

DOI: 10.18372/2310-5461.63.19762
УДК 62-56+62-93-022.334.4 (045)

Б. Є. Журиленко, канд. фіз.-мат. наук, с.н.с., доцент
ДНП «Державний університет «Київський авіаційний інститут»,
orcid.org/0000-0003-2980-5630
e-mail: zhurylenko@gmail.com

ПРИНЦИП РОБОТИ МЕХАНІЧНОГО ІНЕРЦІЙНОГО ІМПУЛЬСНОГО РУШІЯ

Вступ

Багаторазові повітряно-космічні системи давно розглядаються як перспективна заміна одноразових ракет. Створення корабля покоління («космічного ковчега») для організації міжзоряних польотів можливо при вирішенні проблем, однією з яких є проблема вибору двигуна.

Раніше в якості двигуна пропонувалося космічне вітрило, яке працює тільки в один бік, а треба ще гальмувати космічні системи, не кажучи вже про подальші маневри, і вітрило вимагає колосальної падаючої енергії протягом часу польоту.

Сучасна космонавтика базується на хімічних ракетних двигунах (РД), які створюють потяг за рахунок використання потенційної хімічної енергії робочого тіла (в даному випадку хімічного ракетного палива). З цих РД найбільший питомий імпульс мають рідинні ракетні двигуни (РРД). Така рушійна установка містить роздільні баки з рідким окиснювачем і паливом, камеру згоряння, куди надходять компоненти палива, та відцентрові насоси для подачі в неї пального, що мають привід від газової турбіни. Реактивні (паливні) ступінчасті двигуни (як і гравітаційні маневри біля планет-гігантів) можуть використовуватися лише зрідка при старті проекту і при його прильоті до точки призначення.

Найкращими кандидатами в двигуни для космічних апаратів на даний момент можуть бути ядерні і термоядерні реактори та іонні двигуни [1–6]. Адже потрібний не лише розгін, а й приблизно такі ж витрати на гальмування. Не кажучи вже про якісь інші маневри у пункті призначення. Але і у цих видів двигунів є маса недоліків, оскільки вони споживають чималу кількість ресурсів, а також потребують висококласних фахівців на всіх стадіях польоту і в постачальницьких заводах – як для ремонту та заміни окремих елементів, так і для заміни такого двигуна взагалі.

Варто підкреслити, що створення принципово нового виду двигуна, що скорочує час перельоту між планетами до розумних меж, вирішить відразу майже всі інші проблеми «космічного ковчега», тобто не потрібно буде кілька поколінь для перельоту, якщо впадеться один екіпаж.

Постановка проблеми

Для переміщення космічних апаратів з космонавтами у космічному просторі на великі відстані необхідні ефективні системи двигунів та рушіїв для розгону апарату до потрібних швидкостей. Це, відповідно, зменшить час перебування космонавтів в умовах де є радіація та інші шкідливі впливи для їхнього здоров'я, і зменшить час перельоту.

Для забезпечення тривалого перельоту на велику відстань за допомогою реактивного двигуна потрібно мати великий запас хімічного палива і двигун з рушієм, який би забезпечив ефективну роботу цього рушіїв з малою або з достатньою для завершення тривалого перельоту витратою палива [3–6]. Для того, щоб надати космічному апарату з хімічним запасом палива швидкість 7 км/с з витіканням реактивних газів 3,5 км/с, потрібно відношення маси апарату до маси хімічного палива 1:9. А прискорення до швидкості 15 км/с з тим же витіканням реактивних газів відношення буде вже 1:100.

Принцип реактивного руху, що використовується для розгону космічних апаратів, потребує великого запасу хімічного палива, що значно збільшує відношення маси космічних апаратів до маси хімічного палива. А збільшення маси апаратів потребує застосування більш потужних реактивних двигунів і ще більшого запасу палива. На сьогодні, крім реактивних хімічних двигунів розроблені іонні, плазмові та інші двигуни [3–6], які використовують реактивну тягу і теж потребують запас палива, хоча й меншого ніж хімічні. Їхня ефективність для розгону космічного апарату представляє досить малу величину через малу величину реактивної тяги. Ці двигуни через малий реактивний імпульс застосовуються лише для коригування руху космічних апаратів.

З іншого боку, існує так звана псевдонаукова концепція, що пов'язана з інерційними рушійми, і має дві протилежні думки: одна вказує на те, що такий рушій у замкнутій системі (наприклад, космічний апарат) побудувати не можна, а друга навпаки – можна і наводяться моделі, що працюють у земних умовах, дія яких не завжди однозначно пояснюється. Це пов'язано з тим, що

автори цих моделей не завжди з наукової точки зору пояснюють, чому працює та чи інша модель. Крім того, відсутність наукового підходу призводить до двоякого пояснення цього ефекту. Хотілося б, щоб цю проблему було вирішено з наукового погляду. Адже, якщо псевдонаукова концепція інерційного рушія хибна і можна побудувати такий рушій, то він вирішив би деякі серйозні проблеми, що пов'язані з польотами, як у космосі, так і на Землі.

За наявності такого рушія можна створити ідеальний космічний апарат, в якому використовується електродвигун [7] і імпульсний механічний інерційний рушій. Джерелом електричної енергії з тривалим терміном роботи для живлення електродвигуна будуть використовуватися сонячні панелі або електрогенератор, що працює від атомного реактора. Ці джерела електричної енергії вже розроблені та застосовуються на космічних апаратах. У запропонованому випадку для реактивних двигунів нема потреби запасатися великою кількістю хімічного палива, джерелом електричної енергії буде атомний реактор або сонячні панелі, що будуть живити електродвигун з імпульсним інерційним механічним рушієм. В конструкції такого космічного апарату маса буде майже постійною протягом всього тривалого часу перельоту.

Треба зазначити, що на сьогодні принцип роботи імпульсного інерційного механічного рушія в науковій літературі майже не розглядається, тому потребує додаткових досліджень і теоретичних розрахунків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В Інтернеті надано багато різних практичних моделей, що забезпечують рух цих моделей за рахунок інерційних рухів в земних умовах. Є багато патентів з такими рушіями, а також публікації в наукових журналах [8–9]. Перші демонстрації руху з інерційним рушієм були представлені ще в тридцятих роках минулого століття. Максимум робіт і патентів приходить на 70–80 роки минулого століття. В наступний час є роботи по інерційним рушіям в науковій літературі [8, 9], але проблема інерційних рухів залишилася невирішеною і неможливість їх роботи в космосі теоретично і експериментально недовказаними. Тому проблема інерційних рухів стала псевдонауковою концепцією і потребує теоретичних і експериментальних досліджень.

Мета статті

Теоретично показати або спростувати можливість створення механічного інерційного рушія для перельотів у космічному просторі та земних умовах.

Виклад основного матеріалу

Космічний апарат з інерційним імпульсним механічним рушієм з енергетичної точки зору і кількості руху є замкнутою механічною системою. Щоб показати можливість розгону апарату в космосі, необхідно теоретично розглянути можливість створення такого імпульсного механічного рушія.

Відомо, що у замкнутій системі сума потенційної E_n та кінетичної E_k енергій залишається постійною для поступального та обертального рухів, якщо енергія не додається у систему. Вважаємо, що енергія в замкнуту систему додається за рахунок кінетичної енергії, тобто за кожний оберт обертального руху. Отже, повна енергія буде

$$E = E_n + E_k = \text{const}, \quad E_n = (m_1 + m_2)gS, \quad (1)$$

$$E_k = J \cdot \frac{\omega^2}{2}.$$

де m_1 – маса рушія; m_2 – маса всієї системи без рушія; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; S – шлях переміщення системи при зміні кінетичної енергії; ω – кутова швидкість обертання інерційного рушія; J – момент інерції двигуна. В (1) момент інерції рушія обчислюється за формулою

$$J = \sum_i m_i r_i^2. \quad (2)$$

Для спрощення розрахунків, вважаємо в формулі (2), що m_i маса рушія зосереджена в точці на відстані R .

Відомо, що в замкнутій системі кінетична енергія може переходити до потенційної енергії і, навпаки, без зміни повної енергії. Але кінетична енергія не може повністю переходити в теплову енергію за рахунок обмеження взаємодії та тертя. Візьмемо зміну повної енергії у часі, отримаємо

$$\frac{dE}{dt} = 0. \quad (3)$$

Вважаємо, що момент інерції J змінюється у часі, тоді враховуючи (1) та (3), будемо мати

$$(m_1 + m_2)g \frac{dS}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ}{dt} + J\omega \frac{d\omega}{dt} = 0. \quad (4)$$

У обраній системі будемо вважати, що змінюється не кутова швидкість обертання, а момент інерції, що відповідає масі в поступальному русі.

Оскільки кутова швидкість не змінюється в часі, то $\frac{d\omega}{dt} = 0$. Отже, виходячи з (4), отримаємо

$$(m_1 + m_2)g \frac{dS}{dt} = -\frac{\omega^2}{2} \frac{dJ}{dt}. \quad (5)$$

Якщо момент інерції під час руху по колу не змінюється $\frac{dJ}{dt} = 0$, то переміщення $\frac{dS}{dt} = 0$.

Для зміни моменту інерції в часі (5), як приклад, візьмемо зміну за радіусом наступним чином

$$R_1 = r - \Delta r \sin \frac{\varphi}{2} \text{ для } 0 \leq \varphi \leq \pi, \quad (6)$$

$$R_2 = r - \Delta r \sin \frac{\pi}{2} \text{ для } \pi < \varphi < 2\pi, \quad (6a)$$

де r – максимальний радіус інерційного рушія; Δr – зміна радіуса інерційного рушія; φ – кут, по якому відбувається зміна радіуса інерційного рушія.

Знайдемо зміну моменту інерції у часі.

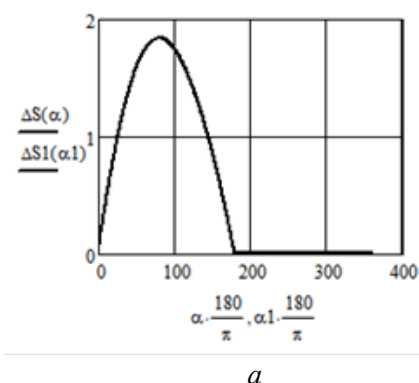
Для R_1 рівняння (6) зміна моменту інерції у часі буде

$$\begin{aligned} \frac{dJ(R_1)}{dt} &= \frac{dm_1 R_1^2}{dt} = m_1 2R_1 \frac{dR_1}{dt} = \\ &= m_1 R_1 (-\Delta r) \cos \frac{\varphi}{2} \frac{d\varphi}{dt}. \end{aligned} \quad (7)$$

Для R_2 рівняння (6a) зміна моменту інерції у часі буде

$$\frac{dJ(R_2)}{dt} = \frac{dm_1 R_2^2}{dt} = 0. \quad (7a)$$

З (7a) видно, що при постійному радіусі зміни моменту інерції при кутах $\pi < \varphi < 2\pi$ не буде, отже,



і не буде перетворення кінетичної енергії в потенційну енергію.

Підставляючи (7), (7a) до (5), отримаємо

$$(m_1 + m_2)g \frac{dS}{dt} = \frac{\omega^2}{2} m_1 R_1 (\Delta r) \cos \frac{\varphi}{2} \frac{d\varphi}{dt}. \quad (8)$$

Якщо у (8) перейти до кінцевих приростів $\Delta\varphi$, Δt і скоротити на Δt , отримаємо зміну ΔS шляху переміщення при зміні кінетичної енергії залежно від кута повороту інерційного рушія

$$\Delta S = \frac{m_1}{(m_2 + m_1)g} \frac{\omega^2}{2} R_1 \Delta r \cos \frac{\varphi}{2} \Delta\varphi. \quad (9)$$

На рис. 1, рис. 2 представлені розрахунки за формулою (9) зміни ΔS шляху переміщення при зміні кінетичної енергії в залежності від кута повороту інерційного рушія. У розрахунках використовувалася кутова швидкість $\omega = 315$ (рад/с), маса $m_1 = 0,001$ і $m_2 = 1$ у відносних одиницях, оскільки в розрахунках (9) є тільки відношення маси інерційного рушія до маси всього космічного апарату з рушієм.

Для рис. 1 обиралось $\Delta r = 0,5$, а для рис. 2 – $\Delta r = 0,95$.

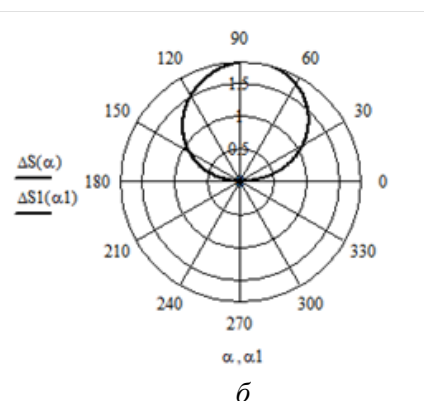


Рис. 1. Зміна ΔS шляху переміщення при зміні кінетичної енергії в залежності кута повороту інерційного рушія при $\Delta r = 0,5$: а – у декартових, б – полярних координатах

З рис. 1, рис. 2 видно, що максимум і кут максимуму переміщення залежать від величини переміщення Δr інерційного рушія.

Щоб дізнатися повний шлях переміщення всієї системи, враховуючи, що переміщення можливе

лише за зміни моменту інерції, тобто у сфері кутів від 0 до π , необхідно вираз (9) у цих межах проінтегрувати, отримаємо

$$S = \int_0^\pi \frac{m_1}{(m_2 + m_1)g} \frac{\omega^2}{2} R_1 \Delta r \cos \frac{\varphi}{2} d\varphi. \quad (10)$$

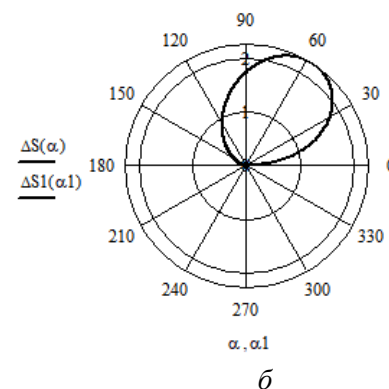
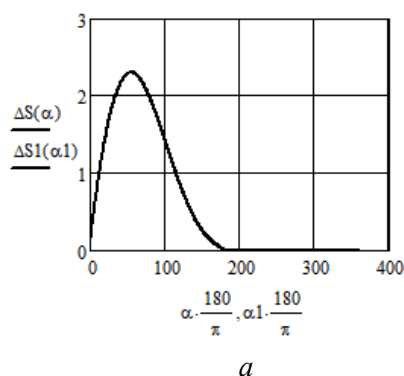


Рис. 2. Зміна ΔS шляху зміщення при зміні кінетичної енергії в залежності кута повороту інерційного рушія при $\Delta r = 0,95$; а – у декартових, б – полярних координатах

При раніше обраних параметрах інтеграл переміщення (10) дає $S = 3,787$ (метра) при $\Delta r = 0,5$ і $S = 3,8$ (метра) при $\Delta r = 0,95$. Максимальний шлях переміщення $S = 4,149$ (м) при обраному законі зміни радіусу буде приблизно при $\Delta r = 0,65$. Щоб розрахувати переміщення в напрямку координати +Y, рівняння (10) можна записати у вигляді

$$S_y = \int_0^\pi \frac{m_1}{(m_2 + m_1)g} \frac{\omega^2}{2} R_1 \Delta r \cos \frac{\varphi}{2} \sin \varphi d\varphi. \quad (10a)$$

Розрахунок по формулі (10a) при $\Delta r = 0,95$ дає $S_y = 2,91$ метра.

Слід також зазначити, що у потенційної енергії відсутній напрям шляху переміщення ΔS , є тільки його величина. Отже, щоб дізнатися про напрямок шляху переміщення, необхідно перейти до розгляду імпульсу сили та кількості руху в замкнутій системі.

В космосі можна вважати, що космічний апарат переміщується через відсутність силового поля, тобто через відсутність сил тяжіння. В цьому випадку його потенційна енергія E_n дорівнює нулю, а кінетична E_k буде постійною. В системі космічного апарату, що має електродвигун та інерційний рушій, буде присутній обертальний рух, який додає кінетичну енергію в замкнуту систему. Кінетична енергія за певних умов може перетворюватися в поступальний інерційний рух. Наприклад, якщо тіло рухається по кривій траєкторії при криволінійному русі, тоді виконуватиметься робота по поступальному переміщенню тіла, щоб виконувався закон збереження енергії в замкнутій системі. Тобто, при обертальному русі при переміщенні тіла по змінюваному радіусі, за певних умов може виникати імпульс у певному напрямку в замкнутій системі при виконанні цієї роботи.

Відомо, що кількість руху в замкнутій системі буде дорівнювати константі.

$$\vec{K} = m \cdot \vec{V} = \text{const}. \quad (11)$$

Зміна кількості руху (11) за час Δt буде пропорційна докладеній силі і сила буде діяти в напрямку, в якому діє вектор сил. Тоді можемо записати

$$\Delta \vec{K} = \vec{f} \cdot \Delta t, \quad (12)$$

де $\vec{f}$ – середнє значення сили за діючий проміжок часу Δt . Ця величина (12) є добутком середнього значення сили $\vec{f}$ в проміжок часу Δt , що діє, і називається імпульсом сили. Таким чином, згідно із законом збереження кількості руху замкнutoї системи, якщо в замкнутій системі створити зміну обертальної кількості руху $\Delta \vec{K}$, то за певних умов і компенсації обертального руху в системі може виникнути імпульс сили для поступального руху всієї системи

$$\vec{f} \cdot \Delta t = (m_1 + m_2) \cdot \Delta \vec{V}, \quad (13)$$

де m_1 – маса тіла, що обертаються в інерційному рушії, m_2 – маса тіла космічного апарату, $\Delta \vec{V}$ – зміна поступальної швидкості космічного апарату. Таким чином, зміна повної кількості руху в замкнутій системі буде визначатися імпульсом рівнодіючих зовнішніх сил.

Розглянемо принцип роботи інерційного імпульсного механічного рушія на наступній схемі рис. 3

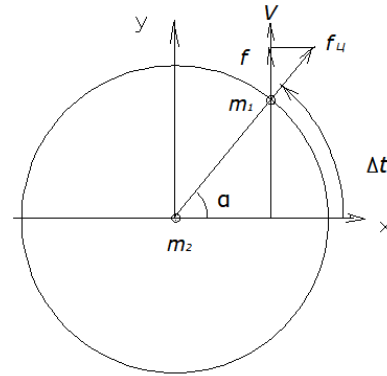


Рис. 3. Схема дії імпульсу інерційного рушія у напрямку координати +Y при зміні кількості руху в замкнутій системі

На схемі відображені такі параметри: m_1 – маса тіла інерційного рушія, що обертається; m_2 – маса космічного апарату; $f_{ц}$ – відцентрова сила, що прикладена до маси m_1 ; α – кут, на який переміщується маса m_1 за час Δt ; f – відцентрова сила, що діє в напрямку координати +Y. У цій схемі передбачений електродвигун, що обертає рушій, і перебуває в масі космічного апарату m_2 , а маса m_1 може вільно переміщатися вздовж радіусу інерційного рушія, що змінюється при обертанні і, за рахунок відцентрової сили, діє на коло, що належить масі m_2 . Зауважимо, що в цьому випадку відцентрова та доцентрова сили докладені до різних тіл, і взаємодіють один з одним у контакті. Тертя при переміщенні m_1 вздовж радіусу між тілами має бути слабким або відсутнім.

В рівняння (13) для виконання розрахунків введемо наступні параметри: $f_{ц} = m_1 \cdot \omega^2 \cdot R$ – відцентрова сила; ω – кутова швидкість обертання маси m_1 ; R – радіус переміщення m_1 ; $f = f_{ц} \cdot \sin \alpha$ – відцентрова сила, що діє у напрямку +Y; $\Delta t = \frac{2\pi}{\omega} \cdot \Delta \alpha$ – проміжок дії часу для середньої сили $f_{ц}$; $\Delta \alpha$ – значення кута, при якому $f_{ц}$ залишається постійним; $T = \frac{2\pi}{\omega}$ – час повного оберту рушія. За введеними позначеннями, отримаємо вираз (13), що описує дію імпульсу сили у напрямку координати +Y

$$m_1 \cdot \omega^2 \cdot R (\sin \alpha) \cdot \frac{2\pi}{\omega} \cdot \Delta \alpha = (m_1 + m_2) \Delta V. \quad (14)$$

Звідси (14), для приросту швидкості системи ΔV , що діє в напрямку $+Y$, отримаємо рівняння

$$\Delta V = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \omega R (\sin \alpha) \cdot 2\pi \cdot \Delta \alpha. \quad (15)$$

Середня швидкість за один повний оберт двигуна (15) буде

$$V = \int_0^{2\pi} \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \omega^2 R (\sin \alpha) \cdot \Delta t \cdot d\alpha. \quad (16)$$

З виразу (16) видно, що при $R = \text{const}$ імпульс сили і швидкість за обіг буде дорівнювати нулю. Щоб імпульс сили і середня швидкість за оберт не дорівнювали нулю, необхідно щоб в процесі обертання змінювався радіус. Як в попередньому випадку обираємо зміну радіусу за наступним законом: від 0 до π радіус буде змінюватися за формулою

$$R(\alpha) = r - \Delta r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (17)$$

від π до 2π радіус буде залишатися постійним і рівним мінімальному значенню, отриманого у формулі (17)

$$R1(\alpha1) = r - \Delta r \cdot \sin \frac{\pi}{2}. \quad (18)$$

На рис. 4 показано зміну радіусу в інерційному русії за обіг враховуючі, формули (17) та (18). У побудові використовувалися такі параметри $r = 1$, $\Delta r = 0,5$ у метрах, кут α змінювався від 0 до π і $\alpha1$ – від π до 2π .

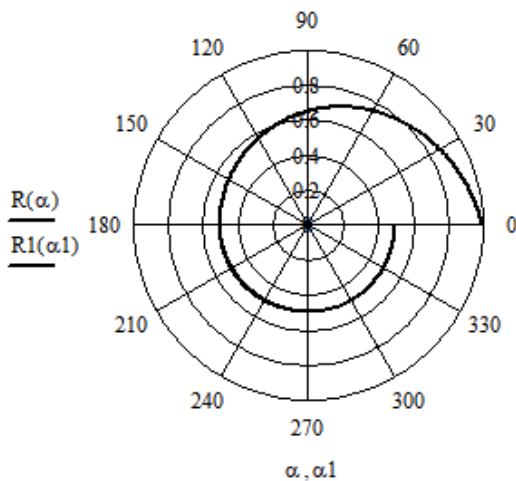


Рис. 4. Зміна радіусу в механічному імпульсному інерційному русії за один оберт

Використовуючи рівняння (15) розглянемо зміну приросту середньої швидкості залежно від кута оберт. У розрахунках використовувалися параметри: кутова швидкість $\omega = 315$ (рад/с), тобто $k = 50$ обертів за секунду; маса $m_1 = 0,001$ і $m_2 = 1$ у відносних одиницях; Δt проміжок часу, при якому $f_{ц}$ відцентрова сила залишається постійною; крок обчислення $\Delta \alpha = 0.01$. На рис. 5 представлений графік приросту зміни швидкості в залежності від кута обертання рушія.

З графіка рис. 5 видно, що в залежності від кута обертання інерційного рушія при різниці в радіусах імпульс сили і приріст швидкості змінюються на протилежний напрямок з різними значеннями. Якщо приріст швидкості про інтегрувати, то залишається результуюче середнє значення імпульсу сили та середньої швидкості у напрямку $+Y$. У зв'язку з тим, що виникаючий результуючий імпульс сил діє на замкнуту систему періодично, тобто імпульсно, тому і назва «імпульсний інерційний механічний рушій».

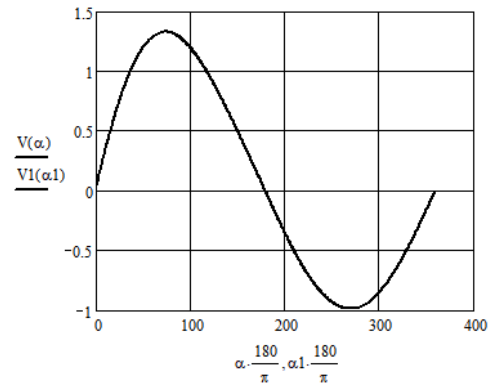


Рис. 5 Залежність приросту швидкості від кута обертання рушія при $\Delta r = 0,5$

Обчислимо середню зміну швидкості за один оберт

$$\Delta V = \int_0^\pi V(\alpha) \cdot d\alpha + \int_\pi^{2\pi} V1(\alpha1) \cdot d\alpha1. \quad (19)$$

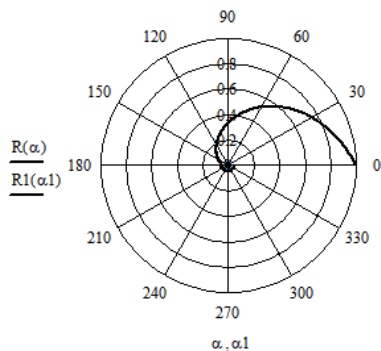
В результаті з (19) одержимо $\Delta V = 6,597 \cdot 10^{-3}$ (м/с) за один оберт рушія. Цей результат отримаємо, якщо маса космічного апарату буде, наприклад, 1 тонна; маса механічного інерційного рушія буде 1 кг; максимальний радіус інерційного рушія $R = 1$ м, а максимальна зміна радіуса $\Delta r = 0,5R$ м. Якщо збільшити масу рушія, то пропорційне збільшиться імпульс сили, і збільшиться приріст середньої швидкості системи.

За секунду електродвигун та рушій роблять $k = 50$ обертів, а отже, буде 50 інерційних механічних імпульсів сили. За секунду отримаємо середній приріст швидкості системи $\Delta V/k = 0,33$ м/с. Шлях, який пройде за секунду космічний апарат $\Delta S = \Delta V \cdot [k(1+k)/2] \cdot T = 0,168$ м, де час одного оберт $T = 0,02$ секунди.

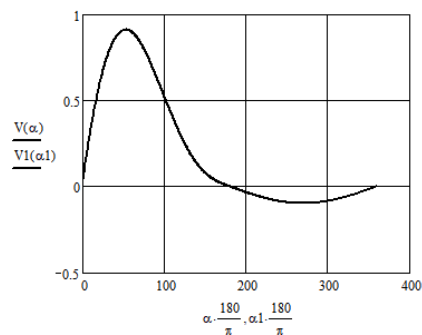
Якщо зміна радіусу буде $\Delta r = 0,95R$, тобто радіус буде змінюватися на 95 % при рівності інших параметрів, що відповідають попередньому випадку, отримаємо залежність імпульсу сили або приросту швидкості від кута обертання ротора інерційного рушія, яка представлена на рис. 6.

Для цього випадку отримаємо середній приріст швидкостей за оборот $\Delta V = 0,013$ м/с і за секунду $\Delta V/k = 0,627$ (м/с), а шлях, який пройде за секунду космічний апарат $\Delta S = \Delta V \cdot [k(1+k)/2] \cdot T = 0,318$ м.

Слід зауважити, що зміна радіусу, яка обрана в проведених дослідженнях, може бути не оптимальною для отримання максимальної дії імпульсу сили. Як показали попередні енергетичні розрахунки, переміщення S залежить від значення Δr і максимальне при $\Delta r = 0,65$. Для отримання максимальної дії імпульсу сили при зміні радіусу необхідні додаткові дослідження.

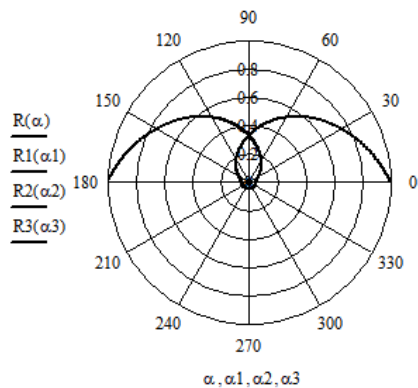


а

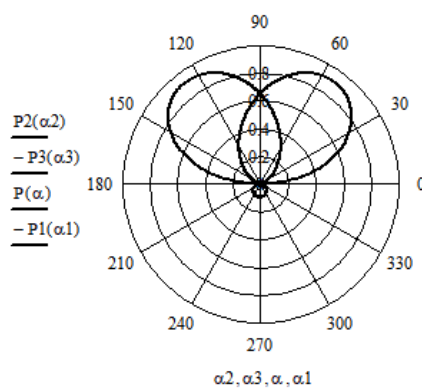


б

Рис. 6. Зміна радіуса (а) та приросту швидкості (б) в залежності від кута обертання рушія при $\Delta r = 0,95$



а



б

Рис. 7. Зміна радіусів (а) та імпульсів сил (б) в залежності від кута обертання ротора рушія при $\Delta r = 0,95$

На рис. 8 представлені розрахунки зміни приростів швидкостей в залежності від кутів обертання роторів рушія при $\Delta r = 0,95$. Один ротор обертається з права наліво (від 0 до 2π), а інший зліва направо (від π до $-\pi$).

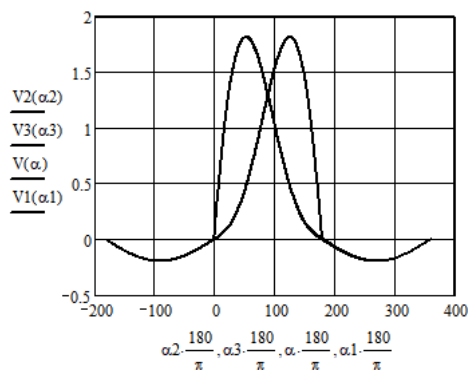


Рис. 8. Зміна приростів швидкостей в залежності від кутів обертання роторів рушія при $\Delta r = 0,95$. Один ротор обертається з права наліво (від 0 до 2π), а інший зліва направо (від π до $-\pi$)

З наведених розрахунків видно, що для компенсації імпульсу сили по координаті X , необхідно в інерційному русі мати дві маси m_1 розміщених у точках 0 і 180 градусів (рис. 7, а), що синхронно обертаються у протилежних напрямках за симетричними змінами радіусів рис. 7, а. Зміну імпульсу сили залежно від кутів обертання мас представлено на рис. 7, б.

За рахунок збільшення мас m_1 вдвічі, що обертаються у протилежних напрямках, отримаємо середній приріст швидкості за секунду $\Delta V/k = 1,253$ м/с, а шлях, який пройде за секунду космічний апарат відповідно $\Delta S = \Delta V[k(1+k)/2] \cdot T = 0,638$ м.

Висновки

В результаті виконаних теоретичних досліджень показані можливість та принцип роботи імпульсного інерційного механічного рушія для замкнутих систем. Цей принцип роботи може застосовуватися для розгону космічного апарату при міжпланетних перельотах, а також для космічних човників з крилами. Якщо для човна з крилами використовувати імпульсний компенсований інерційний рушій замість реактивного двигуна з прийнятими в розрахунках параметрами ($m_1 = 2$, $m_2 = 1000$ та $\Delta r = 0,95$), то за 100 секунд на дистанції $\approx 3,45$ км він розвине швидкість 248,5 км/год, що може бути достатнім для зльоту. Щоб досягнути швидкості 8 км/с з обраними для

розрахунку параметрами, космічному човну буде потрібно $\approx 3,5$ години (3,42 години). Всі значення параметрів механічного імпульсного інерційного рушія пов'язані з обраними швидкістю обертання рушія (3000 обертів на хвилину) і радіусом інерційного рушія (діаметр 2 метри). Ці параметри були обрані тільки для теоретичних досліджень. В практичних умовах обертання рушія будуть регульованими, значно меншими та радіус рушія може бути меншим. Може бути декілька рушіїв. Обрана в розрахунках швидкість обертання обрана у відповідності швидкості руху синхронного електродвигуна. В розрахунках є розбіжності у відстанях переміщень, виконаних з енергетичної точки зору, імпульсу сили та кількості руху, навіть коли розраховувалося переміщення з енергетичної точки зору по координаті +У. Розбіжності можна пояснити тим, що з енергетичної точки зору вказано максимально можливу відстань будь-якого переміщення при даній кінетичній енергії. У розрахунках кількості руху та імпульсу сили зазначено конкретний напрямок +У, де, напевно, автоматично з прийнятої моделі враховується ефективність перетворення кінетичної енергії у поступальну. В цьому випадку коефіцієнт корисної дії буде 10,9 %.

Слід зауважити, що лише практичні експериментальні дослідження у космосі можуть зняти статус псевдонаукової концепції з інерційного рушія.

Використання інерційного механічного рушія в силовому полі, тобто в присутності тяжіння, а також поведінку центру мас у космосі, вимагає додаткових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ledkov A. S., Aslanov V. S. Active space debris removal by ion multi-beam shepherd spacecraft Acta

Astronautic, Vol. 205, pp. 247–257 (пік публікації – 2023) <https://doi.org/10.1016/j.actaatro.2023.02.003>

2. Ledkov A. S. Determining the Effective Space Debris Attitude Motion Modes for Ion-Beam-Assisted Transportation Journal of Spacecraft and Rockets, pp. 1–10 (пік публікації – 2023) <https://doi.org/10.2514/1.A35735>.

3. Як працює найефективніший двигун у світі [Електронний ресурс]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=OSG_xWLSnHg (дата звернення: 05.05.2024).

4. Белов І. Іонні ракетні двигуни: минуле, сьогодення та майбутнє [Електронний ресурс]. URL: <https://thealphacentauri.net/61706-ionnye-raketnye-dvigateli-proshloe-nastoyashchee-i-budushchee/> (дата звернення: 05.05.2024).

5. Басараб О. У Харкові успішно випробували іонно-плазмові двигуни для далекого Космосу [Електронний ресурс]. URL: <https://ua.news.ru/technologies/v-harkove-uspeshno-yspytaly-yonno-plazmennyy-dvygatel-dlya-dalnego-kosmosa> (дата звернення: 05.05.2024).

6. Фантастичні двигуни у реальному житті: Іонні двигуни [Електронний ресурс]. URL https://www.youtube.com/watch?v=_xVKHwGzhaU (дата звернення: 05.05.2024).

7. Журиленко Б. Є., Ніколаєва Н. К. Економія електроенергії автономних джерел живлення електродвигунів транспортних систем : тези доп. Integrated Intellectual Robotechnical Complexes (Iirc-2024) 17th International Science And Technical Conference May 21–22nd, 2024. Kyiv, Ukraine, 2024. P. 315–318

8. Журиленко Б. Є. Принцип роботи механічного імпульсного інерційного рушія : тези доп. Proceedings The Eleventh World Congress “Aviation In The XXI-Century”, “Safety in Aviation and Space Technologies”, September 25–27, 2024. / Kyiv, Ukraine, 2024. P. 1.1.1–1.1.5.

9. Самсонов С. А. Незвичайний динамічний ефект візка з інерційним невідновлюваним рушієм Журнал природничих досліджень. 2019. Т. 4, № 3.

Журиленко Б. Є.

ПРИНЦИП РОБОТИ МЕХАНІЧНОГО ІНЕРЦІЙНОГО ІМПУЛЬСНОГО РУШІЯ

Для переміщень космічних апаратів з космонавтами у космічному просторі на великі відстані необхідні ефективні системи двигунів та рушіїв для розгону апарату до потрібних швидкостей. Це, відповідно, зменшить час перебування космонавтів в умовах де є радіація та інші шкідливі впливи для їхнього здоров'я, і зменшить час перельоту. Багаторазові повітряно-космічні системи давно здаються перспективною заміною ракет. Однак, поки що неможливо створити корабель і організувати пілотовані міжзоряні польоти взагалі. На даний момент є безліч невирішених проблем, одна з яких це проблема вибору двигуна. Існує псевдонаукова концепція, яка пов'язана з інерційними рушіями і має дві протилежні думки: одна вказує на те, що такий рушій у замкнутій системі (наприклад, космічний апарат) побудувати не можна, а друга навпаки – можна, та наводяться моделі, що працюють у земних умовах, дія яких не завжди однозначно пояснюється. Хотілося б, щоб цю проблему було вирішено з наукового погляду. Але, якщо псевдонаукова концепція інерційного рушія хибна і можна побудувати такий рушій, то він вирішив би деякі проблеми, пов'язані з польотами, як у космосі, так і на Землі. За наявності такого рушія можна створити ідеальний космічний апарат, в якому використовувалися би електродвигун і імпульсний механічний інерційний рушій. Джерелом електричної енергії з тривалим терміном роботи для живлення електродвигуна могли би застосовуватися сонячні панелі або електрогенератор, що працює від атомного реактора. Протягом польоту маса космічного апарату практично не буде змінюватися. Мета статті – теоретично показати або спростувати можливість створення механічного інерційного рушія для

перельотів у космічному просторі та земних умовах. В роботі з енергетичної точки зору, кількості руху та імпульсу сили теоретично розглянута можливість побудови імпульсного інерційного механічного рушія. В результаті виконаних теоретичних досліджень показані можливість та принцип роботи механічного імпульсного інерційного рушія для замкнених систем, який, зокрема, може застосовуватися для розгону космічного апарату при міжпланетних перельотах, а також для космічних човнів з крилами. Слід зазначити, що лише практичні експериментальні дослідження у космосі можуть зняти статус псевдонаукової концепції з інерційного рушія.

Ключові слова: інерційний рушій; кількість руху; замкнута система; імпульс сили; енергетична точка зору.

Zhurylenko B.

PRINCIPLE OF OPERATION OF A MECHANICAL INERTIAL IMPULSE DRIVE

For the movement of spacecraft with astronauts in outer space over long distances, efficient systems of engines and thrusters are needed to accelerate the apparatus to the required speeds. This, accordingly, will reduce the time astronauts spend in conditions where there is radiation and other harmful effects on their health, and will reduce the flight time. Reusable aerospace systems have long seemed like a promising replacement for rockets. However, it is still impossible to create a ship and organize manned interstellar flights at all. At the moment, there are many unsolved problems, one of which is the problem of choosing an engine. There is a pseudoscientific concept related to inertial propulsion and has two opposing opinions: one indicates that such an engine in a closed system (for example, a spacecraft) cannot be built, and the second, on the contrary, it is possible, and models operating in terrestrial conditions are given, the action of which is not always clearly explained. I would like this problem to be solved from a scientific point of view. But, if the pseudoscientific concept of an inertial propulsion system is wrong and it is possible to build such a system, then it would solve some problems associated with flights, both in space and on Earth. If such a system were available, it would be possible to create an ideal spacecraft that would use an electric motor and a pulse mechanical inertial propulsion system. Solar panels or an electric generator powered by a nuclear reactor could be used as a long-term source of electrical energy to power the electric motor. The mass of the spacecraft will practically not change during the flight. The purpose of the article is to theoretically show or refute the possibility of creating a mechanical inertial propulsion system for flights in outer space and on Earth. The paper theoretically considers the possibility of building a pulse inertial propulsion system from the energy point of view, the amount of momentum and the momentum of the force. As a result of the theoretical studies performed, the possibility and principle of operation of a mechanical impulse inertial propulsion system for closed systems have been shown, which, in particular, can be used for accelerating spacecraft during interplanetary flights, as well as for space shuttles with wings. It should be noted that only practical experimental research in space can remove the status of a pseudoscientific concept from the inertial propulsion system.

Keywords: inertial thruster; quantity of motion; closed system; impulse of force; energy point of view.

Стаття надійшла до редакції 30.10.2024 р.

Прийнято до друку 11.12.2024 р.