



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45203 (13) A

(51) 7 B64G5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) СПОСІБ ЗАПРАВЛЕННЯ БАГАТОСТУПІНЧАСТОЇ РАКЕТИ-НОСІЯ РІДКИМ КИСНЕМ

1

2

(21) 2001064183

(22) 18 08 2001

(24) 15 03 2002

(46) 15 03 2002, Бюл. № 3, 2002 р.

(72) Федоров Володимир Миколайович, Мокін  
Олександр Васильович, Піягіна Людмила Воло-  
димирівна, Поляков Володимир Юр'євич(73) ДЕРЖАВНЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО  
"ПІВДЕННЕ" ІМ М. К. ЯНГЕЛЯ

(57) Спосіб заправки багатоступінчастої раке-  
ти-носія рідким киснем, який базується на послідо-  
вному заправленні двох баків, один із котрих теп-  
лоізоляований рідким киснем з різною температу-  
рою по одній заправній магістралі з клапанами, мі-  
стить операції подачі рідкого кисню з великим і ма-  
лим витрачанням та витрачанням живлення по си-  
гналах системи контролю рівня (СКР), а також пе-  
реохолодження рідкого кисню наземною системою  
заправки до низької температури і його зливу,  
який **відрізняється** тим, що в ньому рідкий кисень  
з витрачанням живлення і високою температурою  
подають в нетеплоізоляований бак протягом зада-  
ного часу до заохолодження заправної магістралі,

потім переходять на велике витрачання і послідов-  
но подають рідкий кисень у теплоізоляований бак,  
протягом до 1 хвилини і теплоізоляований бак, у  
міру заповнення котрого по сигналах СКР перехо-  
дять на мале витрачання і переохолодження рід-  
кого кисню наземною системою заправки до  
низької температури, а потім припиняють подачу  
рідкого кисню у теплоізоляований бак і почина-  
ють його подачу у теплоізоляований бак, після за-  
повнення теплоізоляованого бака по сигналах СКР  
припиняють переохолодження рідкого кисню назе-  
мною системою заправки до низької темпера-  
тури, припиняють його подачу у теплоізоляований  
бак і починають його подачу у нетеплоізоляований  
бак, по закінченні заповнення котрого по сигналу  
СКР переходять на витрачання живлення, причо-  
му кількість рідкого кисню з низькою температу-  
рою, який подається у теплоізоляований бак як  
до, так і після заправки теплоізоляованого ба-  
ка, складає не більш 1 об'єму заправної магістралі,  
при цьому співвідношення величин малого і вели-  
кого витрачання, а також співвідношення витра-  
чання живлення і малого витрачання складає 1 2

Винахід відноситься до ракетно-космічної тех-  
ники і може бути використані багатоступінчастих  
ракетах-носіях середнього та важкого класів для  
заправлення їх паливних баків рідким киснем

Відомі різні способи заправки ракет-носіїв  
(РН). Так, по книзі "Космодром" під ред. А. П. Воль-  
ского, Воєніздат, М., 1977, с. 178, 229 - 232 відомим  
є спосіб заправки багатоступінчастої РН рідким  
киснем, котрий ґрунтується на заправленні баків  
рідким киснем по заправним магістралям з клапа-  
нами і містить операції подачі рідкого кисню з ве-  
ликим і малим витрачанням та витрачанням жив-  
лення, а також його зливу

Такий спосіб використовується під час заправки  
РН важкого класу "Сатурн-5". Кожному ба-  
ку РН підводиться окрема заправна магістраль. Усі  
заправні магістралі прокладені вздовж кабель-за-  
правної башти. Заправка баків здійснюється на-  
земною системою заправки в автоматичному  
режимі таким чином

заповнення баку на малому витрачанні (5 - 7%  
об'єму бака) протягом 2 - 5 хвилин для заохоло-  
дження його конструкції. Використання малого ви-  
трачання на початку заправки обумовлено ін-  
тенсивним випаровуванням рідкого кисню та мож-  
ливістю проходження утвореного газоподібного ки-  
сню крізь дренажні клапани,

заповнення баку на великому витрачанні (90 -  
96%),

дозаправки баку на малому витрачанні для  
забезпечення високої точності дозування кисню,

подача в бак рідкого кисню з витрачанням жи-  
влення для компенсації втрат кисню на випарову-  
вання під час знаходження РН на стартовій споруді  
перед пуском

В процесі заправки перехід з великого ви-  
трачання на мале і з малого витрачання на витра-  
чання живлення здійснюється за допомогою систе-  
ми контролю рівня (СКР), датчики котрої встанов-  
лені усередині кожного баку і забезпечують задану

(13) A

(11) 45203

(19) UA

кількість рідкого кисню в баці, тобто дозування. При цьому СКР, яка встановлена в баці, управляє процесом заправлення тільки цього бака і видає відповідні сигнали в наземну систему заправлення (див "Космонавтика", енциклопедія, під ред В П Глушко, "Советська енциклопедія", М., 1985, с 118) Баки РН заправляються паралельно.

Перед пуском припиняється живлення баків і заправні магістралі автоматично відстикувуються від РН. У процесі пуску на початку підйому РН від неї відстикувуються зливні магістралі рідкого кисню. У випадку відміни пуску після відстикування заправних магістралей, злив рідкого кисню з баків РН здійснюється по зливним магістралям в наземну систему заправлення.

Температура рідкого кисню становить від мінус 180°C до мінус 183°C.

Верхні ступені РН можуть знаходитися в польоті тривалий час від 30хв до кількох годин. Протягом цього часу рідкий кисень значно нагрівається і інтенсивно випаровує, що призводить до суттєвих його втрат і зниженню енергетичних можливостей РН. Для зменшення втрат кисню, бак верхньої ступені заправляють переохолодженим рідким киснем від окремої системи заправлення (див "Космодром", під ред А П Вольського, Воєніздат, М., 1977, с 140, 158), а поверхню баку теплоізолювана (див "Ракети-носії", під ред С О Осипова, Воєніздат, М., 1981, с 183). Температура переохолодженого рідкого кисню становить від мінус 183 °C до мінус 200°C.

Перевагою цього способу заправлення є мала довжина заправних магістралей (4-6 м), прокладених по РН, що знижує її вагу. Однак цьому способу притаманні наступні недоліки, які знижують експлуатаційні характеристики РН.

низька надійність, тому що перед пуском необхідно автоматично відстикувати від РН велику кількість (відповідно кількості баків) заправних магістралей і забезпечити їх безударне відведення від РН,

велика тривалість підготовки РН до повторного пуску, тому що у випадку відміни пуску після відстикування заправних магістралей, їх відстикування здійснюється робітниками з площадок кабель-заправної башти протягом 1 - 2 годин,

велика кількість обслуговуючого персоналу (до 10 чоловік).

Найближчим до запропонованого технічного рішення є вибраний як прототип- спосіб заправлення, котрий втілюється в пристрої, який описан у книзі "Космодром", під ред А П Вольського, Воєніздат, М., 1977, с 149, 224. Вказаний спосіб ґрунтується на послідовному заправленні двох баків, один з котрих теплоізолюван, рідким киснем з різною температурою по одній заправній магістралі з клапанами і містить операції подачі рідкого кисню з великим і малим витрачанням та витрачанням живлення по сигналам СКР, а також переохолодження рідкого кисню наземною системою заправлення до низької температури і його зливу.

Заправлення баків рідким киснем здійснюється наступним чином.

заповнення нетеплоізолюваного баку послідовно на малому витрачанні, великому витрачанні та малому витрачанні з високою температурою рідко-

го кисню,

злив рідкого кисню з високою температурою із заправної магістралі,

заповнення теплоізолюваного баку на малому витрачанні з низькою температурою. Тривалість заповнення становить 1 годину (при цьому тривалість заохолодження баку – 20 - 30хв). У цей час кисень у нетеплоізолюваному баку випаровує,

злив рідкого кисню з низькою температурою із заправної магістралі,

дозаправлення нетеплоізолюваного баку на малому расході з високою температурою,

подача в нетеплоізолюваний бак рідкого кисню з витрачанням живлення і високою температурою.

Перед пуском здійснюється злив рідкого кисню із заправної магістралі РН і відстикування наземної заправної магістралі.

Кожен з двох процесів зливу рідкого кисню із заправної магістралі з подальшим її заповненням триває 5 -10хв.

Заправна горловина заправної магістралі розташована на хвостовому відсіку першої ступені і дозволяє забезпечити автоматичне стикування (відстикування) до неї наземної магістралі. Загальна довжина заправної магістралі для РН середнього та важкого класів становить 30-40м, а її діаметр – 100 - 150мм.

Заповнення кожного баку рідким киснем контролюється СКР, яка встановлена у цьому баку. Початок заправлення теплоізолюваного баку, а потім нетеплоізолюваного баку здійснюється по датчикам, котрі встановлені в наземній системі заправлення і контролюють закінчення зливу рідкого кисню із заправної магістралі.

Теплоізолюваний бак повинен заправлятися останнім, при цьому тривалість його перебування після закінчення заправлення до пуску повинно бути мінімальним, щоб забезпечити мінімальний прогрів переохолодженого кисню.

Переохолодження рідкого кисню здійснюється криогеними рідинами в наземній системі заправлення.

рідким азотом - до мінус 196°C. Це найпростіший і дешевий варіант, котрий забезпечує тривалість перебування до 20хв.

рідкими водородом або гелієм - до 200°C. Це найбільш складний і дорогий варіант, котрий забезпечує тривалість перебування до 40хв.

Тривалість перебування у відомому способі складає до 35хв, а саме.

злив рідкого кисню із заправної магістралі з подальшим її заповненням – 5 - 10хв.

дозаправлення нетеплоізолюваного баку – 5 - 10хв.

живлення нетеплоізолюваного баку протягом 8 - 10хв. Це резерв часу, необхідний для компенсації непередбачених втрат кисню на випаровування і зменшеного витрачання рідкого кисню.

злив рідкого кисню із заправної магістралі і відстикування наземної магістралі - 7хв.

Цей спосіб має високу надійність і низьку трудомісткість, однак і він має недоліки, а саме.

велика тривалість процесу заправлення (2,5 - 3 години), тому що потрібно багато часу на заохолодження конструкції теплоізолюваного баку і

елементів автоматики зв'язаного з ним двигуна, а також на два процеси зливу рідкого кисню із заправної магістралі і наступного її заповнення,

підвищений тиск в теплоізолюваному баку, тому що подача рідкого кисню на малому расході на початку заправлення по довгій заправній магістралі призводить до інтенсивного випаровування рідкого кисню і утворення великої кількості газоподібного кисню,

велика потужність холодильного центру наземної системи заправлення, тому що переохолодження рідкого кисню потрібно здійснювати водородом або гелієм,

великі втрати рідкого кисню на випаровування через тривалість процесу заправлення

Основною задачею запропонованого винаходу є підвищення експлуатаційних характеристик РН, що забезпечується вирішенням наступних питань

безперервністю подачі рідкого кисню в заправну магістраль,

проведенням заохолодження теплоізолюваного баку паралельно з заправленням нетеплоізолюваного баку

Вирішення вказаних питань дозволяє скоротити тривалість заправлення РН на ~1 годину і тривалість перебування теплоізолюваного баку після заправлення до пуску на ~15хв

Це досягається наступним чином

а) рідкий кисень безперервно подають в заправну магістраль, а по сигналам СКР в процесі заправлення виконують наступні операції

переходять з одного витрачання рідкого кисню на друге,

переходять на подачу рідкого кисню послідовно то в один бак, то в другий,

переохолоджують рідкий кисень до низької температури,

б) операції по заохолодженню теплоізолюваного баку і заправленню нетеплоізолюваного баку виконують паралельно, для чого рідкий кисень подають спочатку в теплоізолюваний бак протягом до 1хв, а потім в нетеплоізолюваний бак, після заповнення котрого рідкий кисень подають в теплоізолюваний бак. Таким чином початкова порція рідкого кисню, котра випаровує протягом часу заправлення нетеплоізолюваного баку, заохолоджує конструкцію теплоізолюваного баку і елементи автоматики з'єднаного з ним двигуна,

в) рідкий кисень подають з витрачанням живлення у нетеплоізолюваний бак на початку заправлення для заохолодження довгої заправної магістралі,

г) використовують витрачання рідкого кисню у співвідношенні 1:2, що дозволяє застосовувати максимально можливі витрачання, при котрих процес випаровування рідкого кисню не створює високий тиск у баках РН,

д) у нетеплоізолюваний бак, заправлений рідким киснем з температурою мінус 182°C, подають рідкий кисень з температурою мінус 196°C як до, так і після заправлення теплоізолюваного баку у кількості не більш 1 об'єму заправної магістралі (сумарно до 2-х об'ємів), що не чинить впливу на працездатність двигуна і гарантовано забезпечить подачу рідкого кисню з температурою мінус 196°C в теплоізолюваний бак, тому що попадання туди

рідкого кисню з температурою мінус 182°C не дозволяється

Поставлена задача вирішується таким чином, що в запропонованому способі рідкий кисень з витрачанням живлення і високою температурою подають в нетеплоізолюваний бак протягом заданого часу до заохолодження заправної магістралі, потім переходять на велике витрачання і послідовно подають рідкий кисень в теплоізолюваний бак протягом до 1 хвилини і нетеплоізолюваний бак, по мірі заповнення котрого по сигналам СКР переходять на мале витрачання і переохолодження рідкого кисню наземною системою заправлення до низької температури. Потім припиняють подачу рідкого кисню в нетеплоізолюваний бак і починають його подачу в теплоізолюваний бак. Після заповнення теплоізолюваного баку по сигналам СКР припиняють переохолодження рідкого кисню наземною системою заправлення до низької температури, припиняють його подачу в теплоізолюваний бак і починають його подачу в нетеплоізолюваний бак, по закінченню заповнення котрого по сигналам СКР переходять на витрачання живлення

Для пояснення способу заправлення додається креслення, на якому схематично показан пристрій, у котрому втілюється даний спосіб, і його детальний опис

Трьохступінчаста ракета-носіє 1 встановлена на стартовій споруді 2 і містить три баки 3, 4, 5 окислювача, в котрих встановлені відповідно системи 6, 7, 8 контролю рівня, дві заправні магістралі 9, 10 окислювача з клапанами 11, 12, 13, три дренажних клапани 14, 15, 16. Бак 5 окислювача третьої ступені виконай з теплоізоляцією 17. В баках 3, 4, 5 рідкий кисень заправляється відповідно до рівней 18, 19, 20, а в бак 4 другої ступені є попередній рівень 21. Баки 3 і 4 виконані без теплоізоляції.

Біля стартової споруди 2 розташована наземна система заправлення 22, котра складається із цистерни 23 для рідкого кисню з високою температурою, двох насосів 24 і 25, двох вентилей 26 і 27, холодильного центру 28 з рідким азотом. На стартовій споруді 2 встановлено два агрегати 29 і 30 для автоматичного підстикування (відстикування) заправних магістралей відповідно окислювача і пального

Заправлення ракети-носія рідким киснем по запропонованому способу здійснюється таким чином. Спосіб розглянуто стосовно до заправлення моноблочної РН середнього класу зі стартовою вагою до 500т

Для проведення заправлення рідким киснем до РН 1 підстикують агрегат 29. Агрегат 30 для заправлення пального показан у відстикуваному положенні. Потім вмикають насоси 24 і 25, котрі подають рідкий кисень з високою температурою мінус 182°C відповідно по заправним магістралям 9 і 10 в баки 3 і 4, 5. При цьому клапан 12 і вентиль 27 відкриті, а клапан 13 і вентиль 26 закриті і насос 25 подає рідкий кисень з витрачанням живлення на протязі 20 хв у бак 4 для заохолодження заправної магістралі 10. На початку процесу заохолодження увесь рідкий кисень випаровує і виходить крізь дренажний клапан 15 в атмосферу,

а наприкінці процесу, по мірі охолодження заправної магістралі 10, в бак 4 попадає частина рідкого кисню, який охолоджує бак 4. Тому що витрачання живлення мале, то дренажний клапан 15 дозволяє пропустити увесь газоподібний кисень без збільшення тиску у баці 4.

Бак 3 першої ступені заправляється окремо і паралельно з баками 4 і 5.

Після захоплення заправної магістралі 10, за допомогою насоса 25 переходять на велике витрачання, для забезпечення мінімального часу заправлення. При цьому клапан 12 закривають, а клапан 13 відкривають і рідкий кисень з температурою мінус 182°C поступає в бак 5 протягом 15 секунд для охолодження його конструкції та елементів автоматики двигуна третьої ступені (в залежності від об'єму баку 5 і температури переохолодження рідкого кисню цей час може складати 10 - 60 секунд). Кисень, який випаровує, виходить крізь дренажний клапан 16.

Потім клапан 13 закривають, відкривають клапан 12 і рідкий кисень з великим витрачанням і температурою мінус 182°C поступає в бак 4. По мірі заповнення баку 4 досягається попередній рівень 21 і СКР 7 видає сигнали в наземну систему заправлення 22, де насос 25 переходить на мале витрачання, вентиль 27 закривають, а вентиль 26 відкривають. У результаті цього рідкий кисень переохолоджується до більш низької температури мінус 196°C в холодильному центрі 28 і починає поступати в заправну магістраль 10. При подальшому заповненні баку 4 до рівня 19, СКР 7 видає сигнали на закриття клапана 12 і відкриття клапана 13. У результаті цього рідкий кисень з малим витрачанням і температурою мінус 196°C починає поступати у бак 5.

Об'єм баку 4 між рівнями 21 і 19 перевищує об'єм заправної магістралі 10, тому переохолоджений кисень гарантовано попадає в бак 5, а об'єм переохолодженого кисню, який попав в бак 4, не перевищує об'єму заправної магістралі 10 і складає 0,5 м<sup>3</sup>. Час заповнення баку 4 до рівня 19 складає 60 хв, протягом цього ж часу здійснювалось охолодження баку 5 та елементів автоматики двигуна третьої ступені.

Заповнення баку 5 триває 30 хв і при досягненні рівня 20 СКР 8 видає сигнали на закриття вентилів 26 і відкриття вентилів 27, а також закриття клапана 13 і відкриття клапана 12. У результаті цього починається дозаправлення баку 4 для компенсації кисню, який випаровував у процесі заповнення баку 5. На початку дозаправлення у бак 5 поступає переохолоджений кисень з температу-

рою мінус 196°C, об'єм якого не перевищує об'єму заправної магістралі 10 (тобто 0,5 м<sup>3</sup>), а потім в бак 5 поступає рідкий кисень з більш високою температурою мінус 182°C. При цьому об'єм кисню, який випаровував із баку 4 протягом заповнення баку 5, перевищує об'єм заправної магістралі 10.

При досягненні рівня 19, СКР 7 видає сигнал в наземну систему заправлення 22 і насос 25 переходить на витрачання живлення. Дозаправлення баку 4 триває 4 хв, а загальний час заправлення ракети-носія 1 складає 1 годину 45 хв.

Після дозаправлення баку 4 здійснюється живлення протягом 9 хв. Це резервний час для компенсації можливих додаткових втрат кисню і зменшеного витрачання рідкого кисню, який подається наземною системою заправлення 22.

Потім із заправної магістралі 10 зливають рідкий кисень в наземну систему заправлення 22 протяг 5 хв.

Після зливу кисню протягом 2 хв відстикуивають агрегат 29 і відводять його у сховище.

Загальний час перебування баку 5 з переохолодженим киснем до пуску після його заповнення складає 20 хв. При цьому кисень прогрівається до мінус 193°C, що є припустимим.

Величини витрачання під час заправлення рідкого кисню:

велике витрачання – 800 - 1000 л/хв,  
мале витрачання – 300 - 550 л/хв,  
витрачання живлення – 190 - 210 л/хв.

Вказані величини витрачання знаходяться у співвідношенні 1 : 2.

Сумарно у бак 4 поступає до 1 м<sup>3</sup> рідкого кисню з температурою мінус 196°C.

Насос 25 безперервно подає рідкий кисень в заправну магістраль 10, а по командам СКР 7 і 8 здійснюються наступні операції:

перехід з одного витрачання рідкого кисню на друге за допомогою насоса 25,

перехід на подачу рідкого кисню то в бак 4, то в бак 5 за допомогою клапанів 12 і 13,

переохолодження рідкого кисню до низької температури за допомогою холодильного центру 28 і вентилів 26, 27.

У випадку, відміни пуску агрегати 29 і 30 автоматично підстикуиваються до зіпсованої РН 1 протягом 2 хв і здійснюється злив пального і окислювача із баків, а після усунення неполадки можливе повторне заправлення РН 1 і її пуск.

У теперішній час запропонований спосіб проходить експериментальне відпрацювання і буде втілен при заправленні перспективної РН, яка використовується для комерційних пусків.

