

## ДІЯ МЕХАНІЧНОГО ІНЕРЦІЙНОГО РУШІЯ З ТОЧКИ ЗОРУ ЦЕНТРУ МАСИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В АЕРОКОСМІЧНИХ АПАРАТАХ

### Вступ

Сучасні авіація і космонавтика базуються на хімічних реактивних двигунах, які використовують кінетичну енергію реактивного струменя для свого руху в повітряному та космічному просторах. Для тривалих перельотів, тим паче у космічному просторі, потрібен великий запас палива для збільшення швидкості польоту. Збільшення швидкості є умовою для тривалих космічних перельотів, особливо, коли необхідно зменшити час перельоту та забезпечити мінімальне перебування космонавта в небезпечних для його життя умовах.

В даний час, окрім хімічних реактивних двигунів, розробляються реактивні двигуни з великою кінетичною енергією реактивного струменя – двигуни плазмові, іонні, ядерні, на ефект Холла та інші [1–5]. Деякі з них ще на стадії досліджень і проектування. За рахунок великої швидкості витікання реактивного струменя можна забезпечити меншу кількість запасу палива, проте, залишається необхідність у запасі палива. Крім того, деякі з цих двигунів мають малий імпульс і використовуються лише для корекції орбіти космічних апаратів.

Таким чином, в ідеальному випадку, необхідний такий двигун, який не вимагав би навіть малого хімічного запасу палива.

### Постановка проблеми

В даний час існує псевдонаукова концепція інерційних рушіїв, яка з одного боку стверджує, що в замкнутій системі такий рушій побудувати не можна, а з іншого боку, в Інтернеті наводяться моделі, які працюють у земних умовах. Щоправда, їхня робота в земних умовах не завжди однозначно пояснюється з наукової точки зору. Однак, якщо такий рушій можна побудувати, то може вирішитись проблема із запасом хімічного палива, який у такому разі не потрібен.

За допомогою такого рушія можна побудувати космічний апарат або космічний човен, який використовує електродвигун [6] та механічний рушій. Як джерело електричної енергії можна використовувати електрогенератор, що працює від

атомного реактора або сонячних панелей. Ці джерела електричної енергії вже використовують у космічних апаратах. Атомний реактор може забезпечити тривалий час роботи для живлення електродвигуна з інерційним рушієм і має постійну малу масу протягом усього польоту.

Проте, слід зауважити, що принцип дії інерційного рушія в науковій літературі майже не розглядається. Це пов'язано з тим, що в дослідженні інерційного рушія (Н. Дін, 1963 р.) корпус системи, при обертанні маховиків у протилежні боки, починав вібрувати назад – уперед із частотою, що дорівнює швидкості обертання маховиків, апарат тремтів і підстрибував. У цьому разі центр маси системи залишався нерухомим. Познайомившись із цим процесом, більшість вчених висловилися цілком визначено: інерційну машину на замкнутій системі побудувати не можна, як і вічний двигун. В даному випадку можна сказати, якщо маховики жорстко пов'язані з корпусом інерційного рушія, то потенційна енергія та імпульс перерозподілятимуться між елементами системи, а центр маси залишатиметься на місці. Тоді маховики своїм кінцем кріплення чинитимуть протилежну дію інерційній силі на елементи та всю основну масу, що відповідає основним законам фізики. У зв'язку з цим, щоб забезпечити рух центру маси системи, потрібні додаткові експериментальні дослідження та теоретичні розрахунки.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

У роботах [7, 8] розглядається принцип роботи імпульсного механічного інерційного рушія з точки зору переходу кінетичної енергії в потенційну енергію і щодо збереження імпульсу та кількості руху у замкнутій механічній системі. У цих роботах для системи імпульсного рушія були показані можливості переходу кінетичної енергії в потенційну енергію, що створює переміщення в просторі. Також показані можливості переходу імпульсу в кількість руху, тобто виникнення швидкості руху всієї системи. Але в роботах не розглядалося питання можливого переміщення центру

маси всієї системи. В даному випадку можливим є рух елементів системи за рахунок перерозподілу енергії та імпульсу між механічним рушієм та рештою системи щодо центру їх маси, тобто переміщення без зміни положення самого центру маси. Тоді ефект інерції не може використовуватися, як рушій для космічних апаратів. Також, у роботах було рекомендовано розглянути можливість руху центру маси системи внаслідок впливу інерційних сил. Доказ ефекту переміщення центру маси за рахунок інерційних сил у замкнутій системі, дає можливість припускати, що інерційний рушій працюватиме у космічному просторі та забезпечить прискорення космічного апарату без використання хімічного палива.

В Інтернеті представлено відео експериментів [9, 10], де у збалансованій системі [9], на одному кінці від центру маси системи, знаходиться маховик. В результаті обертання маховика, відбувається обертання всієї збалансованої системи навколо центру маси, причому напрямок обертання системи змінюється при зміні напрямку обертання маховика. Цей експеримент дещо схожий на експеримент із крутильними вагами (крутильним підвісом). У наукових колах є думка, якщо інерційна дія забезпечить прояв руху в крутильних вагах, цей ефект можна використовувати для інерційного рушія в замкнутій системі.

Більшість досліджень інерційних рухів на крутильному підвісі не давали руху центру маси, що призвело до заперечення можливості створення інерційного рушія в замкнутій системі.

Існує ще один відео експеримент [10], представлений в Інтернеті, де використовуються два маховики, що обертаються в протилежних напрямках, а вся система у вигляді візка рухалася з певною швидкістю. Щоправда, зйомка цього експерименту, на відміну від попереднього, не зовсім якісна, тому може викликати певний сумнів у можливій підтасовці відео результату. Однак, така система разом з першим експериментом [9], який відомий у наукових колах, викликає теоретичний інтерес до можливості створення інерційного рушія. Якщо створити такий рушій можна, то буде можливий тривалий переліт космічного апарату, загальна структура конструкції якого описана в роботі [8].

**Мета статті** – теоретично дослідити можливість або неможливість створення інерційного рушія, який здійснює рух центру маси усієї системи.

#### Виклад основного матеріалу

Розглянемо, як у [9, 10] створюється інерційний рух. На рис.1 представлено креслення механічної системи [10], що працює (як показано в Інтернеті) та забезпечує її рух у земних умовах.

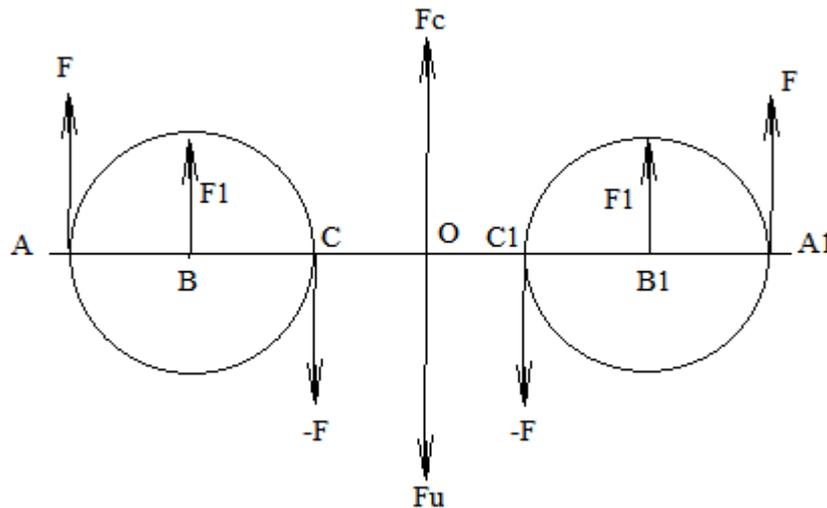


Рис. 1. Креслення механічної частини системи для дисків, що обертаються (вид зверху на диски В і В1), розміщених на відстані  $OC$  і  $OC1$  від центру маси системи  $O$

Вважаємо, що ось координати  $X$  є жорсткою несучою механічної системи, на якій розміщені диски, що обертаються (діаметри дисків  $AC$  і  $A1C1$ ) з центрами обертання в точках  $B$  і  $B1$ . Нуль координати  $X$  знаходиться в центрі маси системи  $O$ . Центри дисків, що обертаються, знаходяться від центру маси моделі (точка  $O$ ) на відстані  $\pm r \pm \Delta l$ , де  $r$  – радіус дисків ( $BC$  і  $B1C1$ ),  $\Delta l$  – відстань від центру маси системи до кола диска ( $OC$  і  $OC1$ ). Для теоретичних розрахунків прийемо

параметри дисків, що обертаються, абсолютно однаковими. Момент кожного диска можна записати як  $M = 2F \cdot r$ , де  $F$  – сила, прикладена до радіусу диска  $r$ . При кутовій швидкості обертання  $\omega$  добуток швидкості на момент визначатимуть механічну потужність, прикладену до диска ( $P = M \cdot \omega = 2F \cdot r \cdot \omega$ ). Оскільки диски обертаються в протилежні сторони, їх моменти в точках  $B$  і  $B1$  також мають протилежні напрями, а сили  $F1$  обертання навколо центру маси від обох дисків

будуть направлені в одну сторону (рис.1) і дорівнюють  $2F_1$ . Знаки при силах відповідають напрямкам дії сил під час обертання дисків.

Розглянемо спершу, як працює модель [9]. У цій моделі – система має один обертовий диск, а В1 не обертається, або замість нього встановлений баласт, рівний йому по масі. Осі дисків В і В1 жорстко пов'язані між собою по осі X. В результаті симетрії самого диску, положення сил обертання  $F$  на ньому (рис. 1) не буде змінюватися за рахунок обертання, отже малюнок всіх прикладених сил весь час буде постійним. Таким чином, можна вважати, що сумарна дія усіх сил в точці В при обертанні диска, буде визначатися силами, що прикладені в точках А і С. У такій моделі системи визначимо силу  $F_1$ , яка буде діяти щодо центру маси системи і створювати момент для обертання системи навколо цього центру маси. Щоб визначити силу  $F_1$  в точці В, необхідно сили точок А і С привести в точку В.

Таким чином, наведемо силу точки А до точки В

$$F_1 = \frac{F \cdot (-2 \cdot r - \Delta l)}{(-r - \Delta l)} = \frac{F \cdot (2 \cdot r + \Delta l)}{(r + \Delta l)}. \quad (1)$$

Аналогічним чином наведемо силу точки С до точки В

$$F_2 = \frac{-F \cdot (-\Delta l)}{(-r - \Delta l)} = \frac{-F \cdot (\Delta l)}{(r + \Delta l)}. \quad (2)$$

Знайдемо силу  $F_1$  у точці В складаючи сили (1) та (2)

$$F_1 = F_1 + F_2 = \frac{F \cdot (2 \cdot r)}{(r + \Delta l)} = \frac{M}{r + \Delta l}. \quad (3)$$

Аналіз виразу (3) дає, що при відстані від центру маси моделі системи до кола диска  $\Delta l = 0$ , сила, що діє на центр обертання диска, дорівнюватиме  $F_1 = 2F$  – силам, прикладеним до радіуса диска. Оскільки, модель являє собою замкнуту систему, то створювана сила інерції  $F_u$  в точці В,

буде спрямована в протилежний бік від напрямку  $F_1$ , тобто  $F_u = -F_1$  і система буде рухатися в напрямку, протилежному напрямку обертання диска в точці А. Момент обертання диска  $M$  буде компенсуватися моментом обертання системи  $M_1$  навколо центру маси системи. З виразу (3) видно, що момент обертання системи навколо центру маси дорівнюватиме моменту обертання диска, а сумарний момент замкнутої системи дорівнюватиме нулю:

$$M_1 = F_1 \cdot (r + \Delta l) = M, \quad M_1 - M = 0. \quad (4)$$

Цей результат підтверджується експериментально.

Розглянемо випадок для диска В, коли центр маси системи О, розташований праворуч від центру обертання диска В у області диска, як показано на рис. 2. Позначення сил на рис. 2 відповідають позначенням рис.1.

Момент обертання  $M_1$  для системи навколо центру маси О точки А буде

$$M_1 = F(-r - \Delta r), \quad (5)$$

де  $\Delta r$  – відстань між центрами обертання дисків С1, С та центром маси О.

Момент обертання  $M_2$  для системи навколо центру маси О точки С буде

$$M_2 = -F(r - \Delta r). \quad (6)$$

Знайдемо сумарний момент обертання системи навколо центру маси. На відміну від випадку (рис. 1), коли сили та моменти прикладені з одного боку від центру маси, вони складаються. Якщо вони прикладені по різні боки від центру маси, то сили та моменти будуть відніматися. У разі рис. 2 моменти і сили прикладені по різні боки від центру маси, додаватимуть момент або силу в обертання системи, тобто необхідно від виразу (5) відняти (6).

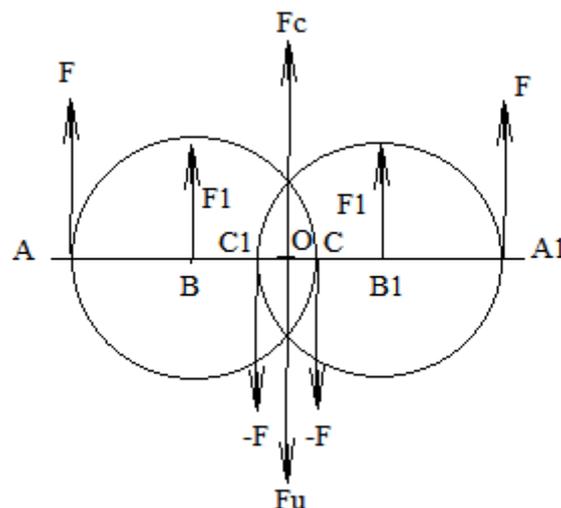


Рис. 2. Креслення механічної частини системи для дисків, що обертаються: центр маси системи О, який розміщено всередині дисків (вид зверху на диски В і В1)

$$M1 = M1 - M2 = F \cdot (-r - \Delta r) - [-F \cdot (r - \Delta r)] = -2 \cdot F \cdot \Delta r, \tag{7}$$

а сила  $F1$ , прикладена до центру диска, що обертається, буде

$$F1 = \frac{M}{-r} = \frac{-2 \cdot F \cdot \Delta r}{-r} = \frac{2 \cdot F \cdot \Delta r}{r}. \tag{8}$$

Таким чином, аналізуючи вирази (7) і (8), можна сказати, що момент обертання  $M1$  навколо центру маси змінюватиметься від нуля до  $-2F \cdot r$  при зміщенні центру маси від нуля до  $r$ . А сумарна сила  $F1$ , прикладена до центру диска, змінюватиметься від нуля до  $2F$ . Оскільки ця система замкнута, то, як і в попередньому випадку, сила інерції  $Fu = -F1$  обертатиме систему в протилежному напрямку від сили  $F1$ .

На відміну від попередніх випадків, розглянемо механічну систему [10], представлену на рис. 1, коли два диски, з однаковими параметрами знаходяться на однаковій відстані від центру маси системи та обертаються у протилежних напрямках.

Аналогічним чином, як для випадку знаходження сили  $F1$  по формулам (1), (2) і (3), знаходимо силу  $F1$  у точці  $B1$ . Ця сила буде такою

самою, як у (3). Отже, якщо ось  $X$  (або  $A, A1$ ) буде жорсткою, то сумарна сила  $Fc$ , що діє на центр маси системи, буде дорівнювати

$$Fc = \frac{4 \cdot F \cdot r}{r + \Delta l} = \frac{2 \cdot M}{r + \Delta l}. \tag{9}$$

При однакових параметрах дисків, що протилежно обертаються, сумарний момент, щодо центру маси системи, буде дорівнювати нулю, а сумарна сила, що діє на систему, дорівнюватиме (9).

Якщо центр маси системи буде знаходитися в області дисків, що обертаються (рис.2), то обчислюючи аналогічним способом (5), (6), (7) і (8) отримаємо вираз для сили  $Fc$ , що діє на центр маси системи

$$Fc = \frac{4 \cdot F \cdot \Delta r}{r}. \tag{10}$$

З виразу (10) видно, що зі зменшенням відстані між центрами обертання дисків  $B, B1$  і центром маси системи  $O$  йде зменшення сумарної сили  $Fc$  при  $\Delta r \rightarrow 0$ . Таким чином, максимум інерційної сили буде при  $\Delta r = r$ .

Розглянемо, як змінюватиметься момент (4), (7) і дія сил (3), (8) навколо центру маси  $O$  в залежності від кута обертання диска  $B1$  (рис. 3).

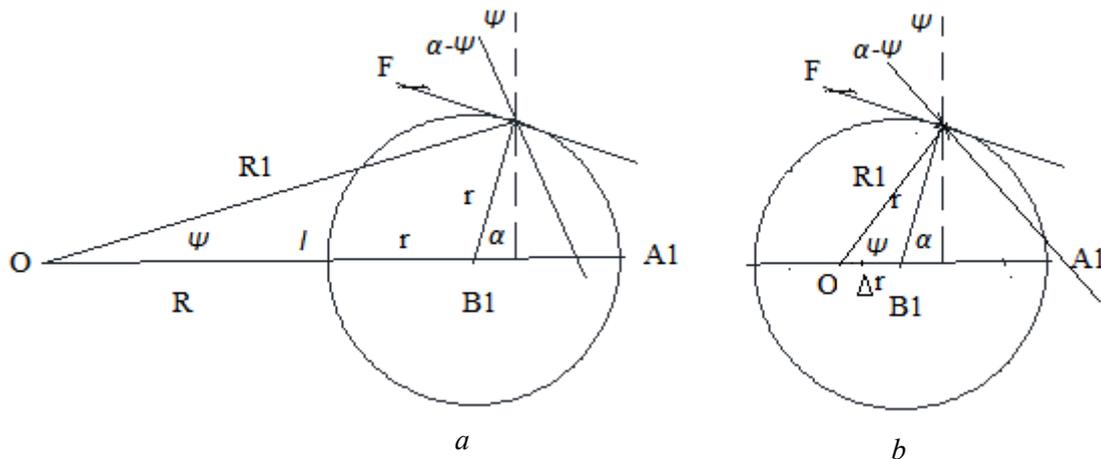


Рис. 3. Схеми розташування центру маси щодо центру обертання диска:  
 а – центр маси  $O$  поза області обертання диска, б – центр маси  $O$  в області обертання диска

Якщо центр маси знаходиться поза областю обертання диска (рис. 3, а), то момент, що виникає за рахунок сили  $F1$  у точці  $B1$ , можемо записати у вигляді виразу

$$M(\alpha) = \frac{F \cdot Rd(\alpha) \cdot \cos(\alpha - \psi(\alpha))}{\cos(\psi(\alpha))}. \tag{11}$$

Цей же момент (11) у напрямку координати  $+Y$  можемо записати у вигляді

$$My(\alpha) = F \cdot Rd(\alpha) \cdot \cos(\alpha - \psi(\alpha)). \tag{12}$$

де  $\alpha$  – кут, на який повертається диск при своєму обертанні;  $\psi$  – кут з точки центру маси до точки докладання сили на диску;  $R1(\alpha) = \frac{Rd(\alpha)}{\cos(\psi(\alpha))}$  – радіус від точки центру маси до точки докладання сили;  $Rd(\alpha) = R + r \cdot \cos(\alpha)$ ;  $R = l \cdot r + r$  –

відстань від центру маси до осі обертання диска  $OB1$ ;  $l \cdot r$  – відстань від центру маси до кола диска;  $\psi(\alpha) = \text{atan} \frac{r \cdot \sin(\alpha)}{Rd(\alpha)}$ .

Щоб навести і визначити силу  $F1$  в точці  $B1$ , що створює момент обертання системи, необхідно вирази (11) і (12) поділити на відстань між центром маси і віссю обертання диска, рівну  $l$ . Практичний інтерес для подальших досліджень представляють сили та моменти спрямовані по координаті  $+Y$ .

В результаті отримаємо вираз для сили по координаті  $+Y$

$$F1y(\alpha) = \frac{F \cdot Rd(\alpha) \cdot \cos(\alpha - \psi(\alpha))}{R}. \tag{13}$$

На рис. 4 подано розрахунки за координатою +Y: моменту (12) – рис. 4, *a*; сили цього моменту (13) – рис. 4, *b*; інтегрального впливу сили – рис. 4, *c*, при  $l \cdot r = 0,0001$ ; інтеграл дії сили за один оберт дорівнює  $F2y(\alpha) = \int_0^{2\pi} F1y(\alpha) \cdot \alpha = 5,333$ . Інтегральна дія сили – це, коли сила  $F$  діє у всіх

точках кола обертового диска. На графіку рис. 4, *c* показано, як змінюватиметься інтегральна дія сили залежно від кута, у якому діє сила.

Подані розрахунки виконувались із параметрами: сила  $F=1$ ; радіус диска, що обертається  $r=l$ ; крок розрахунку кута  $\alpha = 0,01 \cdot \pi$ .

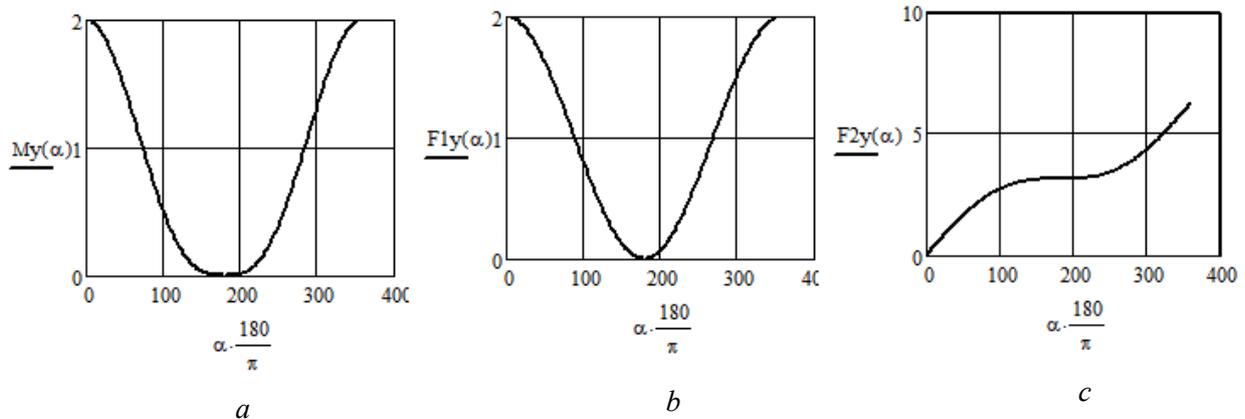


Рис. 4. Розрахунок по координаті +Y: моменту – *a*; сили цього моменту – *b*; інтегральної дії сили – *c*; при  $l \cdot r = 0,0001$ ; інтеграл дії сили за один оберт дорівнює  $F2y(\alpha) = 5,333$

На рис. 5 представлені аналогічні розрахунки при  $l \cdot r = 10$ ; інтеграл дії сили за один оберт дорівнює

$$F2y(\alpha) = \int_0^{2\pi} F1y(\alpha) \cdot d\alpha = 0,571.$$

З наведених розрахунків видно, що зі збільшенням відстані при  $l \cdot r = 10$  сила  $F1$ , що створює момент обертання системи, змінює знак в області кутів обертання від  $95^\circ$  до  $265^\circ$ . У сфері цих кутів сила компенсує дію інших сил, а інтегральна дія сили зменшується. Зі зменшенням відстані  $l \cdot r = 0$  компенсації сили не відбувається. У цьому випадку при розрахунках взято  $l \cdot r \neq 0$ , щоб не було поділу на нуль.

Розглянемо випадок, коли центр маси системи перебуває у сфері обертання диска рис. 3, *b*.

Відповідно до (8), запишемо вираз для моменту обертання навколо центру маси системи з

урахуванням приведення сили  $F$  до центру обертання диска, у вигляді

$$My(\alpha) = F \cdot R1(\alpha) \cdot \cos(\alpha - \psi(\alpha)) \times \cos(\psi(\alpha)) \cdot \frac{\Delta r}{r}. \quad (14)$$

З (14) для сили  $F$ , наведеної до центру обертання диска В1 (рис. 3, *b*), отримаємо  $F1$

$$F1y(\alpha) = \frac{F \cdot Rd(\alpha) \cdot \cos(\alpha - \psi(\alpha))}{r^2} \cdot \Delta r. \quad (15)$$

При розрахунку виразів (14), (15) використовуються уточнені параметри:  $R1(\alpha) = \frac{Rd(\alpha)}{\cos(\psi(\alpha))}$  – радіус від точки центру маси до точки докладання сили;  $Rd(\alpha) = r \cdot \cos(\alpha) + \Delta r$ ;  $\Delta r$  – відстань від центру маси до осі обертання диска ОВ1;  $\psi(\alpha) = \text{atan} \frac{r \cdot \sin(\alpha)}{Rd(\alpha)}$ . Інші параметри аналогічні попередньому розрахунку.

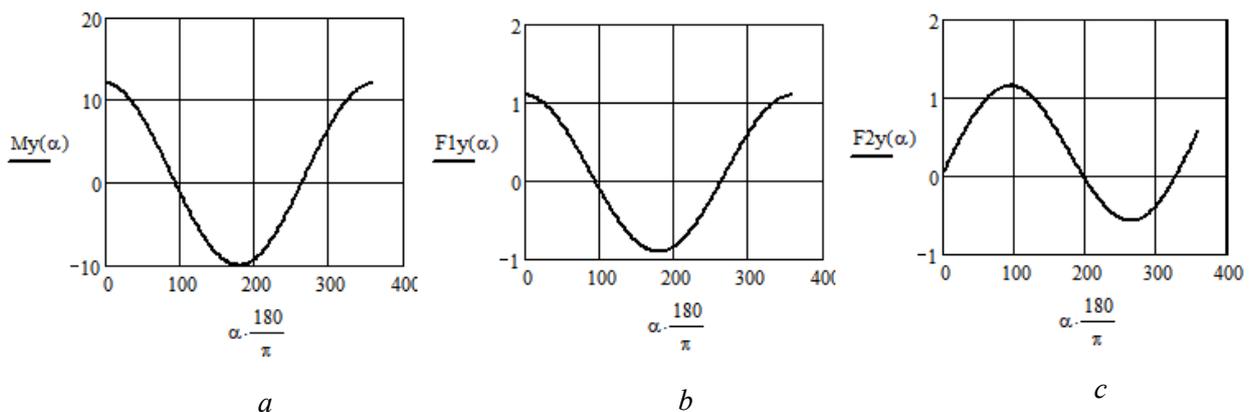


Рис. 5. Розрахунок за координатою +Y: моменту – *a*; сили цього моменту – *b*; інтегральної дії сили – *c*, при  $l \cdot r = 10$ ; інтеграл дії сили за один оберт дорівнює  $F2y(\alpha) = 0,571$

На рис. 6 представлені розрахунки за координатою +Y: моменту (14) довкола центру маси – рис. 6, a; сили цього моменту (15) – рис. 6, b; інтегральної дії сили – рис. 6, c, при  $\Delta r = 0,9999$ ; інтеграл дії сили за один оберт дорівнює:

$$F2y(\alpha) = \int_0^{2\pi} F1y(\alpha) \cdot d\alpha = 5,333.$$

У цьому випадку при розрахунках взято  $\Delta r \neq 1$ , щоб не було поділу на нуль.

На рис. 7 представлені аналогічні розрахунки при  $r = 0,01$ ; інтеграл дії сили за один оберт дорівнює:

$$F2y(\alpha) = \int_0^{2\pi} F1y(\alpha) \cdot d\alpha = 0,04.$$

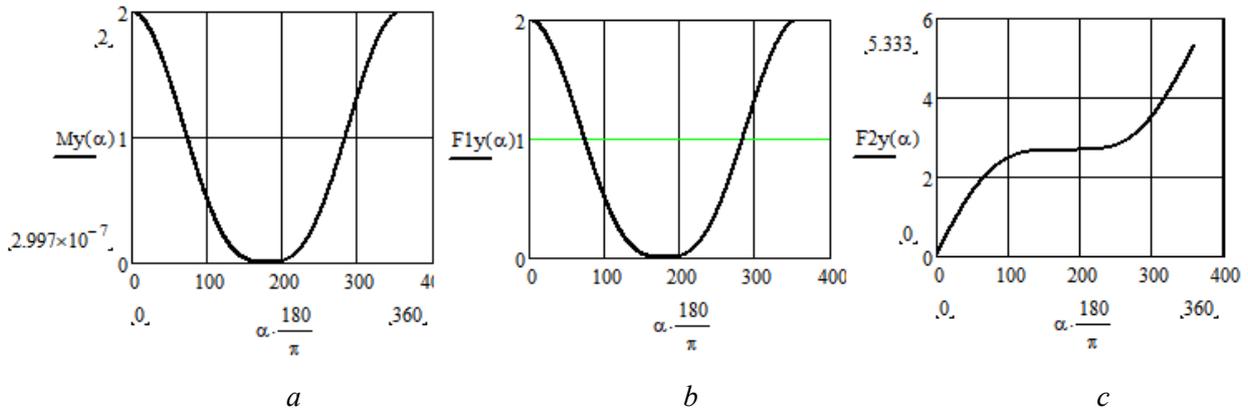


Рис. 6. Розрахунок по координаті +Y: моменту – a; сили цього моменту – b; інтегральної дії сили – c, при  $\Delta r = 0,9999$ ; інтеграл дії сили за один оберт дорівнює  $F2y(\alpha) = 5,333$

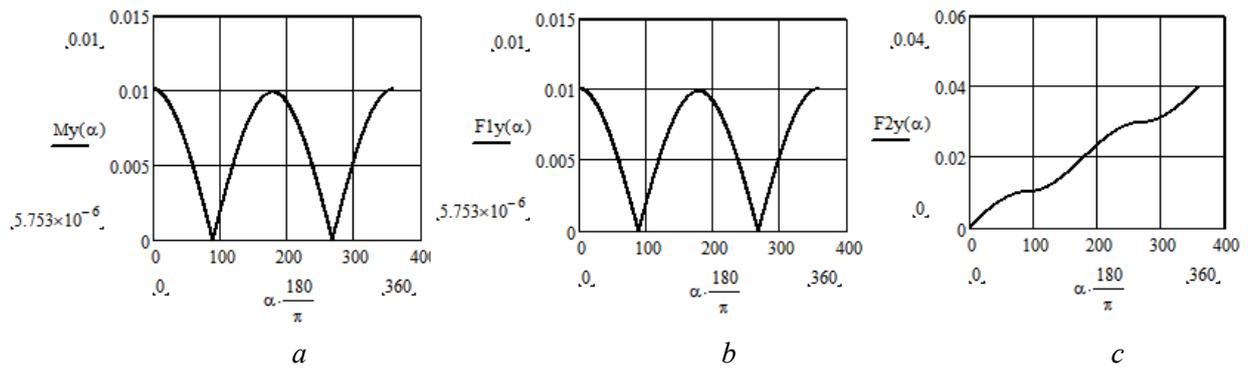


Рис. 7. Розрахунок по координаті +Y: моменту – a; сили цього моменту – b; інтегральної дії сили – c, при  $\Delta r = 0,01$ ; інтеграл дії сили за один оберт дорівнює  $F2y(\alpha) = 0,04$

Розрахунки для  $\Delta r = 0$  дають графіки з нульовими значеннями параметрів моменту, сили та інтегральної дії сили щодо центру маси, тобто інерційна сила не виникає.

В обох розглянутих випадках, за рахунок закону збереження імпульсу в замкнутій системі, інерційний рух системи буде спрямований у протилежний бік від напрямку дії сили  $F1$ , тобто  $F_u = -F1$ .

Оскільки моменти навколо центру мас однакові і спрямовані в протилежні боки, вони не створюватимуть обертання всієї системи. А обидві сили  $F1$ , спрямовані в один бік і жорстко пов'язані через ось A, A1, створять силу  $F_c$  у точці центру маси, яка через замкнутість системи створить інерційну силу  $F_u$ .

$$F_u + F_c = 0; \quad F_u = -F_c. \quad (16)$$

За рахунок інерційної сили (16) знайдемо прискорення центру маси системи

$$a = \frac{F_u}{M_c}. \quad (17)$$

У (17)  $M_c$  – маса всієї системи.

Для експериментальної перевірки отриманих результатів деякі опоненти, що критикують можливість створення інерційного рушія, пропонують використовувати крутильні ваги, які можуть показати наявність інерційної сили у поступальному русі. Інші опоненти вказують на те, що при обертанні маховиків поступальний рух може бути за рахунок відкидання повітря від маховиків, що обертаються.

Щоб переконливо довести наявність поступального руху за допомогою інерційного рушія, треба провести експеримент, підвісивши модель системи (рис.1) за центр маси. Якщо відхилення моделі буде у напрямку дії інерційної сили, то це вказуватиме на можливість створення інерційного рушія. Крім того, в даному експерименті можна визначити і величину цієї сили.

Експериментальні дослідження проводилися на моделі із загальною масою  $M_c = 0,585$  кг, довжина підвісу від точки кріплення до центру маси  $L = 0,51$  м, відхилення моделі від точки рівноваги  $d = 0,001$  м,  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. У цьому випадку можемо оцінити інерційну силу, що створюється маховиками, за формулою

$$F_u = M_c \cdot g \cdot \tan \frac{d}{L}.$$

За таких параметрів моделі інерційна сила дорівнюватиме  $F_u = 0,112$  кг·м/с<sup>2</sup> і ця сила може надати даній моделі прискорення  $a = 0,192$  м/с<sup>2</sup> (17). З таким прискоренням модель досягне швидкості 8 км/с за  $\approx 11,6$  години.

В результаті проведених експериментальних досліджень моделі виявилися деякі особливості, які необхідно усунути в подальших дослідженнях. Через деякі неточності виготовлення моделі, а в основному при використанні двох роздільних двигунів для обертання кожного диска, спостерігалось деяке зміщення центру маси щодо осі рівноваги і невелике обертання моделі навколо зміщеного центру маси. Обертання навколо центру маси можливо пов'язано з тим, що при тому самому значенні напруги на двигунах, швидкість обертання була дещо різною, отже, сили на кінцях різних дисків дещо відрізнялися, що створювало невелике обертання моделі навколо її центру маси.

На жаль, ці недоліки не дозволили точно визначити інерційну силу під час обертання дисків, а визначити її лише якісно. Вирішення цієї проблеми потребує додаткових теоретичних та експериментальних досліджень.

### Висновки

Теоретичні дослідження показали можливість поступального руху системи зі зміщеним центром маси (за схемою рис. 3, а) за рахунок інерційної сили, що виникає при обертанні дисків. Конструктивно така система може легко реалізуватися для інерційного рушія. Але в даних розрахунках не враховувалося, яким чином створювалася сила  $F$  і як вона впливає на систему. Можливо, якщо враховувати енергетичну систему, що створює на диску силу  $F$ , яка жорстко зв'язана з координатною віссю  $X$ , то буде компенсація всіх сил і інерційного руху системи скоріше не буде. Слід зауважити, що в даному випадку не зрозуміло за рахунок чого в замкнутій системі обертальний рух в одній системі координат приведе до поступального руху центру маси в іншій координатній системі. Проблема можливості використання інерційного поступального руху центру маси системи за рахунок обертального потребує нових

експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків для інших систем. Вирішення можливості створення інерційного рушія для замкнутої системи може спростити деякі проблеми для космічних перельотів та авіації.

Однак, остаточний висновок можна зробити тільки після проведення нових експериментальних досліджень, у тому числі й у космосі.

### 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 (рік публікації – 2023) <https://doi.org/10.1016/j.actastro.2023.02.003>
- [2] Як працює найефективніший двигун у світі. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=OSG\\_xWLSnHg](https://www.youtube.com/watch?v=OSG_xWLSnHg) (дата звернення: 05.05.2024).
- [3] Белов І. Іонні ракетні двигуни: минуле, сьогодні та майбутнє. URL: <https://thealphacentauri.net/61706-ionnye-raketnye-dvigateli-proshloe-nastoyashchee-i-budushchee/> (дата звернення: 05.05.2024).
- [4] Басараб О. У Харкові успішно випробували іонно-плазмові двигуни для далекого Космосу. URL: <https://ua.news.ru/technologies/v-harkove-uspeshno-yspytaly-yonno-plazmennyy-dvygatel-dlya-dalnego-kosmosa> (дата звернення: 05.05.2024).
- [5] Фантастичні двигуни у реальному житті: Іонні двигуни. URL [https://www.youtube.com/watch?v=\\_xVKHwGzhaU](https://www.youtube.com/watch?v=_xVKHwGzhaU) (дата звернення: 05.05.2024).
- [6] 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.
- [7] Журиленко Б. Є. Принцип роботи механічного імпульсного інерційного рушія : тези доп. Proceedings the Eleventh World Congress “Aviation in the XXI-at Century”, “Safety in Aviation and Space Technologies”, September 25–27, 2024. / Kyiv, Ukraine, 2024. P. 1.1.1–1.1.5.
- [8] Журиленко Б. Є. Принцип роботи механічного інерційного імпульсного рушія. *Наукоємні технології*. № 4. Т.4. С. 521–527. (2024). DOI: 10.18372/2310-5461.63.19762
- [9] Безопорний рух існує? Простий інерційний двигун Ігор Білецький. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=V2I9qFORGKU> (дата звернення: 05.05.2024).
- [10] Інерціод рестаїлінг 3 переїжджає поріг. URL: [https://www.youtube.com/shorts/\\_5xXbufmL4k](https://www.youtube.com/shorts/_5xXbufmL4k) (дата звернення: 05.05.2024).

**Журиленко Б. Є.**

## **ДІЯ МЕХАНІЧНОГО ІНЕРЦІЙНОГО РУШІЯ З ТОЧКИ ЗОРУ ЦЕНТРУ МАСИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В АЕРОКОСМІЧНИХ АПАРАТАХ**

Сучасна авіація і космонавтика базуються на хімічних реактивних двигунах, що використовують кінетичну енергію реактивного струменя для руху в повітряному та космічному просторі. В даний час, крім хімічних реактивних двигунів, розробляються реактивні двигуни з великою кінетичною енергією реактивного струменя - двигуни плазмові, іонні, ядерні, на ефекті Холла та ін. Деякі з них знаходяться на стадії досліджень і проектування. Для тривалих перельотів необхідний двигун, який не вимагає запасу хімічного палива. Таким вимогам відповідає інерційний двигун. У дослідженнях інерційного рушія (Н.Дін 1963 р.), при обертанні маховиків у протилежні сторони, корпус системи починав вібрувати назад – уперед із частотою, що дорівнює швидкості обертання маховиків, тремтів і підстрибував, але при цьому центр маси системи залишався на місці. У зв'язку з цим експериментом більшість учених висловлювалися цілком визначено: інерційну машину на замкнутій системі побудувати не можна. В даному випадку можна сказати, якщо маховики жорстко пов'язані з корпусом інерційного рушія, то потенційна енергія та імпульс перерозподілятимуться між елементами системи, а центр маси залишатиметься на місці. Маховики своїми протилежними кінцями кріплення чинитимуть протидію на елементи та всю основну масу системи. Мета роботи – теоретично дослідити можливість або неможливість створення інерційного рушія, що створює рух центру маси усієї системи. У роботі теоретично досліджено систему, що складається з двох протилежно обертових дисків. Диски розташовані в одній площині на відстані радіусів. Центри обертання та центр маси жорстко пов'язані між собою. Проведені теоретичні розрахунки показали, що при дисках, які протилежно обертаються, моменти обертання системи навколо центру маси будуть компенсуватися по координаті  $X$ . Тому, залишиться тільки сила, що діє на центр маси у напрямку координати  $Y$ . Конструктивно така система може легко реалізуватися для інерційного рушія. Але якщо враховувати енергетичну систему, що створює на диску силу  $F$  і яка жорстко зв'язана з координатною віссю  $X$ , то буде компенсація всіх сил і інерційного руху системи скоріше не буде. Слід зауважити, що незрозуміло за рахунок чого в замкнутій системі обертальний рух в одній системі координат приведе до поступального руху в іншій координатній системі центру мас. Для дослідження руху центру маси системи, необхідні нові експерименти та теоретичні розрахунки для інших систем.

**Ключові слова:** інерційний рушія; центр маси; система; диски; маховик.

**Zhurylenko B. E.**

## **ACTION OF A MECHANICAL INERTIAL PROPULSION FROM THE POINT OF VIEW OF THE CENTER OF MASS FOR USE IN AEROSPACE VEHICLES**

Modern aviation and astronautics are based on chemical jet engines that use the kinetic energy of a jet stream for movement in air and outer space. Currently, in addition to chemical jet engines, jet engines with high kinetic energy of a jet stream are being developed - plasma, ion, nuclear, Hall effect engines, etc. Some of them are at the research and design stage. For long flights, an engine is needed that does not require a supply of chemical fuel. An inertial engine meets these requirements. In studies of an inertial engine (N. Din 1963), when the flywheels rotate in opposite directions, the system body began to vibrate back and forth with a frequency equal to the speed of rotation of the flywheels, trembled and bounced, but the center of mass of the system remained in place. In connection with this experiment, most scientists expressed themselves quite clearly: it is impossible to build an inertial machine on a closed system. In this case, we can say that if the flywheels are rigidly connected to the body of the inertial engine, then the potential energy and momentum will be redistributed between the elements of the system, and the center of mass will remain in place. The flywheels, with their opposite ends of the mount, will have a counter-effect on the elements and the entire main mass of the system. The purpose of the work is to theoretically investigate the possibility or impossibility of creating an inertial engine that creates the movement of the center of mass of the entire system. The work theoretically investigates a system consisting of two oppositely rotating disks. The disks are located in the same plane - not at a distance of radii. The centers of rotation and the center of mass are rigidly connected to each other. The theoretical calculations performed showed that with counter-rotating disks, the moments of rotation of the system around the center of mass will be compensated along the  $X$  coordinate. Therefore, only the force acting on the center of mass in the direction of the  $Y$  coordinate will remain. Structurally, such a system can be easily implemented for an inertial propulsion system. But if we take into account the energy system that creates the force  $F$  on the disk and which is rigidly connected to the  $X$  coordinate axis, then all forces will be compensated and the inertial motion of the system will most likely not occur. It should be noted that it is unclear why in a closed system the rotational motion in one coordinate system will lead to translational motion in another coordinate system of the center of mass. To study the motion of the center of mass of the system, new experiments and theoretical calculations for other systems are necessary.

**Keywords:** inertial drive; center of mass; system; disks; flywheel

Стаття надійшла до редакції 26.08.2025 р.

Прийнято до друку 10.12.2025 р.