

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

Відомі різні способи заправлення ракет-носіїв (РН). Так, по книзі "Космодром" під ред. А.П. Вольського, Воєніздат, М., 1977, с.178, 229 - 232 відомим є спосіб заправлення багатоступінчастої РН рідким киснем, котрий ґрунтується на заправленні баків рідким киснем по заправним магістралям з клапанами і містить операції подачі рідкого кисню з великим і малим витрачанням та витрачанням живлення, а також його зливу.

Такий спосіб використовується під час заправлення РН важкого класу "Сатурн-5". К кожному баку РН підводиться окрема заправна магістраль. Усі заправні магістралі прокладені вздовж кабель-заправної башти. Заправлення баків здійснюється наземною системою заправлення в автоматичному режимі таким чином:

- заповнення баку на малому витрачанні (5 - 7% об'єму бака) протягом 2 - 5 хвилин для захолодження його конструкції. Використання малого витрачання на початку заправлення обумовлено інтенсивним випаровуванням рідкого кисню та можливістю проходження утвореного газоподібного кисню крізь дренажні клапани;

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

- дозаправлення баку на малому витрачанні для забезпечення високої точності дозування кисню;

- подача в бак рідкого кисню з витрачанням живлення для компенсації втрат кисню на випаровування під час знаходження РН на стартовій споруді перед пуском.

В процесі заправлення перехід з великого витрачання на мале і з малого витрачання на витрачання живлення здійснюється за допомогою системи контролю рівня (СКР), датчики котрої встановлені усередині кожного баку і забезпечують задану кількість рідкого кисню в бакі, тобто дозування. При цьому СКР, яка встановлена в бакі, управляє процесом заправлення тільки цього бака і видає відповідні сигнали в наземну систему заправлення (див. "Космонавтика", енциклопедія, під ред. В.П.Глушко, "Совєтська знциклопедія", М., 1985, с.118). Баки РН заправляються паралельно.

Перед пуском припиняється живлення баків і заправні магістралі автоматично відстикувються від РН. У процесі пуску на початку підйому РН від неї відстикувються 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 поверхня баку теплоізовьована (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 підстикування 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 теплоізовьован, 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 нетеплоізовьованого баку послідовно на малому витрачанні, великому витрачанні та малому витрачанні з високою температурою рідкого кисню;

- злив рідкого кисню з високою температурою із заправної магістралі;

- заповнення теплоізовьованого баку на малому витрачанні з низькою температурою. Тривалість заповнення становить 1 годину (при цьому тривалість захолодження баку – 20 - 30хв.). У цей час кисень у нетеплоізовьованому баку випаровує;

- злив рідкого кисню з низькою температурою із заправної магістралі;

- дозаправлення нетеплоізовьованого баку на малому расході з високою температурою;

- подача в нетеплоізовьований 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 теплоізоляованого баку, а потім нетеплоізоляованого баку здійснюється по датчикам, котрі встановлені в наземній системі заправлення і контролюють закінчення зливу рідкого кисню із заправної магістралі.

Теплоізоляований 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 кріогеними рідинами в наземній системі заправлення:

рідким азотом - до мінус 196°C. Це самий простий 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 нетеплоізоляованого баку – 5 - 10хв.;

живлення нетеплоізоляованого 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 теплоізоляованого 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 теплоізоляованому 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 винахіду є підвищення експлуатаційних характеристик РН, що забезпечується вирішенням наступних питань:

безперервності подачі рідкого кисню в заправну магістраль;

проведенням заохолодження теплоізоляованого баку паралельно з заправленням нетеплоізоляованого баку.

Вирішення вказаних питань дозволяє скоротити тривалість заправлення РН на ~1 годину і тривалість перебування теплоізоляованого 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 теплоізоляованого баку і заправленню нетеплоізоляованого баку виконують паралельно, для чого рідкий кисень подають спочатку в теплоізоляований бак протягом до 1хв., а потім в нетеплоізоляований бак, після заповнення котрого рідкий кисень подають в теплоізоляований бак. Таким чином початкова порція рідкого кисню, котра випаровує протягом часу заправлення нетеплоізоляованого баку, заохолоджує конструкцію теплоізоляованого баку і елементи автоматики з'єднаного з ним двигуна;

в) рідкий кисень подають з витрачанням живлення у нетеплоізоляований 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 нетеплоізоляований бак, заправлений рідким киснем з температурою мінус 182°C, подають рідкий кисень з температурою мінус 196°C як до, так і після заправлення теплоізоляованого 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 теплоізоляований 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 нетеплоізоляований бак протягом заданого часу до заохолодження заправної магістралі, потім переходять на велике витрачання і послідовно подають рідкий кисень в теплоізоляований бак протягом до 1 хвилини і нетеплоізоляований 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 нетеплоізоляований бак і починають його подачу в теплоізоляований бак. Після заповнення теплоізоляованого 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 бакі 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 підстиковивають агрегат 29. Агрегат 30 для заправлення пального показан у від стикованому 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 бакі 4.

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

Після заохолодження 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 заохолодження 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 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 0,5м³. Час заповнення баку 4 до рівня 19 складає 60хв., протягом цього ж часу здійснювалось заохолодження баку 5 та елементів автоматики двигуна третьої ступені.

Заповнення баку 5 триває 30хв. і при досягненні рівня 20 СКР 8 видає сигнали на закриття вентиля 26 і відкриття вентиля 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 температурою мінус 196°C, об'єм котрого не перевищує об'єму заправної магістралі 10 (тобто 0,5м³), 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 4хв., а загальний час заправлення ракети-носія 1 складає 1 годину 45хв.

Після дозаправлення баку 4 здійснюється живлення протягом 9хв. 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 5хв.

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

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

Величини витрачання під час заправлення рідкого кисню:

велике витрачання – 800 - 1000л/хв.;

мале витрачання – 300 - 550л/хв.;

витрачання живлення – 190 - 210л/хв.

Вказані величини витрачання знаходяться у співвідношенні 1:2.

Сумарно у бак 4 поступає до 1м³ 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 вентилей 26, 27.

У випадку, відміни пуску агрегати 29 і 30 автоматично підстиковиваються до зіпсованої РН 1 протягом 2хв. 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.

