МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. О. СУХОМЛИНСЬКОГО

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 1(3)
квітень 2017

Миколаїв
МНУ імені В. О. Сухомлинського
2017

УДК 514.8+519.87+004
ББК 32.81+30вб
Г 35

Рекомендовано до друку рішенням наукової ради
Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського
(протокол № 6 від 27 квітня 2017 року)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Валерій БУДАК доктор технічних наук, професор, академік НАПН України; голова редакційної колегії;

Сергій УСТЕНКО доктор технічних наук, доцент, головний редактор;

Віктор МЕЛЬНИК кандидат технічних наук, доцент, відповідальний секретар.

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Валерій БОРИСЕНКО доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського;

Володимир ГНАТУШЕНКО доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих систем обробки інформації Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара;

Ігор КОВАЛЕНКО доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова;

Володимир КОРЧИНСЬКИЙ доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронних засобів телекомунікацій Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара;

Костянтин КОШКІН доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних управляючих систем та технологій Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова;

Леонід КУЦЕНКО доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки Національного університету цивільного захисту України;

Максим МУСІЄНКО доктор технічних наук, професор, декан факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили;

Валерій ПОЗДЄЄВ доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського;

Сергій ПРИХОДЬКО доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова;

Микола ФІСУН доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету імені Петра Могили;

Анатолій ХОМЧЕНКО доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри прикладної та вищої математики Чорноморського національного університету імені Петра Могили;

Ольга ШОМАН доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геометричного моделювання та комп'ютерної графіки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Олександр НІЦИН доктор технічних наук, професор, професор кафедри геометричного моделювання та комп'ютерної графіки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

Олександр ЧЕРНІКОВ доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерної та комп'ютерної графіки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Г 35 **Геометричне моделювання та інформаційні технології**: науковий журнал / за ред. Сергія Устенка. — № 1 (3), квітень 2017. – Миколаїв : МНУ імені В. О. Сухомлинського, 2017. — 156 с.

ISSN 2520-2820 (online)
ISSN 2524-0978 (print)

У науковому журналі висвітлено актуальні питання геометричного моделювання, комп'ютерних систем, інформаційних технологій тощо. Авторами виразно актуалізуються поняття «комп'ютерне моделювання», «геометричне моделювання», «об'ємне моделювання», «програмування», «прикладна геометрія» та інші.

Видання адресовано науковцям, викладачам, студентам технічних спеціальностей.

УДК 514.8+519.87+004
ББК 32.81+30вб

ISSN 2520-2820 (online)
ISSN 2524-0978 (print)

© Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського, 2017

ЗМІСТ

Екатерина АНТИПОВА, Игорь КОВАЛЕНКО, Сергей УСТЕНКО
Информационная технология выбора оптимальных линейно-функциональных организационных структур 7

Олена БІДНІЧЕНКО
Підвідний пристрій відцентрового компресора як об'єкт геометричного моделювання 14

Олена БОЙЧУК, Максим БОРИСЕНКО, Олександр ПРИГОДА
Чисельне моделювання та розрахунок напружено-деформованого стану структурованої оболонки 20

Валерій БОНДАРЕНКО, Владислав ПОТУРНАК, Богдан ГУНЬКО
Автоматизована система віртуальних механічних випробувань радіо-електронних засобів за їхніми геометричними комп'ютерними моделями 24

Валерій БОРИСЕНКО, Євгеній ДРУЗЬ
Моделювання *s*-подібних скелетних ліній профілів лопаток осьових компресорів дугами кіл 30

Валерій БОРИСЕНКО, Сергій СЛОБОДЯН, Андрій УСТЕНКО
Моделювання корабельних кривих з квадратичним законом розподілу кривини 34

Сергій ВІРЧЕНКО
До питання динамічного комп'ютерного геометричного моделювання технологічних процесів обробки тиском 39

Andriy GLYBOVETS, Mohammad ALHAWAWSHA
E-Government versus Smart government: The United States Versus Jordan 42

Ярослав ЖУК, Віктор СІЧКО, Лариса ВАСІЛЬЄВА, Ігор УМРИХІН
Чисельне вивчення вимушених коливань тривалого демпфера з фізично нелінійних матеріалів при гармонічному навантаженні з урахуванням внутрішніх втрат 48

Андрій ЗЕРКО, Олександр ОКСІЮК
Аналіз питань захисту інформації в операційних системах на прикладах захищених операційних систем 53

Ігор КОВАЛЕНКО, Альона ШВЕД
Дослідження динаміки рівня невизначеності в умовах різної структури експертних свідоцтв 56

Виктория КОНДРАТЬЕВА, Дмитрий ЧАЙКА
Кодирование для защиты от искажений при пересылке с применением сочитательной и перестановочной систем кодирования 63

Виктория КОНДРАТЬЕВА, Дмитрий ЧАЙКА
Метод программного хранения информации с помощью отображения ее на опорной гамме вырабатываемой генератором псевдослучайных чисел 68

Дмитро КОТЛЯР, Дмитро ВОЛІК
Моделювання явища редукції порохових газів у дульному зрізі 74

Олена КРЕМЕНЧЕНКО, Єлизавета ЗАВАЛКО, Анатолій ХОМЧЕНКО
Когнітивно-графічний аналізмодельного ряду серендипових елементів: паритет об'ємів 79

Катерина КУЗЬМА, Василь ЗІВЕНКО
Аналіз методів фільтрації електронної пошти від спаму 84

Леонід КУЦЕНКО, Олена СУХАРЬКОВА
Геометричне моделювання руху маятникових аналогів інерціоїда В. М. Толчина 90

Олександр МЕЛЬНИК, Віктор МЕЛЬНИК
Інформаційно-вимірювальна система для реєстрації динамічних характеристик суднових упорних підшипників 96

Володимир ТІГАРЄВ, Евеліна МАХІЯНОВА, Анастасія МІТКОВА
Аналіз геометричних форм при створенні орнаментів та методи їх формування з використанням сучасних САПР 101
Михайло ПЕТРИШИН, Віктор РОВІНСЬКИЙ
Моделювання процесів перетворення форми інформації із унітарним та розрядно-позиційним кодуванням 107
Ганна ПОГРОМСЬКА, Наталія ПЄТУХОВА
Актуальні тенденції розвитку технологій в галузі веб-програмування: аналітичний огляд 114
Володимир ТІГАРЄВ, Аліна МАТКОВСЬКА
Створення узагальнених алгоритмів і підсистеми автоматизованого моделювання геометричних орнаментів на основі САПР AutoCAD 120
Serhiy USTENKO, Serhiy LUKYANCHIKOV, Ivan LUKYANCHIKOV
A software for data compression using double differential transformation of sound signal 128
Сергій УСТЕНКО, Олександр СИНЯВІН
Геометричне моделювання плоских кривих із заданим параболічним розподілом кривини на обмеженій площині..... 133
Юрій ХОЛКОВСЬКИЙ
Визначення локальної області забруднення екологічного середовища дискретно-інтерполяційним методом..... 141
Анатолий ХОМЧЕНКО, Наталья КОВАЛЬ
Правило параболических трапеций и кубатурные формулы 145
Віталій ЧЕРНЯК
Побудова поверхонь рівня дискретних невпорядкованих скалярних полів 149

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ 153

ISSN 2520-2820 (online), ISSN 2524-0978 (print)

CONTENTS

Kateryna ANTIPOVA, Igor KOVALENKO, Sergiy USTENKO
Information technology of optimal linear-functional organizational structures selection 7

Helen BIDNICHENKO
Inlet centrifugal compressor device as object of geometrical modeling..... 14

Olena BOYCHUK, Maxim BORISENKO, Oleksandr PRIGODA
Numerical simulation and calculation of structured shell stress-strain state 20

Valerii BONDARENKO, Vladyslav POTURNAK, Bohdan GUNJKO
Automated system of virtual mechanical tests of radio-electronic means according to their geometric computer models 24

Valerii BORYSENKO, Yevhenii DRUZ
Modelling of S-similar skeletal lines profiles for axial compressors by circular arcs 30

Valerii BORYSENKO, Oleh SLOBODIAN, Andrii USTENKO
Modeling of ship curves with a quadratic law of curvature distribution 34

Serhii VIRCHENKO
To the question of dynamic computer geometric modeling of pressure technological processes 39

Andriy GLYBOVETS, Mohammad ALHAWAWSHA
E-Government versus Smart government: The United States Versus Jordan 42

Yaroslav ZHUK, Viktor SICHKO, Larysa VASILIEVA, Ihor UMRYKHIN
Numerical research of dissipation on thermomechanical behavior of threelayred physically nonlinear damper under monoharmonic static deformation..... 48

Andrii ZERKO, Oleksandr OKSIIUK
Analysis of data secure in operating systems on examples of protecting operating systems 53

Igor KOVALENKO, Alyona SHVED
A study of the dynamics of the level of uncertainty under different structures of expert evidences..... 56

Victoria KONDRATIIVA, Chaika DMITRY
Encoding to protect against corruption during shipment with the use of societatile and permutation coding systems 63

Victoria KONDRATIIVA, Chaika DMITRY
Method of software store information through reflection of her on the reference tones generated by the generator of pseudo-random numbers 68

Dmitry KOTLYAR, Dmitry VOLIK
Modeling of the powder gas reduction process in the gun muzzle 74

Elena KREMENCHENKO, Elizaveta ZAVALKO, Anatoly KHOMCHENKO
Cognitive-graphic analysis of serendipityelements: parity of volumes..... 79

Kateryna KUZMA, Vasyl ZIVENKO
Analysis of methods of email filtering from spam 84

Leonid KUTSENKO, Elena SUKCHARKOVA
Geometrical modeling of motion pendulum analogues tolchin's inertcioid..... 90

Alexander MELNIK, Victor MELNIK
Information-measuring system for registration of dynamic characteristics of shipboarding bearings 96

Volodymyr TIGARIEV, Evelina MAKHIIANOVA , Anastasiia MITKOVA
Analysis of geometric shapes in creating ornaments and methods of their formation using modern CAD 101

Mykhailo PETRYSHYN, Viktor ROVINSKYI
Modelling of information form transformation processes with unary and bit-positional coding 107

Hanna POHROMSKA, Natalia PETUKHOVA
Actual technological trends in the web-programming: analytical review 114
Volodymyr TIGARIEV, Alina MATKOVSKA
Creation of generalized algorithms and subsystem of automated modeling of geometric ornaments based on AutoCAD..... 120
Serhiy USTENKO, Serhiy LUKYANCHIKOV, Ivan LUKYANCHIKOV
A software for data compression using double differential transformation of sound signal 128
Serhiy USTENKO, Oleksandr SYNIAVIN
Geometrical modeling of flat curves with a parabolic distribution of curvature on a limited plane..... 133
Yuriy KHOLKOVSKY
Determination of the local polluted area of ecological environment by discrete interpolation method 141
Anatoliy KHOMCHENKO, Natalia KOVAL
The trapezoidal parabolic rule and cubature formulas 145
Vitalii CHERNIAK
The construction of surface on the level of discrete disordered scalar fields 149

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS 153

УДК 514.18
Леонід КУЦЕНКО
leokuts@mail.ru
ORCID: 0000-0003-1554-8848
Олена СУХАРЬКОВА
lena_sukharkova@mail.ru
ORCID: 0000-0003-1033-4728
м. Харків

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ МАЯТНИКОВИХ АНАЛОГІВ ІНЕРЦІОЇДА В. М. ТОЛЧИНА

Розглянуто геометричну модель руху інерціоїда В. М. Толчина, складену на основі рівняння Лагранжа другого роду, а також можливу модифікацію інерціоїда, яка базується на коливаннях у вертикальній площині двох маятників, приєднаних до візка. Було визначено нехаотичні траєкторії переміщення вантажів цих маятників, завдяки чому утворюються погоджені коливання маятників і ініціюється рух візка у горизонтальному напрямку.

Ключові слова: інерціоїд В. М. Толчина, математичний маятник, рівняння Лагранжа другого роду, фазова траєкторія.

Постановка проблеми. Усі технічні пристрої, що забезпечують переміщення тіл на поверхні й у просторі, використовують наявність певної опори. Тобто рух виникає у результаті відштовхування від якогось субстрату: земної поверхні, води, повітря. При використанні традиційних рушіїв рух виникає у результаті взаємодії рушія з навколишнім середовищем. Ця взаємодія, природно, завжди супроводжується силами тертя, на подолання яких витрачається значна частина енергії палива.

У 30-х роках минулого століття інженер В. М. Толчин створив інерціоїд [1], який складається із двох ексцентричних вантажів на важелях (негравітаційних маятників), установлених на рухомому візку (рис. 1). Ексцентрики синхронно обертаються і переміщуються назустріч один одному зі змінною неперервною кутовою швидкістю [2]. При цьому в одних секторах кола, яке описують ексцентрики, кутова швидкість повороту негравітаційних маятників збільшується, а в інших – зменшується (рис. 2).

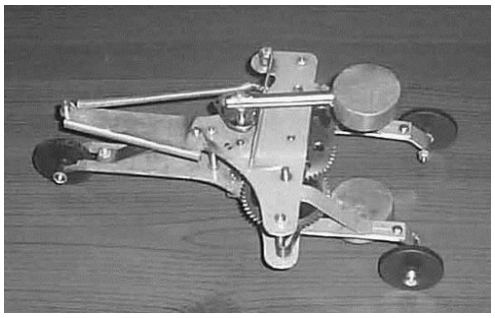

Рис. 1. Інерціоїд В. М. Толчина

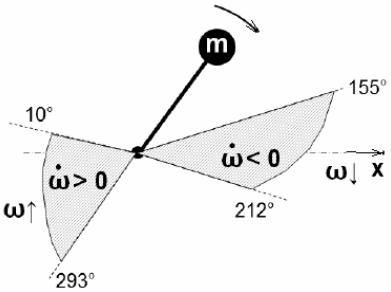

Рис. 2. Режим руху вантажу

Для популяризації та демонстрації особливостей руху інерціоїда проводилися його «змагання» на слизькій поверхні із візком із приводом на колеса. Візок із ведучими колесами прогнозовано буксував, а візок В. М. Толчина просувався по поверхні. Для різнобічного аналізу проблеми інерціоїдів доцільно буде розглянути один з їх різновидів, який базується на ініціюванні руху візка у горизонтальному напрямку за допомогою коливання у вертикальній площині вантажів двох гравітаційних маятників, які мають переміщуватися по нехаотичних траєкторіях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Численні експерименти з демонстраціями руху інерціоїда та його різновидів викликали дискусію в наукових колах. Більша частина вчених вважає, що рух інерціоїда обумовлений присутністю в розглянутій системі сил тертя. Тоді як послідовники

В. М. Толчина вважають, що рух інерціоїда пов'язаний із виникненням сил інерції за рахунок прискореного обертання важелів із вантажами [2].

Однак така інтерпретація поводження інерціоїда спричинює необхідність припустити, що порушуються закони механіки Ньютона. Адже можливість створення зазначеного рушія суперечить закону збереження імпульсу. Тому прихильники інерціоїдів стверджують, що тут використовуються якісь «нові» властивості інерційних мас і гравітаційних полів.

Для пояснення руху різновиду інерціоїда в роботах [3, 4] розглянуто його модифікацію на базі 2d-пружинного маятника, конструкція якого забезпечує прямолінійність осі пружини в процесі коливання. Це дозволило пояснити (і унаочнити) причини руху візка, які пов'язані зі стисненням чи розтягненням пружини в певні зручні моменти положення вантажу на траєкторії його переміщення. Тобто ініціювання руху візка у горизонтальному напрямку здійснюється завдяки погодженим коливанням маятника, вантаж якого має рухатися по наперед знайденій нехаотичній траєкторії (рис. 3).

а) *б)*

Рис. 3. Коливання 2d-пружинного маятника під візком [4]
при значеннях $m_1 = 150$; $m_2 = 40$; $k = 250$ і $d = 5$

Нехаотична траєкторія руху вантажу дозволяє узгодити з напрямком руху візка процесів розпрямлення (рис. 3, *а*) і стиснення пружини (рис. 3, *б*). Тобто у першому випадку відстань між масами штучно збільшується, а у другому – зменшується, що впливає на положення візка. В роботах [6–8] обрано такі позначення: маса візка $m_1 = 150$; маса вантажу пружинного маятника $m_2 = 40$; коефіцієнт жорсткості пружини $k = 250$ і довжина пружини у ненавантаженому стані $d = 5$.

Постановка завдання. Розробити геометричну модель руху інерціоїда В. М. Толчина, складену на основі рівняння Лагранжа другого роду, а також спосіб ініціювання руху візка у горизонтальному напрямку за допомогою коливання у вертикальній площині двох маятників, приєднаних до нього. При цьому ключовим моментом є визначення нехаотичних траєкторій переміщення вантажів цих маятників.

Виклад основного матеріалу. Для складання геометричних моделей руху пристроїв перелічимо обрані умови ідеалізації задач: а) параметри коливальної системи і початкові умови задаються в умовних числових одиницях; б) коливання маятників здійснюються у вертикальній площині; в) всі елементи системи не мають товщини, невагомі і не деформуються, опори у вузлах і опір повітря під час коливань відсутні; г) коливальна система є консервативною – тобто запас механічної енергії в процесі коливань залишається постійним (втрати енергії відсутні). Вважаємо, що процес розсіювання енергії відбувається повільно в порівнянні з характерними масштабами часу в системі.

На рис. 4 наведено схему коливальної системи інерціоїда В. М. Толчина, яка складається з візка та закріплених на ньому двох негравітаційних маятників (діють в горизонтальній площині). Для опису динаміки руху цієї коливальної системи використаємо рівняння Лагранжа другого роду.

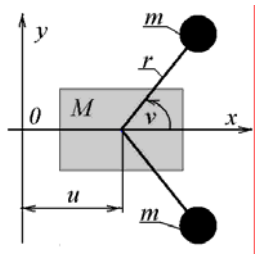

Рис. 4. Схема інерціоїда
В. М. Толчина

Як узагальнені координати оберемо такі параметри: $u(t)$ – горизонтальне зміщення візка вздовж осі Ox; $v(t)$ – кут відхилення маятників від осі Ox. Далі у формулах прийнято позначення: M – маса візка; m – маси вантажу кожного маятника; r – довжина маятників.

Лагранжиан системи інерціоїда В. М. Толчина має вигляд [2]

$$L := (M + 2m)\left(\frac{d}{dt}u(t)\right)^2 + mr^2\left(\frac{d}{dt}v(t)\right)^2 - 2mr\left(\frac{d}{dt}u(t)\right)\left(\frac{d}{dt}v(t)\right)\sin(v(t)). \quad (1)$$

Система диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду для консервативних систем має вигляд:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{u}} - \frac{\partial L}{\partial u} = 0\,, \qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{v}} - \frac{\partial L}{\partial v} = 0 \qquad .(2)$$

Після перетворення одержуємо систему рівнянь (тут і далі збережено синтаксис мови Maple):

$$2\left(\frac{d^2}{dt^2}u(t)\right)M + 4\left(\frac{d^2}{dt^2}u(t)\right)m - 2mr\left(\frac{d^2}{dt^2}v(t)\right)\sin(v(t)) - 2mr\left(\frac{d}{dt}v(t)\right)^2\cos(v(t)) = 0. \qquad (3)$$

$$-2mr\left(-r\left(\frac{d^2}{dt^2}v(t)\right) + \left(\frac{d^2}{dt^2}u(t)\right)\sin(v(t))\right) = 0.$$

Розв'язувати систему рівнянь (3) будемо чисельно за допомогою методу Рунге-Кутти у середовищі Maple. Використовуючи знайдені наближені розв'язки $U(t)$ і $V(t)$ в декартовій системі координат xOy траєкторії переміщення кожного з вантажів обох маятників побудувати за формулами:

$$\begin{aligned} &x_1(t) = U(t) + r\cos(V(t)); \;\; x_2(t) = U(t) + r\cos(V(t)); \\ &y_1(t) = r\sin(V(t)). \qquad\qquad y_2(t) = -r\sin(V(t)). \end{aligned} \qquad (4)$$

Далі наведемо розрахунок інерціоїда В. М. Торчина з параметрами $M = 15$; $= 1$; $m = 3$ і з початковими умовами $u0 = 0$; $u'0 = Du0$; $v0 = 0$; $v'0 = Dv0$.

Зазначені умови слід інтерпретувати так. Маятники починають рухатися з початку координат (умова $u0 = 0$) і з положення перпендикулярно осі Ox (умова $v0 = \pi/2$). Візку у напрямку осі Ox надається початкова швидкість значенням $u'0 = Du0$. А кутам відхилення маятників надається початкова швидкість значенням $v'0 = Dv0$. Зазначимо, що при від'ємному $Dv0$ «верхній» маятник буде рухатись за напрямком стрілки годинника, а «нижній» – проти напрямку стрілки годинника. В результаті візок інерціоїда буде рухатися по осі Ox праворуч. На характер руху впливатимуть як величини параметрів інерціоїда, так і значення початкових умов. При цьому головною характеристикою буде переривчастість переміщення інерціоїда праворуч. Від значень вхідних даних переміщення буде або без зупинок, або, частіше, з зупинками, а найчастіше (при довільному виборі значень параметрів і початкових умов) – з поверненням ліворуч. Задача вибору оптимальних параметрів є головною для дослідження теорії інерціоїдів.

На рис. 5 наведено приклад обчислених траєкторій руху вантажів маятників для варіанту з початковими умовами $Du0 = 1$; $Dv0 = -1$.

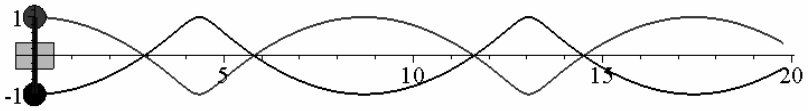

Рис. 5. Обчислені траєкторії руху вантажів маятників

Було складено програму геометричного моделювання руху інерціоїда за результатами розв'язання системи рівнянь Лагранжа другого роду (3). На базі програми створено анімаційний фільм, кадри з якого представлені на рис. 6. Перегляд фільму дає підстави стверджувати, що наведений варіант розрахунку характеризується рухом інерціоїда праворуч без зупинок.

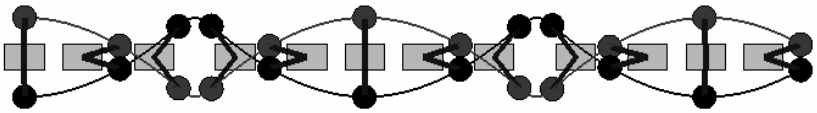

Рис. 6. Анімаційні кадри розрахованих фаз руху інерціоїда

Новим різновидом інерціоїда можна вважати пристрій, рух якого здійснюється за допомогою коливання у вертикальній площині двох гравітаційних маятників (діють у вертикальній площині), приєднаних до рухомого візка (рис. 7). При цьому вантажі маятників мають переміщуватися по завчасно обчислених нехаотичних траєкторіях. Покажемо, що зазначені коливання дозволяють ініціювати рух візка у горизонтальному напрямку.

На рис. 7 наведено схему коливальної системи, яка складається з візка та підвішених до нього двох маятників. Для опису динаміки руху цієї коливальної системи використаємо рівняння Лагранжа другого роду.

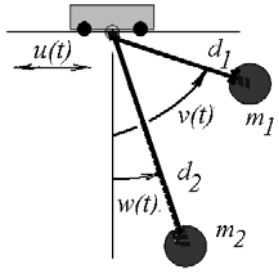

Рис. 7. Схема двох маятників під візком

Як узагальнені координати оберемо такі параметри: $u(t)$ – горизонтальне зміщення візка; $v(t)$ – кут відхилення від вертикалі першого маятника; $w(t)$ – кут відхилення від вертикалі другого маятника. Далі у формулах прийнято позначення: m_0 – маса візка; m_1 – маса вантажу першого маятника; m_2 – маса вантажу другого маятника; d_1 – довжина першого маятника; d_2 – довжина другого маятника; $g = 9{,}81$.

Система рівнянь Лагранжа другого роду має вигляд:

$$(m_0+m_1+m_2)\left(\frac{d^2}{dt^2}u(t)\right)-m_1d_1\cos(v(t))\left(\frac{d^2}{dt^2}v(t)\right)-m_2d_2\cos(w(t))\left(\frac{d^2}{dt^2}w(t)\right)+$$
$$+m_1d_1\sin(v(t))\left(\frac{d}{dt}v(t)\right)^2+m_2d_2\sin(w(t))\left(\frac{d}{dt}w(t)\right)^2=0. \tag{5}$$
$$-m_1d_1\cos(v(t))\left(\frac{d^2}{dt^2}u(t)\right)+m_1d_1^2\left(\frac{d^2}{dt^2}v(t)\right)+m_1d_1g\sin(v(t))=0.$$
$$-m_2d_2\cos(w(t))\left(\frac{d^2}{dt^2}u(t)\right)+m_2d_2^2\left(\frac{d^2}{dt^2}w(t)\right)+m_2d_2g\sin(w(t))=0.$$

Розв’язувати систему рівнянь (5) будемо чисельно за допомогою методу Рунге-Кутти з параметрами $d_1 = 4$; $d_2 = 8$; $m_0 = 1$; $m_1 = 1$ і з початковими умовами $u0 = 0$; $u'0 = 0$; $v0 = 0$; $v'0 = 1$; $w0 = 1$ і $w'0 = -1$.

З умов слідує, що стартове положення візка на початку координат (умова $u0 = 0$) без початкової швидкості (умова $u'0 = 0$). Перший маятник починає рух з вертикального положення (умова $v0 = 0$), якому надано швидкості умовної одиниці у напрямку проти годинникової стрілки (умова $v'0 = 1$). Другий маятник починає рух з відхиленого положення (умова $w0 = 1$), якому надано швидкості величиною від’ємної умовної одиниці у напрямку за годинниковою стрілкою (умова $w'0 = -1$). В результаті візок буде рухатися по осі Ox праворуч. На характер руху впливатимуть величини параметрів інерціоїда і значення початкових умов. При цьому головною «експлуатаційною» характеристикою також буде переривчастість переміщення візка праворуч.

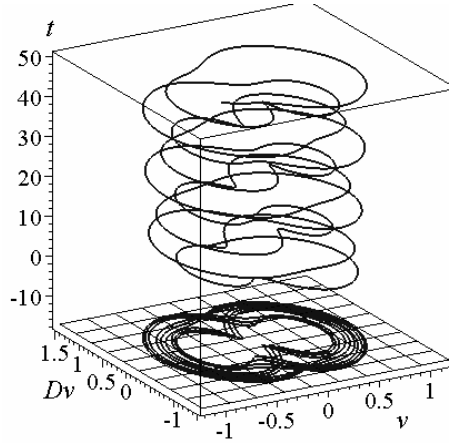

Рис. 8. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $v(t)$ для довільного значення m_2

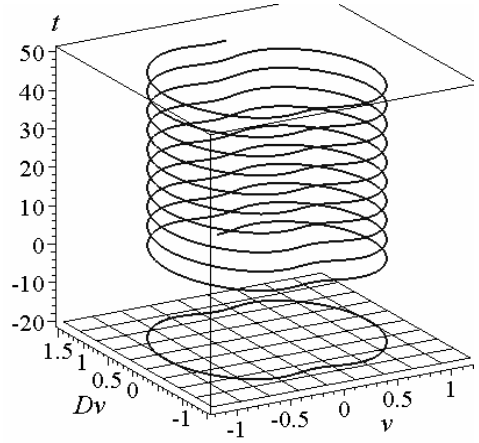

Рис. 9. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $v(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$

Розрахунок коливань маятникової системи (рис. 7) виконаємо за умови визначення невідомого значення маси m_2 залежно від інших відомих параметрів схеми. Для обчислення критичного значення

m_2 використаємо спосіб проекційного фокусування [6–10]. Для цього побудуємо наближене зображення інтегральної кривої у фазовому просторі однієї з функцій узагальнених координат, що залежатиме від певного значення параметра m_2. При довільному значенні m_2 у фазовому просторі одержимо «заплутану» інтегральну криву. Її проекція на фазову площину також матиме вигляд «заплутаної» фазової кривої (рис. 8). При значенні $m_2 = 2$ одержуємо проекційне фокусування (рис. 9).

На рис. 10, 11 зображено «сфокусовані» інтегральні криві і фазові траєкторії узагальнених координат $u(t)$ і $w(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$.

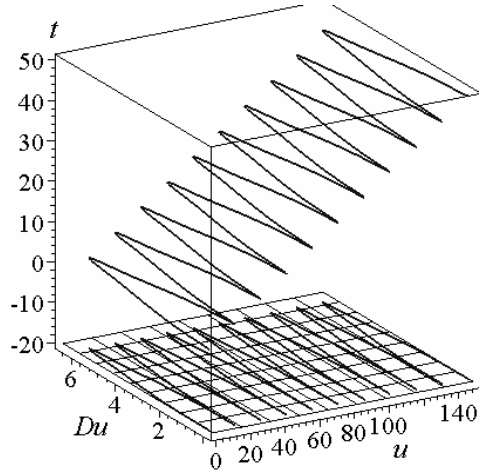

Рис. 10. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $u(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$

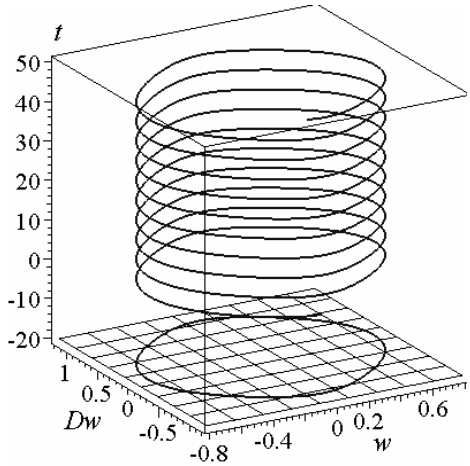

Рис. 11. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $w(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$

В роботах [3, 4] показано, що при поєднанні критичного значення параметра (у нашому випадку m_2) з іншими вихідними параметрами коливальної системи дозволяє знайти шукані наближені розв'язки диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду. В результаті обчислень було знайдено набір значень параметрів $d_1 = 4$; $d_2 = 8$; $m_0 = 1$; $m = 1$; $m_2 = 2$ і початкових умов $u0 = 0$; $u'0 = 0$; $v0 = 0$; $v'0 = 1$; $w0 = 1$ і $w'0 = -1$, які забезпечують існування двох нехаотичних траєкторій переміщення обох вантажів маятників.

На рис. 12 наведено розраховані нехаотичні траєкторії руху вантажів маятників для обраного варіанту.

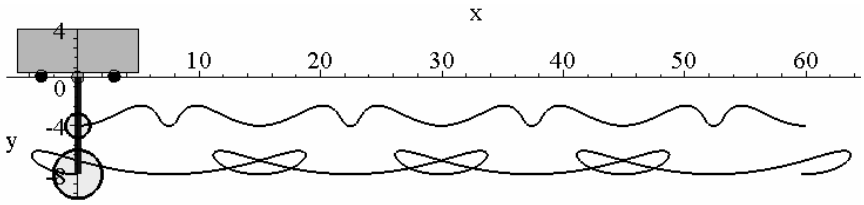

Рис. 12. Обчислені траєкторії руху вантажів маятників

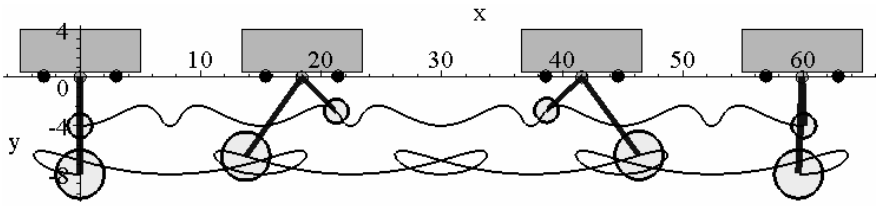

Рис. 13. Зображення деяких фаз коливань маятників під візком

Було складено програму геометричного моделювання руху візка з маятниками за результатами розв'язання системи рівнянь Лагранжа другого роду (5). На базі програми створено анімаційний фільм, кадри з якого представлені на рис. 13. Перегляд фільму дає підстави стверджувати, що наведений варіант розрахунку характеризується рухом візка праворуч без зупинок завдяки організованим рухам вантажів по обчисленій траєкторії.

Висновки і перспективи досліджень. Розроблений спосіб дозволяє визначати параметри нехаотичних коливань у вертикальній площині вантажів двох маятників під рухомим візком. Ці коливання здатні ініціювати рух візка у горизонтальному напрямку. Причину переміщення візка можна пояснити погодженими змінами моментів обертання маятників у наперед виявлені моменти положення обох вантажів на обчислених траєкторіях їх переміщення. Проведені дослідження будуть корисними для аналізу причин руху різновидів інерціоїдів маятникового типу.

Список використаних джерел

1. Толчин В. Н. Инерцоид. Силы инерции как источник поступательного движения / В. Н. Толчин. — Пермь, Пермское книжное издательство, 1977 г. — 103 с. Електроний ресурс. Режим доступу: http://second-physics.ru/lib/books/tolchin_inertioid.djvu.
2. Шипов Г. И. 4D гироскоп в механике Декарта / Г. И. Шипов // Кирилица, 2006, 74 с. Електроний ресурс. Режим доступу: http://www.shipov.com/files/021209_tolchdescart.pdf.
3. Семків О. М. Графічний комп'ютерний спосіб визначення нехаотичних траєкторій коливань маятникових систем / О. М. Семків // Вестник Харьковского нац. автомобильно-дорожного университета. — Харьков : ХНАДУ, 2016. — Вып. 72. — С. 94—101.
4. Куценко Л. М. Дослідження ініціювання руху візка за допомогою коливання 2d-пружинного маятника / Л. М. Куценко, О. М. Семків // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / Мелітополь : МДПУ імені Б. Хмельницького — 2016.— Вип. 6. — С. 71—76.
5. Semkiv O. M. Computer graphics of the oscillaton trajectories of 2-d spring pendulum weight / O. M. Semkiv // ORT Publishing — European Applied Sciences: challenges and solutions: 5th International scientific conference. — Stuttgart (Germany), 2015. — P. 63—70.
6. Семків О. М. Метод визначення особливих траєкторій коливань вантажу 2-d – пружинного маятника / О. М. Семків // Вестник Харьковского нац. автомобильно-дорожного университета. — Харьков : ХНАДУ, 2015. — Вып. 71. — С. 36—44.
7. Семків О. М. Визначення параметрів нехаотичних траєкторій коливань вантажу маятника з рухомим підвісом / О. М. Семків // Прикладна геометрія та інженерна графіка / Вип. 93. —К. : КНУБА, 2015. — С. 74—79.
8. Семків О. М. Визначення параметрів нехаотичних коливань вантажу маятника машини Атвуда / О. М. Семків // Прикладна геометрія та інженерна графіка / Вип. 92. — К. : КНУБА, 2014. — С. 113—118.
9. Семків О. М. Графічний комп'ютерний спосіб визначення нехаотичних траєкторій коливань маятникових систем / О. М. Семків // Вестник Харьковского нац. автомобильно-дорожного университета. — Харьков : ХНАДУ, 2016. — Вып. 72. — С. 94—101.
10. Семків О. М. Метод визначення нехаотичної траєкторії вантажу 2D-пружинного маятника / О. М. Семків // Сборник научных трудов международной конференции «Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2016» (26—27 мая 2016 р.). — Днепропетровск : НГУ, 2016. — С. 384—393.

Leonid KUTSENKO, Elena SUKCHARKOVA
Kharkiv

GEOMETRICAL MODELING OF MOTION PENDULUM ANALOGUES TOLCHIN'S INERTCIOID

The geometrical model of motion of Tolchin's inertcioid, made on the basis of equalization of Lagrange the second family, and also possible modification of инерциоида, that is based on vibrations in the vertical plane of two pendulums added to the light cart. The unchaotic trajectories of moving of loads of these pendulums were certain, due to what the concerted vibrations of pendulums appear and motion of light cart is initiated in horizontal direction.

Key words: Tolchin's inertcioid, mathematical pendulum, equations of Lagrange the second family, phase trajectory.

Леонид КУЦЕНКО, Елена СУХАРЬКОВА
г. Харьков

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАЯТНИКОВЫХ АНАЛОГОВ ИНЕРЦІОИДА В. Н. ТОЛЧИНА

Рассмотрена геометрическая модель движения инерциоида В. Н. Толчина, составленную на основе уравнения Лагранжа второго рода, а также возможную модификацию инерциоида, которая базируется на колебаниях в вертикальной плоскости двух маятников, присоединенных к тележке. Были определены нехаотические траектории перемещения грузов этих маятников, благодаря чему образовываются согласованные колебания маятников и инициируется движение тележки в горизонтальном направлении.

Ключевые слова: инерциоид В. Н. Толчина, математический маятник, уравнение Лагранжа второго рода, фазовая траектория.

Стаття надійшла до редколегії 12.03.2017

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ALHAWAWSHA Mohammad Nahar, аспирант кафедри інформаційних систем Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

АНТИПОВА Катерина Олександрівна, аспірантка кафедри програмного забезпечення автоматизованних систем, магістр Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

БІДНІЧЕНКО Олена Галиківна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та інженерної графіки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

БОЙЧУК Олена Володимирівна, кандидат фізико-математичних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

БОНДАРЕНКО Валерій Прокопович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електронних засобів телекомунікацій Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара.

БОРИСЕНКО Валерій Дмитрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

БОРИСЕНКО Максим Юрійович, кандидат фізико-математичних наук, викладач кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

ВАСІЛЬЄВА Лариса Яківна, кандидат фізико-математичних наук, старший викладач кафедри математики Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

ВІРЧЕНКО Сергій Геннадійович, аспірант кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського».

ВОЛІК Дмитро Андрійович, магістр, інженер-дослідник науково-дослідної частини Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

ГУНЬКО Богдан Миколайович, студент факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара.

ГЛИБОВЕЦЬ Андрій Миколайович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри мережних технологій Національного університету «Києво-Могилянська академія».

ДРУЗЬ Євгеній Іванович, студент механіко-математичного факультету Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

ЖУК Ярослав Олександрович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедрою теоретичної та прикладної механіки Київського національного університету імені Т. Г. Шевченка.

ЗАВАЛКО Єлизавета Андріївна, студентка факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили.

ЗЕРКО Андрій Леонідович, аспірант кафедри кібербезпеки Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

ЗІВЕНКО Василь Олексійович, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

КОВАЛЕНКО Ігор Іванович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

КОВАЛЬ Наталя Володимирівна, викладач кафедри прикладної та вищої математики Черноморського національного університету імені Петра Могили.

КОНДРАТЬЄВА Вікторія Федорівна кандидат економічних наук, в.о. завідувача кафедри інформаційних технологій Міжнародного класичного університету імені Пилипа Орлика.

КРЕМЕНЧЕНКО Олена Сергіївна, студентка факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили.

КОТЛЯР Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та інженерної графіки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

КУЗЬМА Катерина Теодозіївна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

КУЦЕНКО Леонід Миколайович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки Національного університету цивільного захисту України.

ЛУКЬЯНЧІКОВ Іван Сергійович, провідний фахівець компанії GlobalLogic (м. Львів).

ЛУКЬЯНЧІКОВ Сергій Дмитрович, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

МАТКОВСЬКА Аліна Андріївна, студентка 4-го курсу Одеського національного політехнічного університету.

МАХІЯНОВА Евеліна Азотівна, студентка 4-го курсу Одеського національного політехнічного університету.

МЕЛЬНИК Віктор Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерної інженерії Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

МЕЛЬНИК Олександр Вікторович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

МІТКОВА Анастасія Юріївна, студентка 4-го курсу Одеського національного політехнічного університету.

ОКСІЮК Олександр Глібович, доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедри кібербезпеки Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

ПЕТРИШИН Михайло Любомирович, аспірант кафедри інформатики Прикарпатського національного університету імені В. Стефаника.

ПЄТУХОВА Наталія Сергіївна, студентка механіко-математичного факультету Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

ПОГРОМСЬКА Ганна Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

ПОТУРНАК Владислав Сергійович, студент факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара.

ПРИГОДА Олександр Петрович, завідуючий лабораторіями механіки кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського

РОВІНСЬКИЙ Віктор Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформатики Прикарпатського національного університету імені В. Стефаника.

СИНЯВІН Олександр Миколайович, студент механіко-математичного факультету Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

СІЧКО Віктор Михайлович, кандидат фізико-математичних наук, кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

СЛОБОДЯН Сергій Олегович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та інженерної графіки Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

СУХАРЬКОВА Олена Іванівна, асистент кафедри нарисної геометрії і комп'ютерної графіки Українського державного університету залізничного транспорту.

ТІГАРЄВ Володимир Михайлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування в машинобудуванні Одеського національного політехнічного університету.

УМРИХІН Ігор Миколайович, аспірант Інституту механіки імені С. П. Тимошенка Національної академії наук України.

УСТЕНКО Андрій Сергійович, студент 1-го курсу Навчально-наукового інституту комп'ютерних та інженерно-технологічних наук Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

УСТЕНКО Сергій Анатолійович, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського.

ХОЛКОВСЬКИЙ Юрій Романович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних технологій дизайну і графіки Київського національного авіаційного університету.

ХОМЧЕНКО Анатолій Никифорович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри прикладної та вищої математики Чорноморського національного університету імені Петра Могили.

ЧАЙКА Дмитро Остапович, завідувач лабораторією інформаційних технологій Первомайського політехнічного інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

ЧЕРНЯК Віталій Іванович, кандидат технічних наук, викладач кафедри технічної механіки та інженерної графіки Кременецького лісотехнічного коледжу.

ШВЕД Альона Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету імені Петра Могили.

В научном журнале освещены актуальные вопросы геометрического моделирования, компьютерных систем, информационных технологій и т.д. Авторами четко актуализируются понятия «компьютерное моделирование», «геометрическое моделирование», «объемное моделирование», «программирование», «прикладная геометрия» и другие.
Издание адресовано ученым, преподавателям, студентам технических специальностей.

Topical issues of geometric modeling, computer systems, and information technologies are highlighted in the scientific journal. The authors clearly actualize the concepts of "computer modeling", "geometric modeling", "three-dimensional modeling", "programming", "applied geometry" and others.
The publication is adressed to scientists, teachers, students of technical specialties.

Наукове видання

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

GEOMETRISCHE MODELIERUNG AND INFORMATIONS TECHNOLOGIEN

GEOMETRIC MODELING AND INFORMATION TECHNOLOGIES

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (3), квітень 2017

Формат 60×84 ⅛. Ум. друк. арк. 18,1.
Тираж 100 пр.

Свідоцтво про реєстрацію друкованого засобу масової інформації
серія КВ № 22102-12002 Р від 16.05.2016 р.

Адреса редакції та видавця:
Видавництво МНУ імені В. О. Сухомлинського
54030, м. Миколаїв, вул. Нікольська, 24
тел. (0512) 37-88-38, т/ф 37-88-15
e-mail: publish.mnu@i.ua
gmit.sj@gmail.com

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб’єктів видавничої справи ДК № 3375 від 27.01.2009 р.