

p-ISSN 2308-5258

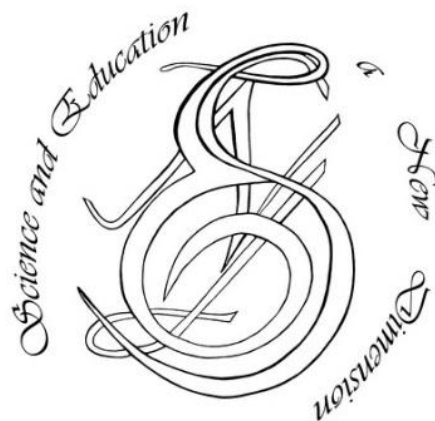
e-ISSN 2308-1996

Natural and Technical Sciences, VII(24), ISSUE 200, 2019 July.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

NATURAL  
AND  
TECHNICAL SCIENCES

TECHNICAL SCIENCES



[www.seanewdim.com](http://www.seanewdim.com)

**p-ISSN 2308-5258**

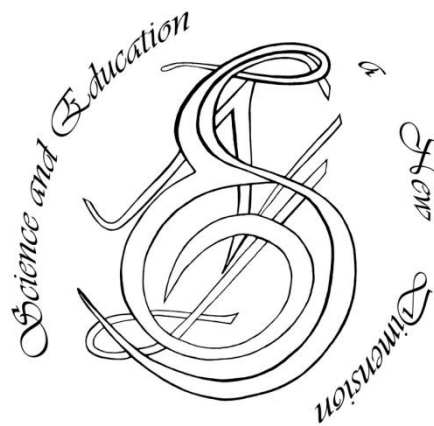
**e-ISSN 2308-1996**

VI(24), Issue 200, 2019 July.

**SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION**

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2019-200VII24>

**Natural and Technical Sciences**



[www.seanewdim.com](http://www.seanewdim.com)

Editorial board

**Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos**

**Honorary Senior Editor:**

**Jenő Barkáts, Dr. habil. Nina Tarasenkova, Dr. habil.**

**Andriy Myachykov**, PhD in Psychology, Senior Lecturer, Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

**Edvard Ayvazyan**, Doctor of Science in Pedagogy, National Institute of Education, Yerevan, Armenia

**Ferenc Ihász**, PhD in Sport Science, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

**Ireneusz Pyrzyk**, Doctor of Science in Pedagogy, Dean of Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Włocławek, Poland

**Irina Malova**, Doctor of Science in Pedagogy, Head of Department of methodology of teaching mathematics and information technology, Bryansk State University named after Academician IG Petrovskii, Russia

**Irina S. Shevchenko**, Doctor of Science in Philology, Department of ESP and Translation, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine  
Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

**Kosta Garow**, PhD in Pedagogy, associated professor, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

**László Kótis**, PhD in Physics, Research Centre for Natural Sciences, Hungary, Budapest

**Larysa Klymanska**, Doctor of Political Sciences, associated professor, Head of the Department of Sociology and Social Work, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**Liudmyla Sokurianska**, Doctor of Science in Sociology, Prof. habil., Head of Department of Sociology, V.N. Karazin Kharkiv National University

**Marian Włoshinski**, Doctor of Science in Pedagogy, Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Włocławek, Poland

**Melinda Nagy**, PhD in Biology, associated professor, Department of Biology, J. Selye University in Komarno, Slovakia

**Alexander Perekhrest**, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Nikolai N. Boldyrev**, Doctor of Science in Philology, Professor and Vice-Rector in Science, G.R. Derzhavin State University in Tambov, Russia

**Oleksii Marchenko**, Doctor of Science in Philosophy, Head of the Department of Philosophy and Religious Studies, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Olga Sannikova**, Doctor of Science in Psychology, professor, Head of the department of general and differential psychology, South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky, Odessa, Ukraine

**Oleg Melnikov**, Doctor of Science in Pedagogy, Belarusian State University, Belarus

**Perekhrest Alexander**, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University in Cherkasy, Ukraine

**Riskeldy Turgunbayev**, CSc in Physics and Mathematics, associated professor, head of the Department of Mathematical Analysis, Dean of the Faculty of Physics and Mathematics of the Tashkent State Pedagogical University, Uzbekistan

**Roza Uteeva**, Doctor of Science in Pedagogy, Head of the Department of Algebra and Geometry, Togliatti State University, Russia

**Seda K. Gasparyan**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Yerevan State University, Armenia

**Sokuriaynska Liudmyla**, Doctor of sociological science. Prof. Head of Department of Sociology. V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

**Svitlana A. Zhabotynska**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Tatyana Prokhorova**, Doctor of Science in Pedagogy, Professor of Psychology, Department chair of pedagogics and subject technologies, Astrakhan state university, Russia

**Tetiana Hranchak**, Doctor of Science Social Communication, Head of department of political analysis of the Vernadsky National Library of Ukraine

**Valentina Orlova**, Doctor of Science in Economics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

**Vasil Milloushev**, Doctor of Science in Pedagogy, professor of Department of Mathematics and Informatics, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Plovdiv, Bulgaria

**Veselin Kostov Vasilev**, Doctor of Psychology, Professor and Head of the department of Psychology Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

**Vladimir I. Karasik**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Volgograd State Pedagogical University, Russia

**Volodimir Lizogub**, Doctor of Science in Biology, Head of the department of anatomy and physiology of humans and animals, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Zinaida A. Kharitonchik**, Doctor of Science in Philology, Department of General Linguistics, Minsk State Linguistic University, Belarus

**Zoltán Poór**, CSc in Language Pedagogy, Head of Institute of Pedagogy, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

Managing editor:

**Barkáts N.**

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

The journal is published by the support of Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

BUDAPEST, 2015

**Statement:**

By submitting a manuscript to this journal, each author explicitly confirms that the manuscript meets the highest ethical standards for authors and co-authors. Each author acknowledges that fabrication of data is an egregious departure from the expected norms of scientific conduct, as is the selective reporting of data with the intent to mislead or deceive, as well as the theft of data or research results from others. By acknowledging these facts, each author takes personal responsibility for the accuracy, credibility and authenticity of research results described in their manuscripts. All the articles are published in author's edition.

**THE JOURNAL IS LISTED AND INDEXED IN:**

INDEX COPERNICUS: ICV 2014: 70.95; ICV 2015: 80.87; ICV 2016: 73.35; ICV 2018: 90.25

GOOGLE SCHOLAR

CROSSREF (DOI prefix:10.31174)

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU

## CONTENT

<b>AGRICULTURE</b> .....	7
Промислове садівництво Півдня України в рамках забезпечення продовольчої безпеки <i>I. В. Колокольчикова</i> .....	7
<b>ARCHITECTURE</b> .....	11
Formation of recreation cores in areas of multi-storey residential developments <i>O. Meshcheryakova</i> .....	11
Современные конструкции и технологии энергосбережения в жилом строительстве <i>Моради Пур Омид, С. В. Семка</i> .....	15
<b>CHEMISTRY</b> .....	19
Ідентифікація та кількісне визначення пестицидів у судово-медичній практиці <i>I. М. Пуховська, О. О. Цехоцький</i> .....	19
<b>INFORMATION TECHNOLOGY</b> .....	23
Information Technology for Analysing and Forecasting Time Series with Fractal Properties on the Basis of Linguistic Modelling <i>Y. A. Nedashkivskyi</i> .....	23
<b>MATHEMATICS</b> .....	27
Методика визначення ймовірності негласного отримання інформації потенційним порушником <i>О. А. Лантєв</i> .....	27
<b>MEDICAL SCIENCES</b> .....	31
Динаміка відновлення функції серцево-судинної системи у юнаків гірських районів Закарпатської області з різним соматотипом і складом маси тіла <i>О. А. Дуло, Н. М. Гема-Багіна</i> .....	31
Efficiency evaluation of approaches used for classification model creation of human body with ischemic heart disease <i>V. Iakymchuk, O. Nosovets</i> .....	35
<b>POPULATION ECOLOGY</b> .....	39
Порівняльний аналіз ефективності застосування апостеріорних тестів у когортному аналізі (на прикладі <i>D. melanogaster</i> ) <i>С. С. Руденко, А. В. Том'юк, С. С. Костишин</i> .....	39
<b>SPORTS</b> .....	45
Вплив психофізіологічних властивостей на функціональний стан організму спортсменів-легкоатлетів <i>Ю. Л. Тонкопей, О. О. Скиба, А. В. Леоненко, С. В. Чередниченко</i> .....	45

<b>TECHNICAL SCIENCES.....</b>	<b>49</b>
Розрахунок опору різної форми ватерлінії та ватерлінії з встановленими виїмками на її поверхні методами обчислюваної гідродинаміки <i>Ю. М. Король, Ю. С. Боднарчук.....</i>	<b>49</b>
Application of improved PESTLE analysis of the environment of an organizational project in the field of aircraft maintenance <i>D. F. Cepeda Guaman.....</i>	<b>53</b>
Проектування об'єктів короткочасної рекреації на території Прикарпаття <i>О. В. Гера.....</i>	<b>57</b>
Застосування широкосмугових сигналів у телекомунікаційних мережах систем відеоспостереження об'єктів інформаційної діяльності <i>А. М. Котенко, А. М. Зідан, С. В. Бодров, В. В. Собчук.....</i>	<b>61</b>
Забезпечення відмовостійкості та надійності багатопроцесорних систем для зменшення ризику виникнення катастроф та аварій на виробництві <i>Л. О. Мітюк, Н. В. Чехуніна, О. В. Землянська, Н. А. Праховнік.....</i>	<b>63</b>
Визначення мінімально припустимої довжини рукава пожежного кран-комплекту <i>С. Щербак, О. Петухова, О. Тарасенко.....</i>	<b>65</b>
Моделювання розкриття у невагомості каркасу параболічної антени за допомогою чотириланкової стержневої конструкції <i>Л. Л. Запольський, С. М. Шевченко.....</i>	<b>68</b>

## Моделювання розкриття у невагомості каркасу параболічної антени за допомогою чотириланкової стержневої конструкції

Л. Л. Запольський, \*С. М. Шевченко

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, м. Київ, Україна

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

\*Corresponding author. E-mail: shevchenkosn@nuczu.edu.ua

Paper received 15.04.19; Revised 24.04.19; Accepted for publication 01.05.19.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2019-200VII24-17>

**Анотація.** Запропоновано геометричну модель розкриття в умовах невагомості каркасу параболічної антени з використанням стержневої конструкції, подібної чотириланковому маятнику. Переміщення ланок конструкції відбуваються завдяки дії імпульсів піротехнічних двигунів на кінцеві точки ланок. Опис руху одержаного інерційного розкриття стержневої конструкції виконано за допомогою рівняння Лагранжа другого роду, і, зважаючи на умови невагомості, побудованого з використанням лише кінетичної енергії системи. Актуальність теми визначається необхідністю удосконалення та дослідження нових технологічних схем розкриття каркасів космічних інфраструктур. У тому числі каркасів параболічних антен, елементами яких є сім'я однакових співфокусних парабол, одержаних обертанням з певним кутовим кроком навколо спільної осі. Крім того, цікавими мають бути нові технології виконання монтажних робіт на орбіті з використанням конструкцій механічних захватів (типу «руки робота»), розташованих зовні космічних апаратів. Визначено параметри та початкові умови запуску руху чотириланкової стержневої конструкції з метою одержання необхідного розташування ланок. Показано, що для впровадження варіантів інерційного розкриття необхідно застосувати комплект уніфікованих піротехнічних пристроїв, величини імпульсів яких визначаються координатами вектора  $U'=\{0.1, 1.9, 1.3, 2.5\}$  умовних одиниць. Є можливість побудувати графіки зміни у часі функцій значень кутів як узагальнених координат, а також перших та других похідних цих функцій. В результаті можливо надати оцінки силовим характеристикам системи в момент гальмування (зупинки) процесу розкриття. Результати призначено для геометричного моделювання варіантів розкриття чотириланкових стержневих конструкцій в умовах невагомості. Наприклад, каркасів для орбітальних інфраструктур, а також механічних маніпуляторів для захвату космічних об'єктів.

**Ключові слова:** чотириланкова стержнева конструкція, розкриття у невагомості, рівняння Лагранжа другого роду.

**Постановка проблеми.** У більшості випадків рефлекторні антени космічного базування складаються з жорсткого каркасу, який після доставки на орбіту необхідно трансформувати і тим самим надати йому розраховану форму конструкції. Компоненти великогабаритних космічних стержневих конструкцій доставляються на орбіту у згорнутому вигляді [1]. При реалізації розкриття чотириланкової стержневої конструкції у невагомості виникає проблема вибору способів активації її руху. В якості засобів ініціювання розкриття пропонується використовувати імпульсні реактивні двигуни (типу піропатронів [2]), встановлених на кінцевих точках ланок стержневої конструкції. Адже піротехнічні пристрої набагато легші і дешевші порівняно з засобами ініціювання розкриття конструкції, такими, як електродвигуни або пружинні пристрої з термопам'яттю [3]. Це вказує на доцільність дослідження моделі розкриття каркасу параболічної антени в умовах невагомості з використанням стержневих конструкцій з імпульсними двигунами на кінцевих точках їх ланок.

**Аналіз останніх досліджень.** На практиці застосовують каркасні тросові системи розкриття, де за допомогою електродвигунів та тросів здійснюється синхронізація зміни величин кутів між суміжними ланками [4, 5]. Але застосування тросової системи розкриття на практиці обмежено розмірами конструкції та необхідністю синхронізувати дію електродвигунів, що є самостійною задачею при великій кількості ланок. Робота [6] присвячена методу розрахунку розкриття великогабаритних конструкцій з використанням програмних комплексів MSC.Software. В роботі [7] наведено приклад розрахунку розкриття за допомогою комплексу автоматизованого динамічного аналізу

багатокомпонентних механічних систем EULER. Але зазначені програмні продукти не розраховані без відповідних надбудов на реалізацію інерційного способу розкриття багатоланкових конструкцій. В роботах [8-13] наведено результати, одержані попередньо на тему даної роботи.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є розробка геометричної моделі процесу розкриття в умовах невагомості каркасу параболічної антени за допомогою стержневих конструкцій, аналогічних чотириланковому маятнику. Для ініціювання руху конструкції необхідно змоделювати дію імпульсних піротехнічних реактивних двигунів, встановлених на кінцевих точках ланок конструкції.

**Основна частина.** Оберемо уявну площину з декартовими координатами  $Ox$ , на якій в умовах невагомості має переміщуватися чотириланкова стержнева конструкція. Вона складатиметься з чотирьох невагомих нерозтяжних стержнів довжин  $L_1, L_2, L_3$  і  $L_4$ , шарнірно з'єднаних між собою вузловими циліндричними шарнірами з масами  $m_1, m_2, m_3$  і  $m_4$ . Рух без тертя у циліндричних шарнірах забезпечує переміщення вантажів лише у межах обраної уявної площини. Тобто циліндричні шарніри у вузлах конструкції забезпечують її розкриття лише у межах абстрактної площини, яка проходить через нерухому точку конструкції.

Початок першої ланки стержневої конструкції збігається з початком координат  $O$ . У якості напрямку відліку оберемо вісь  $Ox$ . Узагальненими координатами вважатимемо кути  $u_1(t), u_2(t), u_3(t)$  і  $u_4(t)$ , утворені на площині відповідними ланками з напрямком відліку (рис. 1).

Запуск руху стержневої конструкції у невагомості здійснюється шляхом вибору величин імпульсів, на-

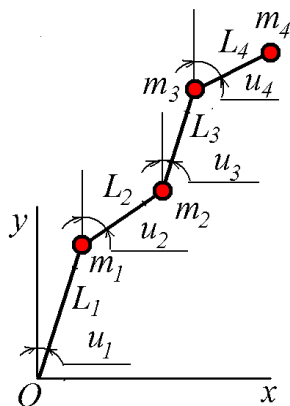


Рис. 1. Схема чотириланкової стержневої конструкції

даних кожному з кутів відхилень. Наприклад,  $U'=\{u_1'(0), u_2'(0), u_3'(0), u_4'(0)\}$  означає, що  $i$ -тому вантажу масою  $m_i$  надано імпульс величиною  $m_i u_i'(0)$ , ( $i=1..4$ ). Тобто кутам розкриття  $u_i(t)$  надано початкові швидкості  $u_i'(0)$ , ( $i=1..4$ ). З врахуванням наданої реактивними двигунами миттєвих швидкостей  $u_1'(0)$ ,  $u_2'(0)$ ,  $u_3'(0)$  і  $u_4'(0)$ , стержнева конструкція далі має розкриватися за інерцією. Кожний піротехнічний двигун (типу піропатрона) повинен забезпечити розраховану величину імпульсу. Реактивні двигуни повинні закріплюватися так, щоб їх дії були спрямовані по нормалі до відповідної ланки в площині розкриття.

Для опису руху чотириланкової стержневої конструкції складемо та розв'яжемо систему рівнянь Лагранжа другого роду. За допомогою узагальнених координат обчислюємо координати вузлових точок:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= L_1 \sin(u_1(t)); & y_1(t) &= L_1 \cos(u_1(t)); \\ x_2(t) &= x_1(t) + L_2 \sin(u_2(t)); & y_2(t) &= y_1(t) + L_2 \cos(u_2(t)); \\ x_3(t) &= x_2(t) + L_3 \sin(u_3(t)); & y_3(t) &= y_2(t) + L_3 \cos(u_3(t)); \\ x_4(t) &= x_3(t) + L_4 \sin(u_4(t)); & y_4(t) &= y_3(t) + L_4 \cos(u_4(t)). \end{aligned} \quad (1)$$

За умови відсутності дисипативних сил і з врахуванням «нульової» потенціальної енергії опис розкриття стержневої конструкції на уявній площині виконаємо на основі лагранжіана:

$$L = 0,5[m_1(x_1'^2 + y_1'^2) + m_2(x_2'^2 + y_2'^2) + m_3(x_3'^2 + y_3'^2) + m_4(x_4'^2 + y_4'^2)]. \quad (2)$$

Опис руху чотириланкової стержневої конструкції одержимо у вигляді системи з чотирьох диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду відносно функцій  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$ ,  $u_3(t)$  і  $u_4(t)$  (з причини громіздкості тут

не наведено). При розв'язанні системи рівнянь слід враховувати координати таких векторів: довжин ланок стержневої конструкції:  $L=\{L_1, L_2, L_3, L_4\}$ ; значень мас вантажів (шарнірів):  $m=\{m_1, m_2, m_3, m_4\}$ ; значень початкових кутів відхилень:  $U=\{u_1(0), u_2(0), u_3(0), u_4(0)\}$ , а також значень початкових швидкостей, наданих кутам відхилень  $U'=\{u_1'(0), u_2'(0), u_3'(0), u_4'(0)\}$ . Всі значення параметрів в умовних величинах.

З врахуванням відповідних початкових умов системі рівнянь Лагранжа другого роду розв'язано методом Рунге-Кутти в середовищі математичного пакету Maple, і одержані наближені розв'язки позначено символами  $U_1(t)$ ,  $U_2(t)$ ,  $U_3(t)$  і  $U_4(t)$ . В обраній на площині системі координат  $Oxy$  з використанням одержаних розв'язків визначаємо координати вузлових точок в момент часу  $t$ . Для цього використовуємо вирази (1) для обчислення координат вузлів стержневої конструкції за допомогою узагальнених координат, замінивши там малі літери  $u$  на великі  $U$ .

Враховуючи обчислені координати вузлів стержневої конструкції як функції в часі, побудуємо кадри комп'ютерної анімації процесу розкриття. В результаті спостереження за процесом розкриття обираємо момент часу  $t=t_0$  зупинки розкриття та визначаємо параметри стоп-коду  $U_{stop}=\{u_1(t_0), u_2(t_0), u_3(t_0), u_4(t_0)\}$ .

У визначений за допомогою комп'ютерної анімації час  $t_0$  розкриття необхідно зупинити. Враховано, що багатоланкову стержневу конструкцію на орбіту доставляють у складеному вигляді (наочно це нагадує побутовий метр у складеному стані). Вектор значень початкових кутів відхилень матиме координати  $U=\{\pi/2, -\pi/2, \pi/2, -\pi/2\}$ .

Для формування каркасу квазіпараболіда (названо для коректності) обрано однакові довжини ланок  $L=\{3, 3, 3, 3\}$  і маси вантажів  $m=\{1, 1, 1, 1\}$ . На кінцеві точки ланок механізмів передбачено впливати піротехнічними пристроями, величини імпульсів яких визначаються координатами вектора  $U'=\{0.1, 1.9, 1.3, 2.5\}$ . Значення всіх параметрів в умовних величинах.

Час інтегрування системи рівнянь  $T=1.55$ . На рис. 2 наведено кадри схеми формування квазіпараболи, наближену чотириланковими стержневими конструкціями. Координатами вектора «стоп-коду» будуть  $U_{stop}=\{0.1642, 0.7710, 1.006, 1.435\}$ . На сайті [14] наведено анімаційні зображення, які підтверджують одержані результати.

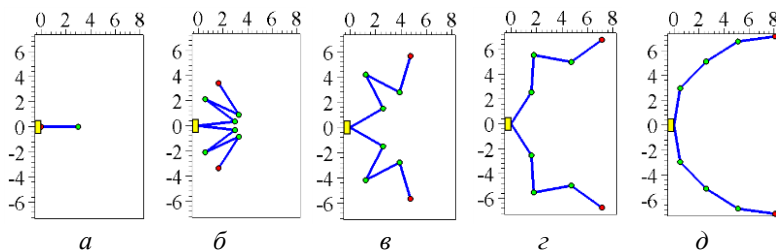


Рис. 2. Кадри процесу розкриття схеми квазіпараболи: а –  $t=0$ ; б –  $t=0.5$ ; в –  $t=1$ ; г –  $t=1.2$ ; д –  $t=1.55$

На рис. 3 зображено форму каркасу квазіпараболіда, одержану обертанням навколо осі  $Ox$  квазіпараболи з рис. 2, е.

До переваг піротехнічних пристроїв, на яких базується запропонована схема розкриття багатоланкової

стержневої конструкції, слід віднести: малу вагу і дешевизну; можливість налаштування на розраховану величину імпульсу; стійкість до перевантажень в процесі доставки на орбіту; не потребують розконсервування та тестування перед запуском розкриття конс-



трукції; можливість активізації дії дистанційно за допомогою радіосигналів або рентгенівського випромінювання.

**Висновки.** Взаємне розташування елементів чотириланкових стержневих конструкцій, які наближають квазіпараболу та квазіпараболіод, доцільно визначати за допомогою комп'ютерної анімації. Аналіз кадрів анімацій дозволяє обрати необхідний момент часу фіксації (зупинки) розкриття, коли виникне необхідне для використання (у даному випадку - у вигляді квазіпараболи) взаємне розташування ланок стержневих конструкцій.

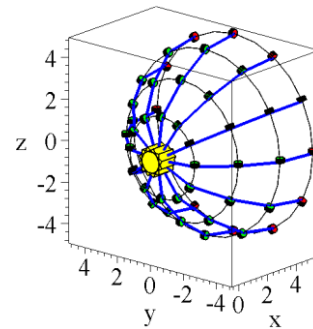


Рис. 3. Конструкція, яка наближає форму квазіпараболіода

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Алпатов А. П. Динаміка перспективних космічних апаратів // А. П. Алпатов / Вісник НАН України. 2013. № 7. С. 6–13
2. Буянова Л. В. Методика проектирования пиротехнических устройств систем отделения // Л. В. Буянова., Е. И. Журавлёв / Инженерный вестник. 2015. № 07. С. 56–62.
3. Особенности расчета раскрытия крупногабаритных трансформируемых конструкций различных конфигураций / Зимин В. Н., Крылов А. В., Мешковский В. Е., Сдобников А. Н., Файзуллин Ф. Р., Чурилин С. А. // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. № 10. С. 179–191. doi: <https://doi.org/10.7463/1014.0728802> .
4. Deployable Perimeter Truss with Blade Reel Deployment Mechanism. URL: <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/tech-briefs/mechanics-and-machinery/24098>.
5. Бушуев А. Ю. Математическое моделирование процесса раскрытия солнечной батареи большой площади // А. Ю.Бушуев, Б. А. Фарафонов / Математическое моделирование и численные методы. 2014. № 2. С. 101–114.
6. Щесняк С. Проектирование и расчет крупногабаритных раскрывающихся конструкций с помощью программных комплексов MSC.Software // С.Щесняк, А.Романов / CADmaster. 2009. № 2-3. С. 28–36.
7. Бойков В. Г. Программный комплекс автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем EULER // В. Г. Бойков / САПР и графика. 2009. № 9. С. 17–20.
8. Куценко Л. М. Геометричне моделювання розгортання у невагомості багатоланкової конструкції з інерційним розкриттям // Л. М.Куценко, Л. Л. Запольський / Вісник Херсонського національного технічного університету. 2017. Т. 2, № 3 (62). С. 284–291.
9. Geometrical modeling of the inertial unfolding of a multi-link pendulum in weightlessness / Kutsenko L., Shoman O., Semkiv O., Zapolsky L., Adashevskay I., Danylenko V. et. al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 6, Issue 7 (90). P. 42–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.114269> .
10. Куценко Л. М., Пікрасов М. М., Запольський Л. Л. Ілюстрації до геометричного моделювання інерційного розкриття багатоланкового маятника у невагомості. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/4868>.
11. Geometrical modeling of the shape of a multilink rod structure in weightlessness under the influence of pulses on the end points of its links / Kutsenko L., Semkiv O., Zapolskiy L., Shoman O., Ismailova N., Vasyliiev S. et. al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 2, Issue 7 (92). P. 44–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126693> .
12. Куценко Л. М., Пікрасов М. М., Запольський Л. Л. Ілюстрації до статті геометричне моделювання процесу розкриття стержневих конструкцій у невагомості. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6335>.
13. Куценко Л. М., Пікрасов М. М., Запольський Л. Л. Геометричне моделювання розкриття у невагомості деяких просторових стержневих конструкцій. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7051>

#### REFERENCES

1. Alpatov A. P. Dinamika promising space apparatuses // A. P. Alpatov / Bulletin of the National academy of sciences of Ukraine. 2013. № 7. P. 6–13
2. Buyanova L.V. Method of designing pyrotechnic devices of separation systems // L.V. Buyanova., E.I. Zhuravlev / Engineering bulletin. 2015. № 07. P. 56–62.
3. Features of the calculation of the disclosure of large-sized transformable structures of various configurations / Zimin V.N., Krylov A.V., Meshkovsky V.E., Sdobnikov A.N., Fayzullin F.R., Churilin S.A. // Science and Education. MGTU them. N.E. Bauman. 2014. No. 10. P. 179–191. doi: <https://doi.org/10.7463/1014.0728802>
5. Bushuev A. Yu. Mathematical modeling of the process of opening a large solar cell // A. Yu. Bushuev, B. A. Farafonov / Mathematical modeling and numerical methods. 2014. No. 2. P. 101–114.
6. Szczesniak S. Designing and calculating large-sized drop-down constructions using MSC.Software software systems // S. Schesnyak, A. Romanov / CADmaster. 2009. No. 2-3. P. 28–36.
7. Boykov V. G. The software complex for automated dynamic analysis of multicomponent mechanical systems EULER // V. G. Boykov / CAD and graphics. 2009. № 9. P. 17–20.
8. Kutsenko L.M. Geometric model-waving rozgortannaya nevagomosti bagatolankovo i designs with inertsinym rozkrittiam // L.M.Kutsenko, L.L. Zapolskiy / Herald of the Kherson national technical university. 2017. Vol. 2, No. 3 (62). P. 284–291.
10. Kutsenko L. M., Pिकासов M. M., Zapolskiy L. L. Illustrations to geometric modeling of inertial disclosure of a multilateral pendulum in weightlessness. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/4868>.
12. Kutsenko L. M., Pिकासов M. M., Zapolskiy L. L. Illustrations to the article geometrical modeling of the process of opening of rod structures in weightlessness. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6335>.
13. Kutsenko L. M., Pिकासов M. M., Zapolskiy L. L. Geometrical modeling of the discovery of the weightlessness of some spatial rod structures. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7051>

### **Geometrical modeling of the unfolding of spatial rod structures, similar to the four-link pendulum, in weightlessness**

**L. Zapolskiy, S. Shevchenko**

A geometrical model of opening in the zero gravity framework of a parabolic antenna with the use of a rod structure similar to a four-link pendulum is proposed. The movement of the links of the structure occurs due to the action of the pulses of pyrotechnic engines on the end points of the links. The description of the motion of the obtained inertial disclosure of the core structure was carried out using the Lagrange equation of the second kind, and, taking into account the conditions of weightlessness, constructed using only the kinetic energy of the system. The relevance of the topic is determined by the need to improve and research new technological schemes for disclosing the frameworks of space infrastructures. Including frames of parabolic antennas, elements of which are a family of identical confocal parabolas, obtained by rotation with a certain angular step around a common axis. In addition, interesting should be new technologies to perform installation work in orbit using the structures of mechanical grips (such as "hands work"), located outside the spacecraft. The parameters and initial conditions for launching the motion of a four-bar core structure are determined in order to obtain the necessary arrangement of links. It is shown that for implementations of variants of inertial opening it is necessary to apply a set of unified pyrotechnic devices, the magnitudes of which pulses are determined by the coordinates of the vector  $U = \{0.1, 1.9, 1.3, 2.5\}$  conventional units. It is possible to construct graphs of the time variation of the functions of the angles as generalized coordinates, as well as the first and second derivatives of these functions. As a result, you can get an estimate of the power characteristics of the system at the time of braking (stopping) the process of disclosure. The results are intended for geometric modeling of variants for the disclosure of four-bar core structures in zero gravity. For example, frames for orbital infrastructures, as well as mechanical manipulators for capturing space objects.

**Keywords:** *four-bar core construction, opening in weightlessness, Lagrange equations of the second kind.*

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

The journal is published by the support of  
Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

Készült a Rózsadomb Contact Kft nyomdájában.  
1022 Budapest, Balogvár u. 1.  
[www.rcontact.hu](http://www.rcontact.hu)