У зв'язку з викладеним, область раціонального застосування вказаного способу наддуву обмежена переважно ПБ з криогенними КП, пари яких характеризуються низькою густиною.

Відомий спосіб наддуву ПБ високотемпературним газом, що генерується в його ВГО, шляхом здійснення контрольованої екзотермічної хімічної реакції між КП і рідким реагентом, який створює з ним самозаймисту паливну пару та вприскується на вільну поверхню КП або в підповерхневий шар компактным струменем без його дроблення і розбризування (див. с. 31-32 у кн. Пневмогидравлические системы двигательных установок с жидкостными ракетными двигателями. Под ред. В.Н. Челомея. - М.: Машиностроение, 1978. - 240 с.). Уприскування реагенту на поверхню КП струменем забезпечує збільшення питомого об'єму газоподібних продуктів реакції, зменшення прогрівання поверхневого шару КП і більш високу температуру газу у ВГО при зниженій витраті реагенту. Проте застосування цього способу обмежується складністю забезпечення ідентичності умов взаємодії струменя реагенту з поверхнею КП при переміщенні її рівня у процесі витрачання КП з ПБ, особливо для баків великого подовження.

Відомий пристрій для введення газоподібного реагенту у ВГО паливного бака з КП, який являє собою насадок дифузорового типу, що забезпечує максимальну далекобійність струменя газу-реагенту та інтенсивне перемішування ВГО бака у межах цієї далекобійності (див. статтю Кендл Д.В. Влияние перемешивания в подушке на характеристики системы наддува баков / Д.В. Кендл // ВРТ. - 1971. - № 6. - С. 22-35).

Проте далекобійність газових струменів у ПБ обмежена як дією архимедових сил (див. с. 219-220 у кн. Козлов А.А. Системы питания...), так і обмежувачим впливом стінок бака (див. статтю Митиков Ю.А. Определение коэффициентов стеснения неизо термических турбулентных струй / Ю.А. Митиков, С.А. Куда // Проектирование сложных технических систем: Сб. науч. тр. - К.: Наук, думка, 1989. - С. 153-155).

Відомий пристрій для подачі на поверхню КП, що знаходиться у ПБ, рідкого реагенту, що створює з КП самозаймисту паливну пару, знаходиться в спеціальній ємкості і подається на поверхню КП у баку через форсунку, встановлену на верхньому днищі ПБ, у вигляді імпульсів витрати компактного струменя (див. с 18 у статті Кенни Р. Дж. Наддув топливного бака путём впрыска реагирующего компонента / Р. Дж. Кенни, П.А. Фридман // ВРТ. - 1966. - № 7. - С. 13-27). Пристрій характеризується надійністю та високою точністю підтримки тиску у ВГО. Проте натікання струменя реагенту на поверхню КП, що супроводжується інтенсивним її розбризуванням і прониканням углиб КП, призводить до збільшення непродуктивних втрат тепла, що виділяється у процесі екзотермічної реакції, на прогрівання приповерхневого шару КП і, як наслідок, до зменшення температури одержуваного газу і зниження працездатності ВГО в цілому. Вказані обставини зумовлюють необхідність збільшення витрати реагенту для компенсації цих втрат.

Найближчим аналогом способу, що заявляється, вибраним як прототип, є спосіб наддуву ПБ високотемпературним газом, що генерується у внутрішньобаковому просторі, який полягає в подачі на поверхню КП імпульсів витрати диспергованого рідкого реагенту, що створює самозаймисту паливну пару з КП (див. с. 214-215 у кн. Беляев Н.М. Системы наддува топливных баков ракет / Н.М. Беляев. - М: Машиностроение, 1976. - 336 с. або с. 20-25 у статті Кенни Р. Дж. Наддув топливного бака...), при якому забезпечується мінімальне проникання реагенту в глибину КП, а, отже, мінімум непродуктивних втрат тепла екзотермічної реакції на прогрівання і випаровування КП, зменшення "теплових залишків" незабору і підвищення точності підтримки заданого тиску наддуву у ВГО ПБ (див. с. 216 у кн. Беляев Н.М. Системы наддува...).

Загальними істотними ознаками відомого способу-прототипу і того, що заявляється, є генерація високотемпературного газу наддуву у внутрішньобаковому просторі в процесі екзотермічної реакції взаємодії диспергованого рідкого реагенту, який створює самозаймисту паливну пару з КП, що знаходиться в баку, з поверхню компоненту палива.

У способі-прототипі це досягається шляхом гідравлічного диспергування потоку реагенту з одночасним доданням йому руху уздовж осі ПБ до поверхні КП.

Проте застосування вказаного способу призводить до значного зниження повноти продуктивного використання теплового потенціалу екзотермічної реакції взаємодії імпульсу витрати диспергованого реагенту, що вприскується у ПБ, з КП, що знаходиться в цьому ПБ, зважаючи на інтенсивне випаровування рухомих крапель реагенту у високотемпературному середовищі ВГО (див. статтю Буглаев В.Т. Эффективность охлаждения газового потока мелкодиспергированной влагой / В.Т. Буглаев, М.Н. Лифшиц, Ф.В. Васильев // Теплоэнергетика. - 1986. - № 5. - С. 45-49), що призводить до охолодження газу у ВГО, збільшення вмісту пари реагенту в ньому, зменшення швидкості генерації високотемпературного газу наддуву за рахунок зменшення витрати реагенту, який приходить до поверхні КП, і, зрештою, до зменшення працездатності газу -  $(RT)_{эф}$  у ВГО (див. с. 210 у кн. Беляев Н.М. Расчёт пневмогидравлических систем ракет / Н.М. Беляев. - М.: Машиностроение, 1983. - 219 с.). При цьому в міру збільшення висоти ВГО в процесі опускання рівня КП при спорожненні ПБ вплив вказаних обставин зростає.

Найближчим аналогом пристрою, що заявляється, вибраним як прототип, є пристрій для вприскування імпульсів витрати диспергованого реагенту на поверхню КП, що створює з ним самозаймисту паливну пару, у паливному баку, виконаний у вигляді встановленого на верхньому днищі бака клапана вприскування, вхід якого з'єднаний газовою магістраллю, що включає запірно-регулюючий клапан, з ємністю з нейтральним газом високого тиску, а гідравлічною магістраллю із запірним клапаном - з місткістю для зберігання реагенту. При цьому на виході клапана вприскування встановлена розпилююча форсунка, а управління його роботою здійснюється по сигналу від реле тиску, що знаходиться у ВГО бака (див. фіг. 2 на с. 19 у статті Кенни Р. Дж. Наддув топливного бака путём впрыска...).

Загальними істотними ознаками відомого пристрою і того, що заявляється, є наявність в їх складі ємності з реагентом, джерела нейтрального газу високого тиску і пристрою для подачі імпульсів витрати розпиляного реагенту на поверхню КП у баку, регульованих відповідно до відхилення тиску в його ВГО від заданого значення.

У пристрої-прототипі це досягається установкою на верхньому днищі бака клапана вприскування, управління роботою якого здійснюється в релейному режимі ("відкритий-закритий") за сигналом від датчика тиску, що знаходиться у вільному газовому об'ємі ПБ.

Вказаний пристрій, хоча й забезпечує необхідну точність підтримки тиску наддуву ПБ, проте розпилювання клапаном вприскування імпульсу витрати реагенту супроводжується збільшенням об'єму його факела і сумарної поверхні реагенту в ньому (див. с. 10 у кн. Абрамов Ю.А. Моделирование процессов в пожарных стволах / Ю.А. Абрамов, В.Е. Росоха, Е.А. Шаповалова. - Харьков.: Фолио, 2001. - 195 с.). Наслідком цього є інтенсифікація випаровування реагенту як при його русі у високотемпературному середовищі ВГО (див. с. 11 у кн. Абрамов Ю.А. Моделирование...), так і в процесі взаємодії крапель з поверхні КП у ПБ (див. с. 75 у статті Боначина Капельное охлаждение / Боначина, Дель Джудиче, Комини // Теплопередача. Trans ASNE: 1979. - Т. 101, № 3. - С. 69-76 та с. 114 у кн. Майер В.В. Кумулятивный эффект в простых опытах / В.В. Майер. - М.: Наука, 1989. - 192 с.). Вказані процеси призводять до інтенсивного зростання маси пари реагенту у ВГО, збільшення молекулярної маси парогазового середовища у вільному газовому об'ємі і, як наслідок, до збільшення витрати реагенту на забезпечення необхідного тиску наддуву (див. табл. 1 на с. 21 у статті Кенни Р. Дж. Наддув...).

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу наддуву ПБ РН високотемпературним газом, що генерується у внутрішньобаковому просторі при взаємодії

компоненту палива з диспергованим рідким реагентом, що подається на поверхню КП та створює з ним самозаймисту паливну пару, шляхом організації нового способу формування імпульсів витрати диспергованого реагенту і їх подачі до поверхні КП, що знаходиться в баку, який забезпечує:

- 5 - високу далекобійність в обмежених умовах внутрішньобакового простору;
- зменшення інтенсивності випаровування диспергованого реагенту на шляху руху імпульсів його витрати у ВГО;
- відсутність руйнування поверхні КП імпульсом витрати реагенту, що натікає на неї;
- збільшення площі взаємодії реагенту з поверхнею КП у баку і зменшення прогрівання і
- 10 випаровування КП;
- підвищення інтенсивності перемішування газового середовища у ВГО бака при здійсненні наддуву.

Реалізація вказаних заходів дозволить зменшити витрату реагенту на наддув ПБ, підвищити працездатність -  $(RT)_{\text{ЕФ}}$  вільного газового об'єму ПБ і зменшити "теплові залишки" незабору КП при його витраті з бака.

У основу винаходу поставлено також задачу удосконалення пристрою для наддуву ПБ високотемпературним газом, що генерується у внутрішньобаковому просторі при взаємодії КП з диспергованим реагентом, що подається на його поверхню, в якому шляхом введення нових конструктивних елементів і зв'язків між ними здійснюватиметься формування і подача на

поверхню КП у ПБ імпульсів витрати реагенту з параметрами, що дозволяють зменшити непродуктивні втрати реагенту на забезпечення заданих параметрів наддуву ПБ і зменшити "теплові залишки" незабору КП з ПБ.

Поставлена задача розв'язується тим, що в способі наддуву ПБ РН високотемпературним газом, що генерується у внутрішньобаковому просторі при взаємодії КП з диспергованим рідким реагентом, що подається на поверхню КП та створює з ним самозаймисту паливну пару, подачу реагенту здійснюють у вигляді послідовності локалізованих у просторі формоутворень з суміші диспергованого реагенту і нейтрального газу у вигляді турбулентних вихрових кілець (ТБК), що утворюються при імпульсному виштовхуванні порції суміші у вигляді струменя кінцевої довжини через діафрагму (див. с. 45-47 у дисертації Тарасова В.Ф. Экспериментальное исследование турбулентных вихревых колец. Дисс. ... канд. физ.-мат. наук. - Новосибирск, 1975 - 146 с.) і направляються уздовж осі ПБ до поверхні КП в ньому з початковою швидкістю  $U_0$ , що забезпечує далекобійність ТБК  $L_{\text{ТБК}} > H_{\text{ПБ}}$ , де  $H_{\text{ПБ}}$  - висота бака, та визначається за співвідношенням (див. с. 136 у кн. Тарасов В.Ф. Экспериментальные исследования...):

$$U_0 \geq \frac{H_{\text{ПБ}}^3 \nu_{\text{С}}}{1000 R_0}.$$

При дотриманні умови про неруйнування поверхні КП турбулентним вихровим кільцем, що натікає на неї, яка виходить з балансу сил динамічної дії ТБК на поверхню КП і сил поверхневого натягнення,

$$U_0 < \sqrt{\frac{34}{\rho_{\text{С}}} (g n_{\text{Х}} \rho_{\text{КП}} \sigma_{\text{КП}})^{0.5}},$$

де  $R_0$  - початковий радіус ТБК;

$\nu_{\text{С}}$ ,  $\rho_{\text{С}}$  - кінематична в'язкість і густина суміші нейтрального газу і диспергованого реагенту, яка створює ТБК, відповідно;

$\rho_{\text{КП}}$ ,  $\sigma_{\text{КП}}$  - густина і коефіцієнт поверхневого натягнення КП, відповідно;

$n_{\text{Х}}$  - осьове перевантаження, діюче на ПБ РН;

$g$  - прискорення вільного падіння на поверхні Землі.

Поставлена задача розв'язується також тим, що ТБК формують у вигляді еліпсоїдних ТБК, характерною особливістю яких є мінімальна втрата диспергованого реагенту, який входить до складу суміші, що створює ТБК, на шляху руху кільця до поверхні КП (див. с. 31 у статті Андрианкин Э.И. О потере пассивной примеси турбулентным вихревым кольцом / Э.И. Андрианкин, П.А. Прядкин // ПМТФ. -1986. - Т. 50, № 1. - С. 31-39.). Це пояснюється збільшеною швидкістю руху в ядрі вихору, що супроводжується виникненням градієнта тиску, скерованого до центру вихору (див. фіг. 5, 6 на с. 209 у статті Sallet D.W. An Experimental Investigation of Laminar and Turbulent Vortex Rings in Air / D.W. Sallet, R.S. Widmayer // Z. Flugwiss. - 1974. - Bd. 22, Heft 6. - S. 207-215), а також додатковим дробленням крапель диспергованого реагенту в ядрі вихору і відповідним зменшенням швидкості їх седиментації (див. с. 17-18 у кн. Цетлин В.М. Аэрозольные баллоны / В.М. Цетлин. - Л.: Химия, 1970. - 160 с.).

Поставлена задача розв'язується також тим, що ТВК формують з частотою  $10 < f < 20$  Гц, що при співвісному їх русі приводить до утворення "вихрового стовпа", тобто до "каналювання" руху диспергованого реагенту, який знаходиться в ТВК, до поверхні КП, що супроводжується зменшенням втрат реагенту по шляху проходження ТВК і пониженням інтенсивності його взаємодії з газовим середовищем ВГО бака (див. статтю Мартыненко О.Г. К вопросу о движении системы последовательных соосных вихревых колец в однородной жидкости / О.Г. Мартыненко, И.А. Ватулин, Н.И. Лемеш, П.П. Храмцов // ИФЖ. - 1989. - Т. 56, № 1. - С. 26-28.). При цьому частоту вибирають відмінною від найближчих значень частот власних коливань поверхні КП у баку, щоб не ініціювати їх резонансне розгойдування.

Поставлена задача розв'язується також тим, що кількість диспергованого реагенту в порції суміші, що створює ТВК, змінюють при відхиленні тиску у ВГО ПБ від заданого значення, збільшуючи його при зменшенні тиску або зменшуючи при його збільшенні, згідно з величиною цього відхилення.

Поставлена задача розв'язується також тим, що в пристрої для наддуву паливного бака з рідким КП високотемпературним газом (що генерується у внутрішньобаковому просторі при взаємодії КП з диспергованим реагентом, що подається на його поверхню та створює з КП самозаймисту паливну пару), який містить:

- ємність з реагентом, що знаходиться під підвищеним тиском нейтрального газу;
- джерело нейтрального газу високого тиску, з'єднане магістраллю, що включає газовий редуктор, з ємністю з реагентом,

- пристрій для подачі на поверхню КП в баку імпульсів витрати диспергованого реагенту з витратою в імпульсі, регульованою відповідно до відхилення тиску у ВГО бака від заданого значення,

- джерело нейтрального газу високого тиску з'єднане іншою магістраллю, що також включає газовий редуктор, з газовводом для подачі нейтрального газу в ПБ, а сам газоввід виконано так, що він закінчується газодинамічним генератором імпульсів витрати газу (див. мал. 1ж, 4ж у статті Залманзон Л.А. Струйные элементы / Л.А. Залманзон // Энциклопедия Измерений, Контроля и Автоматизации (ЭИКА). - М.: Институт автоматизации и телемеханики (технической кибернетики). - Вып. 7. - С. 31-36), у стінці пневматичної камери якого встановлено форсунку для диспергування реагенту. Форсунка з'єднана з забірним пристроєм ємності з реагентом магістраллю, що містить зворотний клапан і регульований редукційний гідравлічний клапан (див. мал. 4.11 на с. 117 у кн. Махин В.А. Динамика ЖРД / В.А. Махин, В.Ф. Присняков, Н.П. Белик. - М.: Машиностроение, 1969. - 214 с.), управляюча порожнина якого з'єднана трубопроводом з вільним газовим об'ємом ПБ. При цьому на виході газодинамічного генератора імпульсів витрати встановлено насадок дифузорового типу.

Крім того, у вихідному перерізі насадка дифузорового типу встановлено діафрагму з отворами діаметром  $d_{отв}$ , відстань  $l$  між осями яких вибирається з діапазону  $d_{отв} < l < 1,635d_{отв}$ , який забезпечує в результаті взаємодії ядер окремих ТВК, що утворюються у кожного отвору діафрагми, формування одного еліпсоїдного ТВК (див. с. 135 у дис. Тарасова В.Ф. Экспериментальное исследование ...).

Крім того, за наявності на РН двох баків, які містять КП, що створюють самозаймисту пару, у кожному з них встановлено забірний пристрій, сполучений трубопроводом з входом у магістраль подачі диспергованого реагенту у пневматичну камеру газодинамічного генератора імпульсів витрати іншого бака.

Порівняльний аналіз з прототипами показує, що спосіб наддуву ПБ високотемпературним газом, що генерується у внутрішньобаковому просторі, і реалізуючий його пристрій відрізняються тим, що при їх виконанні:

- 1) подачу реагенту на поверхню КП у ПБ здійснюють у вигляді послідовності ТВК, формованих з суміші диспергованого реагенту, що створює з КП самозаймисту паливну пару, і нейтрального газу і скерованих уздовж осі бака до поверхні КП з початковою швидкістю, що забезпечує далекобійність, рівну або перевищуючу висоту ПБ, за відсутності руйнування поверхні КП турбулентними вихровими кільцями, що натікають на неї, протягом всього часу спорожнення бака;

- 2) турбулентні вихрові кільця з суміші диспергованого реагенту і нейтрального газу формують у вигляді еліпсоїдних ТВК, що характеризуються мінімальними втратами реагенту по шляху руху ТВК до поверхні КП;

- 3) вихрові кільця з суміші диспергованого реагенту і нейтрального газу генерують з частотою, що забезпечує їх рух у вигляді "вихрового стовпа", але відмінної при цьому від найближчих значень частот власних коливань поверхні КП у ПБ;

4) кількість диспергованого реагенту в ТВК змінюють відповідно до величини відхилення тиску у ВГО бака від заданого значення, збільшуючи при зменшенні тиску і зменшуючи при його збільшенні;

5) використовується пристрій для наддуву ПБ, в якому джерело нейтрального газу високого тиску сполучене, для його подачі в бак, з газоводом, що закінчується газодинамічним генератором імпульсів витрати нейтрального газу;

6) у стінці пневматичної камери газодинамічного генератора імпульсів витрати нейтрального газу встановлено форсунку для диспергування реагенту;

7) форсунка сполучена з ємністю з реагентом, що наддувається нейтральним газом, магістраллю із зворотним клапаном і редукційним гідравлічним клапаном, регулюючим витрату реагенту, що подається до форсунки;

8) управляюча порожнина редукційного гідравлічного клапана з'єднана трубопроводом з вільним газовим об'ємом ПБ;

9) на виході з газодинамічного генератора імпульсів витрати встановлено насадок дифузорового типу;

10) у вихідному перерізі насадка дифузорового типу встановлено діафрагму з отворами, параметри яких забезпечують формування еліпсоїдного ТВК з суміші нейтрального газу і диспергованого реагенту;

11) за наявності на РН двох баків з КП, що створюють самозаймисту паливну пару, у кожному баку встановлено забірний пристрій, з'єднаний трубопроводом з входом у магістраль подачі диспергованого реагенту в пневматичну камеру газодинамічного генератора імпульсів витрати іншого бака.

Сукупність указаних відмітних ознак 1, 5-9 є достатньою в усіх випадках, на які розповсюджується запитуваний об'єм правового захисту; відмітні ознаки 2-4, 10, 11 характеризують винахід в окремих випадках його виконання.

Спосіб і пристрій реалізуються таким чином.

Наддув ПБ здійснюється шляхом генерації у внутрішньобаковому просторі високотемпературного газу при взаємодії рідкого реагенту, який подається на поверхню КП, що знаходиться в цьому ПБ, і створює з цим КП самозаймисту паливну пару. При цьому реагент подається у вигляді ТВК, формованих з суміші нейтрального газу і диспергованого реагенту, яким передається початкова швидкість, скерована до поверхні КП, яка забезпечує їх далекобійність, рівну довжині бака або перевищуючу її, і відсутність руйнування поверхні КП вихровими кільцями, що натікають на неї. Мінімальні непродуктивні втрати диспергованого реагенту по шляху руху ТВК досягаються шляхом формування еліпсоїдних ТВК з частотою, при якій забезпечується "каналування" їх руху у вигляді "вихрового стовпа" і не відбувається резонансного розгойдування власних коливань поверхні КП. Кількість реагенту у вихрових кільцях регулюють, узгоджуючи її з тиском у ВГО і її відхиленнями від заданого значення.

Принципова схема пристрою для здійснення наддуву паливного бака способом, що заявляється, приведена на фіг. 1.

Пристрій містить паливний бак 1 з КП, ємність 2 з нейтральним газом високого тиску, ємність 3 із забірним пристроєм 16, що містить реагент, магістраль 4 з газовим редуктором 6 для подачі нейтрального газу на витискувальний наддув ємності 3 з реагентом, магістраль 5 з газовим редуктором 6 для подачі нейтрального газу до газоводу 7, на виході з якого встановлено газодинамічний генератор імпульсів витрати нейтрального газу 8, що складається з трубопроводу 9 і сполученої з ним газоводом з профільованим елементом 10 пневматичної камери 11. На виході з трубопроводу 9 встановлено насадок дифузорового типу 12 з діафрагмою 13 з отворами, а в стінці пневматичної камери 11 встановлено форсунку 14, яка магістраллю 15 з'єднана з забірним пристроєм 16 місткості 3 з реагентом. При цьому в магістралі 15 встановлені зворотний клапан 17 і редукційний гідравлічний регулюючий клапан 18, управляюча порожнина якого 19 сполучена з вільним газовим об'ємом бака 1 трубопроводом 20.

Робота пристрою здійснюється таким чином.

Нейтральний газ з ємності 2 по магістралі 5 через редуктор 6 надходить в газовід 7 і далі - на вхід газодинамічного генератора імпульсів витрати газу 8. Газовий потік, що рухається по трубопроводу 9, у результаті прилипання струменя до опуклої поверхні профільованого елемента газоводу 10 (ефект Коанда) обтікає його, змінюючи напрям руху, і надходить в пневматичну камеру 11. При наповненні пневматичної камери і створенні в ній протитиску струмів газу відривається від поверхні профільованого елемента 10 і надходить в трубопровід 9 до виходу з генератора імпульсів витрати газу 8. При цьому пневматична камера 11 також спорожняється. У процесі спорожнення тиск у пневматичній камері 11 знижується, відкривається зворотний клапан 17, і з ємності 3 через форсунку 14 диспергований реагент,

витрата якого регулюється редукційним гідравлічним клапаном 18 відповідно до поточного значення тиску у ВГО бака, який передається по трубопроводу 20 в управляючу порожнину клапана 18, надходить в пневматичну камеру 11 і змішується з нейтральним газом. У подальшому, при зниженні тиску в пневматичній камері 11 струмінь нейтрального газу знов прилипає до поверхні профільованого елемента газопроводу 10, наповнюючи пневматичну камеру з диспергованим реагентом, що знаходиться в ній, нейтральним газом. Тиск в камері 11 у процесі наповнення зростає, що приводить до закриття зворотного клапана 17, подальшого відриву струменя газу від поверхні профільованого елемента газопроводу 10, надходження суміші диспергованого реагенту і нейтрального газу в трубопровід 9 у вигляді імпульсу витрати і далі в насадок 12 з діафрагмою 13 з отворами, де імпульс витрати трансформується в еліпсоїдне ТВК, що рухається до поверхні КП у баку 1 і генерує при взаємодії з нею високотемпературний газ у внутрішньобаковому просторі.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб наддуву паливного бака ракети-носія з рідким компонентом палива високотемпературним газом, який генерується у внутрішньобаковому просторі при взаємодії компонента палива з диспергованим рідким реагентом, що подається на його поверхню та створює з компонентом палива самозаймисту паливну пару, який **відрізняється** тим, що подачу реагенту здійснюють у вигляді послідовності турбулентних вихрових кілець, формованих з суміші диспергованого реагенту і нейтрального газу і скерованих уздовж осі паливного бака до поверхні компонента палива в ньому з початковою швидкістю, що відповідає співвідношенню:

$$\frac{H_{ПБ}^3 v_C}{1000 R_0} \leq U_0 < \sqrt{\frac{34}{\rho_C}} (g n_{\chi} \rho_{КП} \sigma_{КП})^{0.5},$$

де  $U_0$  - початкова швидкість руху вихрових кілець;

$R_0$  - початковий радіус вихрових кілець;

$H_{ПБ}$  - висота паливного бака;

$v_C$ ,  $\rho_C$  - кінематична в'язкість і густина суміші нейтрального диспергованого реагенту і нейтрального газу, відповідно;

$\sigma_{КП}$ ,  $\rho_{КП}$  - коефіцієнт поверхневого натягнення і густина компонента палива, відповідно;

$g$  - прискорення вільного падіння на поверхні Землі;

$n_{\chi}$  - осьове перевантаження.

2. Спосіб наддуву за п. 1, який **відрізняється** тим, що турбулентні вихрові кільця з суміші диспергованого реагенту і нейтрального газу формують у вигляді еліпсоїдних вихрових кілець.

3. Спосіб наддуву за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що вихрові кільця з суміші диспергованого реагенту і нейтрального газу формують з частотою  $10 < f < 20$  Гц, відмінною від близько розташованих значень частот власних коливань поверхні компонента палива.

4. Спосіб наддуву за пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що кількість диспергованого реагенту в порції його суміші з нейтральним газом, з якої формують вихрові кільця, змінюють при відхиленні тиску у вільному газовому об'ємі паливного бака від його заданого значення узгоджено, збільшуючи його при зменшенні тиску або зменшуючи при його збільшенні.

5. Пристрій наддуву паливного бака ракети-носія високотемпературним газом, що генерується у внутрішньобаковому просторі при взаємодії компонента палива з диспергованим реагентом, що створює з ним самозаймисту паливну пару, який містить джерело нейтрального газу високого тиску, ємність з реагентом і пристрій для подачі регульованих - по відхиленню тиску в баку від заданого значення - імпульсів витрати диспергованого реагенту на поверхню компонента палива в баку, який **відрізняється** тим, що джерело нейтрального газу високого тиску сполучене магістраллю з газовим редуктором з газопроводом для подачі нейтрального газу в бак, газовід виконаний таким чином, що він закінчується газодинамічним генератором імпульсів витрати, у стінці пневматичної камери якого встановлено форсунку для диспергування реагенту, сполучену з забірним пристроєм ємності з реагентом магістраллю, що містить зворотний клапан і регулюючий витрату реагенту редукційний гідравлічний клапан, управляюча порожнина якого виконана такою, що сполучається з вільним газовим об'ємом паливного бака, а на виході з газодинамічного генератора імпульсів витрати встановлено насадок дифузорового типу.



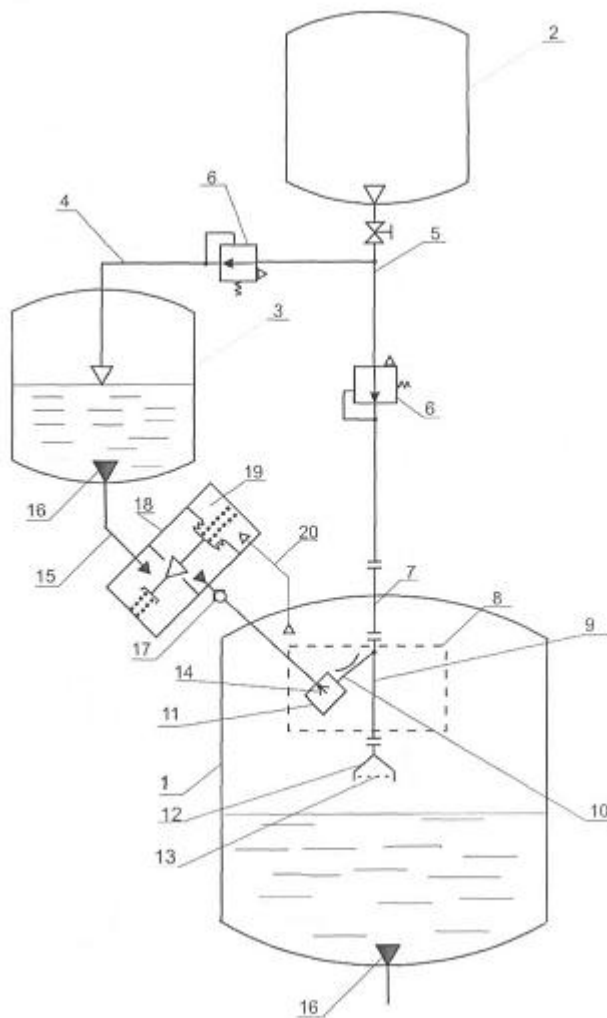
6. Пристрій за 5, який **відрізняється** тим, що у вихідному перерізі насадки дифузорного типу встановлено діафрагму з отворами, відстань між осями яких відповідає співвідношенню  $d_{отв} < l < 1,635d_{отв}$ ,

де  $l$  - відстань між отворами;

5  $d_{отв}$  - діаметр отвору.

7. Пристрій за 5, 6, який **відрізняється** тим, що за наявності на ракеті-носії двох баків з різними компонентами палива, які створюють самозаймисту паливну пару, у кожному баку встановлено додатковий забірний пристрій, сполучений трубопроводом з входом у магістраль подачі диспергованого реагенту в пневматичну камеру газодинамічного генератора імпульсів витрати іншого бака.

10



Фіг. 1

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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