

**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**

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 НІЦІН 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.

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+30в6

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

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

ЗМІСТ

<i>Екатерина АНТИПОВА, Игорь КОВАЛЕНКО, Сергей УСТЕНКО</i> Информационная технология выбора оптимальных линейно-функциональных организационных структур	7
<i>Олена БІДНІЧЕНКО</i> Підвідний пристрій відцентрового компресора як об'єкт геометричного моделювання	14
<i>Олена БОЙЧУК, Максим БОРИСЕНКО, Олександр ПРИГОДА</i> Чисельне моделювання та розрахунок напружено-деформованого стану структурованої оболонки	20
<i>Валерій БОНДАРЕНКО, Владислав ПОТУРНАК, Богдан ГУНЬКО</i> Автоматизована система віртуальних механічних випробувань радіо-електронних засобів за їхніми геометричними комп'ютерними моделями	24
<i>Валерій БОРИСЕНКО, Євгеній ДРУЗЬ</i> Моделювання s-подібних скелетних ліній профілів лопаток осьових компресорів дугами кіл	30
<i>Валерій БОРИСЕНКО, Сергій СЛОБОДЯН, Андрій УСТЕНКО</i> Моделювання корабельних кривих з квадратичним законом розподілу кривини	34
<i>Сергій ВІРЧЕНКО</i> До питання динамічного комп'ютерного геометричного моделювання технологічних процесів обробки тиском	39
<i>Andriy GLYBOVETS, Mohammad ALHAWAWSHA</i> E-Government versus Smart government: The United States Versus Jordan	42
<i>Ярослав ЖУК, Віктор СІЧКО, Лариса ВАСІЛЬСЬКА, Ігор УМРИХІН</i> Чисельне вивчення вимушених коливань тривалого демпфера з фізично нелінійних матеріалів при гармонічному навантаженні з урахуванням внутрішніх втрат.....	48
<i>Андрій ЗЕРКО, Олександр ОКСІЮК</i> Аналіз питань захисту інформації в операційних системах на прикладах захищених операційних систем	53
<i>Ігор КОВАЛЕНКО, Альона ШВЕД</i> Дослідження динаміки рівня невизначеності в умовах різної структури експертних свідочств.....	56
<i>Викторія КОНДРАТЬЕВА, Дмитрий ЧАЙКА</i> Кодирование для защиты от искажений при пересылке с применением считательной и перестановочной систем кодирования	63
<i>Викторія КОНДРАТЬЕВА, Дмитрий ЧАЙКА</i> Метод программного хранения информации с помощью отображения ее на опорной гамме вырабатываемой генератором псевдослучайных чисел	68
<i>Дмитро КОТЛЯР, Дмитро ВОЛІК</i> Моделювання явища редукції порохових газів у дульному зрізі	74
<i>Олена КРЕМЕНЧЕНКО, Єлизавета ЗАВАЛКО, Анатолій ХОМЧЕНКО</i> Когнітивно-графічний аналіз модельного ряду серендипових елементів: паритет об'ємів	79
<i>Катерина КУЗЬМА, Василь ЗІВЕНКО</i> Аналіз методів фільтрації електронної пошти від спаму	84
<i>Леонід КУЦЕНКО, Олена СУХАРЬКОВА</i> Геометричне моделювання руху маятникових аналогів інерціода В. М. Толчина.....	90
<i>Олександр МЕЛЬНИК, Віктор МЕЛЬНИК</i> Інформаційно-вимірювальна система для реєстрації динамічних характеристик суднових упорних підшипників.....	96

<i>Володимир ТІГАРСЬВ, Евеліна МАХІЯНОВА, Анастасія МІТКОВА</i>	
Аналіз геометричних форм при створенні орнаментів та методи їх формування з використанням сучасних САПР	101
<i>Михайло ПЕТРИШИН, Віктор РОВІНСЬКИЙ</i>	
Моделювання процесів перетворення форми інформації із унітарним та розрядно-позиційним кодуванням	107
<i>Ганна ПОГРОМСЬКА, Наталія ПЕТУХОВА</i>	
Актуальні тенденції розвитку технологій в галузі веб-програмування: аналітичний огляд	114
<i>Володимир ТІГАРСЬВ, Аліна МАТКОВСЬКА</i>	
Створення узагальнених алгоритмів і підсистеми автоматизованого моделювання геометричних орнаментів на основі САПР AutoCAD	120
<i>Serhiy USTENKO, Serhiy LUKYANCHIKOV, Ivan LUKYANCHIKOV</i>	
A software for data compression using double differential transformation of sound signal	128
<i>Сергій УСТЕНКО, Олександр СИНЯВІН</i>	
Геометричне моделювання плоских кривих із заданим параболічним розподілом кривини на обмеженій площині	133
<i>Юрій ХОЛКОВСЬКИЙ</i>	
Визначення локальної області забруднення екологічного середовища дискретно-інтерполяційним методом	141
<i>Анатолий ХОМЧЕНКО, Наталья КОВАЛЬ</i>	
Правило параболических трапеций и кубатурные формулы	145
<i>Віталій ЧЕРНЯК</i>	
Побудова поверхонь рівня дискретних невпорядкованих скалярних полів	149
ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ	153

CONTENTS

<i>Kateryna ANTIPOVA, Igor KOVALENKO, Sergiy USTENKO</i> Information technology of optimal linear-functional organizational structures selection	7
<i>Helen BIDNICHENKO</i> Inlet centrifugal compressor device as object of geometrical modeling.....	14
<i>Olena BOYCHUK, Maxim BORISENKO, Oleksandr PRIGODA</i> Numerical simulation and calculation of structured shell stress-strain state	20
<i>Valerii BONDARENKO, Vladyslav POTURNAK, Bohdan GUNJKO</i> Automated system of virtual mechanical tests of radio-electronic means according to their geometric computer models.....	24
<i>Valerii BORYSENKO, Yevhenii DRUZ</i> Modelling of S-similar skeletal lines profiles for axial compressors by circular arcs.....	30
<i>Valerii BORYSENKO, Oleh SLOBODIAN, Andrii USTENKO</i> Modeling of ship curves with a quadratic law of curvature distribution	34
<i>Serhii VIRCHENKO</i> To the question of dynamic computer geometric modeling of pressure technological processes	39
<i>Andriy GLYBOVETS, Mohammad ALHAWAWSHA</i> E-Government versus Smart government: The United States Versus Jordan	42
<i>Yaroslav ZHUK, Viktor SICHKO, Larysa VASILIEVA, Ihor UMRYKHIN</i> Numerical research of dissipation on thermomechanical behavior of threelayred physically nonlinear damper under monoharmonic static deformation.....	48
<i>Andrii ZERKO, Oleksandr OKSIUK</i> Analysis of data secure in operating systems on examples of protecting operating systems	53
<i>Igor KOVALENKO, Alyona SHVED</i> A study of the dynamics of the level of uncertainty under different structures of expert evidences.....	56
<i>Victoria KONDRATIIVA, Chaika DMITRY</i> Encoding to protect against corruption during shipment with the use of societatile and permutation coding systems	63
<i>Victoria KONDRATIIVA, Chaika DMITRY</i> Method of software store information through reflection of her on the reference tones generated by the generator of pseudo-random numbers	68
<i>Dmitry KOTLYAR, Dmitry VOLIK</i> Modeling of the powder gas reduction process in the gun muzzle	74
<i>Elena KREMENCHENKO, Elizaveta ZAVALKO, Anatoly KHOMCHENKO</i> Cognitive-graphic analysis of serendipityelements: parity of volumes.....	79
<i>Kateryna KUZMA, Vasyl ZIVENKO</i> Analysis of methods of email filtering from spam	84
<i>Leonid KUTSENKO, Elena SUKCHARKOVA</i> Geometrical modeling of motion pendulum analogues tolchin's inertcioid.....	90
<i>Alexander MELNIK, Victor MELNIK</i> Information-measuring system for registration of dynamic characteristics of shipboarding bearings	96
<i>Volodymyr TIGARIEV, Evelina MAKHILANOVA, Anastasiia MITKOVA</i> Analysis of geometric shapes in creating ornaments and methods of their formation using modern CAD	101
<i>Mykhailo PETRYSHYN, Viktor ROVINSKYI</i> Modelling of information form transformation processes with unary and bit-positional coding.....	107

<i>Hanna POHROMSKA, Natalia PETUKHOVA</i>	
Actual technological trends in the web-programming: analytical review	114
<i>Volodymyr TIGARIEV, Alina MATKOVSKA</i>	
Creation of generalized algorithms and subsystem of automated modeling of geometric ornaments based on AutoCAD.....	120
<i>Serhiy USTENKO, Serhiy LUKYANCHIKOV, Ivan LUKYANCHIKOV</i>	
A software for data compression using double differential transformation of sound signal	128
<i>Serhiy USTENKO, Oleksandr SYNAVIN</i>	
Geometrical modeling of flat curves with a parabolic distribution of curvature on a limited plane	133
<i>Yuriy KHOLKOVSKY</i>	
Determination of the local polluted area of ecological environment by discrete interpolation method	141
<i>Anatoliy KHOMCHENKO, Natalia KOVAL</i>	
The trapezoidal parabolic rule and cubature formulas	145
<i>Vitalii CHERNIAK</i>	
The construction of surface on the level of discrete disordered scalar fields	149
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS	153

УДК 65.014:519.812.3

Екатерина АНТИПОВА

rinaredka@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9012-5290

Игорь КОВАЛЕНКО

igor.kovalenko@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0003-2655-6667

Сергей УСТЕНКО

ustenko.s.a@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4968-1233

г. Николаев

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ЛИНЕЙНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР

В условиях динамичной рыночной среды актуальными являются вопросы анализа, проектирования и построения оптимальных организационных структур в соответствии с определенными критериями. Целью работы является разработка информационной технологии, в основе которой лежит формирование трех групп критериев оптимальности линейно-функциональных организационных структур. Анализ топологических свойств графа организационной структуры дает возможность сделать вывод о том, как следует перестроить организационную структуру, чтобы она стала более оптимальной с точки зрения критерия затрат на ее содержание и критерия системных характеристик. Для оптимизации структуры с точки зрения критерия информационных потоков была построена модель, которая представлена интенсивностью потока информации, количеством и ценностью информации. В работе также рассмотрены основные положения теории свидетельств, теории правдоподобных и парадоксальных рассуждений, методы перераспределения конфликтов и нечеткие отношения. Рассмотренная в работе информационная технология представляет задачу выбора оптимальной организационной структуры в виде многокритериальной задачи поддержки принятия решений.

Ключевые слова: линейно-функциональные организационные структуры, критерии оптимизации, ранжирование альтернатив, конфликтные свидетельства, комбинирование уверенностей.

Линейно-функциональные организационные структуры (ЛФОС) широко используются на практике и характерны для подавляющего большинства отечественных предприятий. ЛФОС обеспечивает такое разделение управленческого труда, при котором линейные связи осуществляют иерархическое командование между участниками структуры, а функциональные – консультирование, помощь линейным руководителям в решении конкретных задач и подготовке соответствующих решений, программ, планов и др. Руководители функциональных подразделений (по маркетингу, финансам, НИОКР, персоналу) осуществляют влияние на производственные подразделения формально – через установление стандартов деятельности (должностные инструкции, положения, расписания, приказы и т. п.).

Следует отметить, что ЛФОС, функционирующие в условиях динамичной рыночной среды, сталкиваются с постоянными изменениями условий хозяйствования, что влечет за собой необходимость корректировки как стратегических целей развития организации в целом, так и текущих планов [7]. Поэтому актуальными являются вопросы анализа, проектирования и построения оптимальных ЛФОС в соответствии с определенными критериями. Анализ научных публикаций последних лет [1, 2, 4 и др.], посвященных построению оптимальных ЛФОС указывает на наличие различных подходов. Так например, в работе [2] задача поиска оптимальной иерархической организационной структуры решается на основе минимизации затрат на ее содержание. В работе [4] оптимальная организационная структура определяется по критерию качества, который характеризует общесистемные топологические свойства ЛФОС: управляемость, компактность, устойчивость.

В целом такие подходы можно охарактеризовать, как однокритериальные задачи поиска оптимальных организационных структур. Работа [4] посвящена рассмотрению совместного

использования двух указанных критериев, что приводит к решению задачи многокритериального поиска оптимальных структур.

Вместе с этим, необходимо указать на то, что рассмотренные подходы не учитывают наличие функциональных (горизонтальных) связей ЛФОС, которые вносят свой вклад в задачу построения оптимальных иерархических структур. Такие связи могут быть оценены по критерию информационной нагрузки (количеством информации) менеджеров функциональных подразделений ЛФОС.

Целью работы является разработка информационной технологии, в основе которой лежит формирование критериев оптимальности ЛФОС, учитывающих основные виды связей для последующего решения задачи выбора оптимальной организационной структуры с применением современных методов экспертного оценивания.

Общая структура информационной технологии выбора оптимальной ЛФОС представлена на рис. 1. Рассмотрим ее основные составляющие более подробно.

1. Модель информационных связей ЛФОС

Такую модель можно представить с точки зрения информационных потоков, существующих в процессе функционирования ЛФОС. Предварительно дадим определение информационного потока.

Под информационным потоком (I_n) будем понимать случайный массив информационных сообщений, который определяется интенсивностью и количеством информации на определенном временном интервале, а также характеризуется наличием информационных связей, видами и формами представления информации. Данное определение позволяет описать I_n рядом моделей дескриптивного характера.

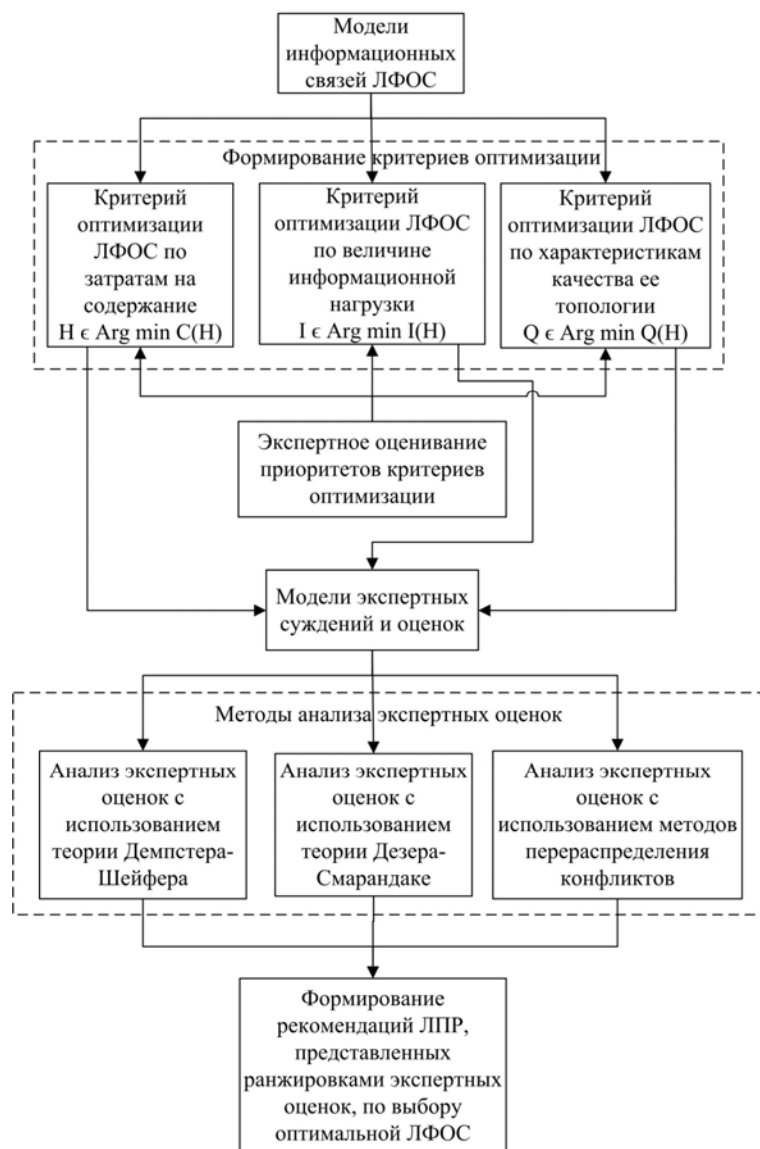


Рис. 1. Структура информационной технологии выбора оптимальной ЛФОС

Дескриптивную модель $I_{\text{дм}}$ информационного потока $I_{\text{п}}$ можно представить следующей системой кортежей:

$$I_{\text{п}} \Rightarrow \begin{cases} I_{\text{дм}} = \langle I_{\text{ис}}, I_{\text{ви}}, I_{\text{фпи}} \rangle, \\ I_{\text{ис}} = \langle I_{\text{в}}, I_{\text{г}}, I_{\text{вн}} \rangle, \\ I_{\text{ви}} = \langle I_{\text{т}}, I_{\text{к}}, I_{\text{у}} \rangle, \\ I_{\text{фпи}} = \langle I_{\text{бн}}, I_{\text{мн}}, I_{\text{ви}} \rangle. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь: $I_{\text{ис}}$ – кортеж информационных связей, который в соответствии с ЛФОС (рис. 2) представлен следующими составляющими: вертикальные ($I_{\text{в}}$), горизонтальные ($I_{\text{г}}$) и внешние ($I_{\text{вн}}$) связи; $I_{\text{ви}}$ – кортеж видов информации: технологическая ($I_{\text{т}}$), коммуникационная ($I_{\text{к}}$), управленческая ($I_{\text{у}}$); $I_{\text{фпи}}$ – кортеж форм представления информации: на бумажных носителях ($I_{\text{бн}}$), магнитных носителях ($I_{\text{мн}}$), вербальная информация ($I_{\text{вб}}$).

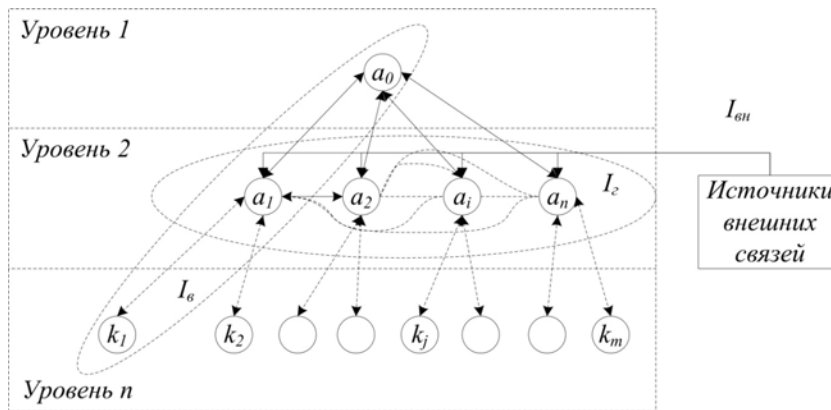


Рис. 2. ЛФОС и виды информационных связей
 a_0 – топ-менеджер; $(a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n)$ – менеджеры высшего звена

Рассмотрим содержание основных компонентов системы кортежей (1). Наличие вертикальных информационных связей ($I_{\text{в}}$) определяется иерархичностью организационной структуры и взаимным подчинением ее элементов (подразделений), выполняющих определенные производственные задания. Информационные потоки в таких связях несут в себе сообщения, представленные содержимым приказов, распоряжений, инструкций и других нормативных документов. Горизонтальные связи ($I_{\text{г}}$) обусловлены взаимодействием различных подразделений, которое направлено на достижение единой цели, и обеспечивается должностными инструкциями, положениями об отделе (подразделении), регламентами и т.п. В основе внешних информационных связей ($I_{\text{вн}}$) лежит взаимодействие с министерствами и ведомствами, государственными административными органами и др.

Представленная модель (1) учитывает наличие вертикальных (линейных), горизонтальных (функциональных) связей, а также топологические характеристики ЛФОС, которая представляет собой иерархию H и описывается ориентированным ациклическим графом $G = \langle V, E \rangle$ с множеством вершин V и множеством дуг E . Это позволяет сформировать ряд критериев оптимизации таких иерархий.

2. Критерии оптимизации ЛФОС

Исходя из рассмотренного назначения вертикальных связей иерархии H , в качестве критерия оптимизации ЛФОС целесообразно использовать критерий затрат на ее содержание: $H_{\text{opt}} \in \text{Arg min } C(H)$, где C – величина затрат. В качестве свойств H , определяющих такой критерий, выступают следующие:

1. Отсутствие дублирования, при котором два менеджера m_1 и m_2 управляют одной и той же группой исполнителей $V_j, j = 1..n$:

$$\{(V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \cap \{(V_1^{(2)}, V_2^{(2)}, \dots, V_n^{(2)}) \in m_2\} = \emptyset.$$

2. Если менеджер m_1 непосредственно подчиняется менеджеру m_2 ($m_1 \in m_2$), тогда последний не управляет подчиненными первого:

$$(V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \notin m_2.$$

3. Наличие только одного менеджера (топ-менеджера) m_0 , который не имеет начальников и которому подчинены все остальные менеджеры и исполнители организации:

$$\{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1, (V_1^{(2)}, \dots, V_r^{(2)}) \in m_2, \dots, (V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\} \in m_0.$$

4. Норма управляемости r (количество подчиненных у менеджера) в рамках одной организации постоянна ($r=const$), т. е. каждый ее менеджер имеет примерно одинаковое количество подчиненных:

$$(r_{m_1} \approx r_{m_2} \approx \dots \approx r_{m_k}).$$

5. Наличие симметричности в организационной иерархии, когда топ-менеджер (m_0) делит группу исполнителей между менеджерами на примерно равные части или пропорции:

$$\{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \approx \{(V_1^{(2)}, \dots, V_r^{(2)}) \in m_2\} \approx \dots \approx \{(V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\}.$$

6. Количество менеджеров в оптимальной иерархии с нормой управляемости r на множестве из n исполнителей равно:

$$M = (n - 1) / (r - 1).$$

В качестве критерия оптимизации ЛФОС, определяемого наличием горизонтальных связей, рассмотрим аналитическую модель $I_{ам}$, которую можно представить следующим кортежем:

$$I_{ам} = \langle I_{инп}, I_{кип}, I_{ци} \rangle, \quad (2)$$

где $I_{инп}$ – интенсивность информационного потока, которая с позиции случайных потоков (процессов) определяется величиной λ (средним числом поступающих сообщений в единицу времени); $I_{кип}$ – количество информации потока, определяемого энтропией H :

$$I_H = H(x) = - \sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i), \quad (3)$$

где n – количество возможных сообщений (в примере $n = \lambda$, среднее число сообщений в единицу времени); $I_{ци}$ – ценность информации, для нахождения которой может быть применена мера ценности Бонгарда и Харкевича:

$$I_{ци} = \log_2 \frac{P}{p},$$

где P – вероятность достижения цели после получения информации; p – вероятность достижения цели до получения информации, зависит от полного количества информации I_H , определяется по формуле $p = 2^{-I_H}$.

Указанная выше формула ценности информации даёт и количество ценной информации. Например, если $P=I$, а $p=1/n$ (для n равновероятных исходов – предварительная осведомленность, т.е. априорная информация отсутствует), то $I_{ци} = \log_2 n$ – максимальное количество информации в данной ситуации [5].

В качестве критерия оптимизации ЛФОС, определяющего особенности ее топологии, рассмотрим критерий качества системных характеристик Q :

$$Q_{opt} \in Arg \max Q(H),$$

где Q – показатель качества топологических характеристик иерархии.

К числу таких характеристик можно отнести следующие:

- управляемость организационной структуры (информационная нагрузка элементов структуры, неоднородность информационной нагрузки);
- компактность организационной структуры (диаметр графа, радиус графа, высота дерева, сбалансированность дерева);

– устойчивость организационной структуры (число внешней устойчивости, число внутренней устойчивости).

Одним из критериев управляемости является информационная нагрузка. Она интерпретируется величиной степени соответствующей вершины V_i графа $G = \langle V, E \rangle$, которая определяется числом ребер, инцидентных V_i и обозначается $\deg V_i$. Минимальная степень вершин графа G определяется выражением:

$$\min \deg G = \min \{ \deg V_1, \deg V_2, \dots, \deg V_n \}.$$

Максимальная степень вершин G записывается выражением:

$$\max \deg G = \max \{ \deg V_1, \deg V_2, \dots, \deg V_n \}.$$

Системно обоснованной и оптимальной характеристикой числа управленческих связей на высших уровнях структуры является степень вершины равная семи, т. е. $\deg V_i \leq 7$ [2].

Радиус графа $R(G)$, как один из критериев компактности структуры, характеризует наименьшее из максимальных значений расстояний от некоторой фиксированной вершины V_0 до всех остальных вершин, т.е.

$$R(G) = \min \max \{ d_1(V_0, V_1), d_2(V_0, V_1), \dots, d_m(V_0, V_{n1}) \}.$$

Множество вершин графа $G(V, E)$ называется внутренне устойчивым (независимым), если никакие две вершины из этого множества несмежны. Число вершин в наибольшем независимом множестве графа G называется числом внутренней устойчивости:

$$\alpha_0(G) = \max \{ |S_i| \}, S_i = V,$$

где S_i – внутренне устойчивые подмножества, а $|S_i|$ – количество элементов в S_i .

Как критерий устойчивости структуры, число $\alpha_0(G)$ определяет множество независимости участников управленческой деятельности, чем больше данное число, тем больше степеней свободы имеет организационная структура.

3. Модели экспертных суждений и оценок

Оценивание выбранных критериев оптимизации ЛФОС выполняется в процессе проведения экспертизы и получения экспертных оценок ω , характеризующих различные формы экспертных суждений. Такие суждения могут иметь различный характер – они могут быть согласованными ($\omega_1 = \omega_2 = \dots = \omega_n$), совместимыми ($\omega_1 \subseteq \omega_2 \subseteq \dots \subseteq \omega_n$), могут произвольным образом объединяться ($\omega_1 \cup \omega_2 \cup \dots \cup \omega_n$) и пересекаться ($\omega_1 \cap \omega_2 \cap \dots \cap \omega_n$). Для анализа таких оценок и форм их взаимодействия, которые характеризуют различные виды неопределенностей, в рассматриваемой информационной технологии используются: теория свидетельств Демпстера-Шейфера (ТДШ), теория правдоподобных и парадоксальных рассуждений Дезера-Смарандаке (ТДС), методы перераспределения конфликтов и нечеткие отношения [8].

4. Методы анализа экспертных суждений и оценок

Рассмотрим основные положения перечисленных теорий, которые выбраны для моделирования неопределенностей, вносимых суждениями экспертов.

В основе теории свидетельств (ТДШ) лежит понятие основы анализа, которая представляется множеством элементов (оценок) $\Omega = \{ \omega_i \mid i = \overline{1, n} \}$. Предполагается, что Ω представляет собой множество исчерпывающих (всех возможных в данной ситуации) элементов и взаимно исключаемых (уникально определенных и отличных от других) элементов ω_i . При этом априори известно, что только единственный элемент $\omega_0 \in \Omega$ является истинным в каждой конкретной ситуации. На основе анализа Ω могут быть сформированы произвольные подмножества элементов $A_i \in \Omega$ при предположениях (свидетельствах), что в действительности ω_0 может принадлежать каждому из этих подмножеств. Свидетельством называют любые источники информации, на основе которых могут быть получены интересующие нас оценки степеней уверенности. Таким подмножествам экспертным путем назначаются степени уверенности (основные массы вероятностей $m(A_i)$) того, что истинный элемент ω_0 может находиться в любом из этих подмножеств. Наряду с назначениями масс вероятностей $m(A_i)$ на подмножества основы анализа Ω , концептуальную основу ТДШ составляют такие понятия, как

«функция уверенности» (Bel) и «функция правдоподобия» (Pl), которые определяют степени поддержки отдельным подмножествам $A_i \in \Omega$.

Если на одной и той же основе анализа Ω назначения степеней уверенности (основных масс вероятности) выполняют несколько независимых экспертов, то возникает задача комбинирования этих назначений. Такая задача решается на основе различных правил комбинирования свидетельств. Одно из таких правил (правило Демпстера) можно представить в следующем виде:

$$m_{DSH}(W) = \frac{1}{1 - K_{12}} \cdot \sum m_1(W_1) \cdot m_2(W_2),$$

где W_1, W_2 – группы экспертных свидетельств, полученные из 1-го и 2-го независимых источников (экспертов); K_{12} – коэффициент конфликтности, который определяется как

$$K_{12} = \sum m_1(W_1) \cdot m_2(W_2).$$

Теория правдоподобных и парадоксальных рассуждений (ТДС) рассматривается, как более углубленный вариант ТДШ в том плане, что она может оперировать с более сложными формами неопределенностей, когда элементы основы анализа ω_i могут в значительной степени перекрываться. Поэтому полностью выделить различающиеся ω_i не представляется возможным. В основе концепции ТДС лежат понятия свободной и гибридной модели.

Свободная модель, обозначаемая как $M(\Omega)$, рассматривает Ω только как основу исчерпывающих элементов $\omega_i | i = \overline{1, n}$, которые потенциально могут перекрываться.

Гибридная модель определяется у свободной модели путем введения некоторых ограничений общности на некоторые подмножества элементов A_i из множества всех возможных подмножеств D^Ω , при $A_i \neq \emptyset$. Так же, как и в теории свидетельств, в ТДС присутствует правило комбинирования, отражающее конъюнктивный консенсус между различными группами свидетельств:

$$m_{DS}(W) = \sum_{i=1}^m m_i(W_i),$$

где $m_i(W_i)$ – основные массы уверенности.

К сожалению, ряд правил комбинирования уверенностей, основанных на конъюнктивном консенсусе, не всегда позволяют учитывать степень пересечения фокальных элементов основы анализа Ω . Такой учет может быть осуществлен с помощью различных методов перераспределения конфликтов, рассмотренных в работах [6,7,8]: взвешенный оператор (ВО) [Weighted Operator (WO)], взвешенный усредненный оператор (ВУО) [Weighted Average Operator (WAO)], правила minC, PCR1, PCR2, PCR3, PCR4, PCR5 и др. Из перечисленных правил наиболее мощным в плане точности результатов комбинирования уверенностей считается правило PCR5, которое для случая двух групп свидетельств рассчитывается по следующему выражению:

$$m_{PCR5}(W) = m(W) + \sum \left[\frac{m_1(W_1) \cdot m_2(W_2)}{m_1(W_1) + m_2(W_2)} + \frac{m_2(W_2) \cdot m_1(W_1)}{m_2(W_2) + m_1(W_1)} \right],$$

где $m(W)$ – комбинированная масса уверенности для подмножества W , рассчитанная на основе конъюнктивного консенсуса.

5. Формирование рекомендаций ЛПР по выбору оптимальной ЛФОС

Рассматриваемая информационная технология позволяет получать такие рекомендации в форме различных видов отношений (эквивалентности или подобия, нестрогого или строгого порядка). При этом такие отношения должны иметь определенный ряд свойств [3]. Например, отношение подобия (эквивалентности), вида $H_1 \succ H_2 \succ \dots \succ H_n$ (H -иерархия), существует при выполнении условий симметричности, рефлексивности и транзитивности. Отношение нестрогого порядка $H_1 \succ H_2 \succ H_3 \succ H_4 \succ \dots \succ H_n$ должно соответствовать условиям антисимметричности, рефлексивности и транзитивности. Наконец, отношение строгого порядка $H_1 \succ H_2 \succ H_3 \succ \dots \succ H_n$ обеспечивается наличием свойств антирефлексивности и транзитивности [3]. Рассмотренные формы представления рекомендаций позволяют ЛПР провести выбор наиболее приемлемой ЛФОС.

Рассмотренная информационная технология основана на учете основных видов связей, присутствующих в ЛФОС. Это позволяет обоснованно сформировать систему критериев ее оптимизации и представить задачу выбора иерархий в виде многокритериальной задачи поддержки принятия решений. Непосредственно сама процедура выбора реализуется с использованием современных методов моделирования неопределенностей, которые проявляются в виде конфликтов в процессе экспертного оценивания ЛФОС.

Список используемой литературы

1. Губко М. В. Математические модели оптимизации иерархических структур [Текст] / М. В. Губко. — М. : ЛЕНАНД, 2006. — 264 с.
2. Дилигенский Н. В. Комплексная оценка эффективности организационной структуры газораспределительной организации [Текст] / Н. В. Дилигенский, В. И. Немченко, М. В. Посашков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. том 14. — № 4 (5). — 2012. — С. 1445—1450.
3. Коваленко И. И. Информационная технология выбора решений на основе нечетких отношений предпочтения [Текст] / И. И. Коваленко, Е. А. Антипова // Проблемы информационных технологий. — Херсон, 2015. — № 2 (018). — С. 31—35.
4. Коваленко И. И. Моделирование и анализ структур организационных систем [Текст] / И. И. Коваленко, С. К. Чернов. — Николаев : Издатель Торубара В. В., 2015. — 124 с.
5. Коваленко И. И. Модель информационных потоков линейно-функциональной организационной структуры управления крупным наукоемким предприятием [Текст] / И. И. Коваленко, Е. А. Антипова, Ю. П. Кучара // Наукові праці. — Вип. 271. Т. 283. Комп'ютерні технології. — Николаев : Изд-во ЧГУ имени Петра Могила, 2016. — С. 39—45.
6. Beynon M. J. DS/AHP method; a mathematical analysis, including an understanding of uncertainty [Text] / M. J. Beynon // European Journal of Operational Research. — 2002. — Vol. 140. — PP. 148—164.
7. Smarandache F. Advances and applications of DSmt for information fusion [Text] / F. Smarandache, J. Dezert // Rehoboth: American Research Press, 2006. — Vol. 2. — 461 p.
8. Smarandache F. Unification of Fusion theories (UFT) [Text] / F. Smarandache // International Journal of Applied Mathematics and Statistics. — 2004. — Vol. 2. — PP. 1—14.

Kateryna ANTIPOVA, Igor KOVALENKO, Sergiy USTENKO
Mykolaiv

INFORMATION TECHNOLOGY OF OPTIMAL LINEAR-FUNCTIONAL ORGANIZATIONAL STRUCTURES SELECTION

Analysis, design and construction of optimal organizational structures in accordance with certain criteria are relevant issues in a dynamic market environment. This work is devoted to the development of information technology, which is based on the formation of linear-functional organizational structures optimality criteria. Analysis of the topological properties of the organizational structure's graph makes it possible to decide how to rebuild the organizational structure, in order to make it more optimal due to the criteria of maintenance cost and of system characteristics. In order to optimize structures due to the criteria of information flow the model was developed which consists of information flow intensity, quantity and quality of information. The paper also describes the basics of the theory of evidence, the theory of plausible and paradoxical reasoning, methods of conflict redistribution and fuzzy relations. Introduced information technology presents the problem of choosing the optimal organizational structure in the form of multi-criteria decision support.

Keywords: linear-functional organizational structures, optimization criteria, the ranking of the alternatives, conflicting evidence, combining confidence.

Катерина АНТИПОВА, Ігор КОВАЛЕНКО, Сергій УСТЕНКО
м. Миколаїв

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР

В умовах динамічного ринкового середовища актуальними є питання аналізу, проектування і побудови оптимальних організаційних структур відповідно до визначених критеріїв. Метою роботи є розробка інформаційної технології, в основі якої лежить формування критеріїв оптимальності лінійно-функціональних організаційних структур. В роботі також розглянуті основні положення теорії свідств, теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань, методи перерозподілу конфліктів і нечіткі відносини. Розглянута в роботі інформаційна технологія представляє задачу вибору оптимальної організаційної структури у вигляді багатокритеріальної задачі підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: лінійно-функціональні організаційні структури, критерії оптимізації, ранжування альтернатив, конфліктні свідчення, комбінування переконань.

Стаття надійшла до редколегії 10.03.2017

ПІДВІДНИЙ ПРИСТРІЙ ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА ЯК ОБ'ЄКТ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У статті реалізовано системний підхід до геометричного моделювання всіх елементів пристрою підведення робочої речовини. Розглянуто конструктивні особливості деяких елементів вхідного напрямного апарату, наведено математичні моделі геометричного моделювання різних типів меридіональних перетинів вхідних пристроїв. Наведено методику формування тілесного профілю лопатки вхідного напрямного апарату шляхом моделювання її середньої лінії, профілювання симетричного профілю та вигину його вздовж спроектованої середньої лінії. Отримано деякі математичні вирази для розрахунку геометричних параметрів решіток профілів та у виді блок-схеми подано ітераційний алгоритм процесу проектування компресорних решіток профілів лопаток вхідного напрямного апарату. Подано способи геометричного моделювання стійок вхідних систем.

Ключові слова: системний підхід, геометричне моделювання, пристрій підведення робочої речовини, меридіональні обводи, лопатковий апарат, середня лінія, спеціальний аеродинамічний профіль, решітки профілів, математичні криві, стійки.

Підвідний пристрій відцентрового компресора призначений для забезпечення рівномірного підводу потоку робочої речовини (повітря) до робочого колеса та забезпечення заданого поля швидкостей. Поліпшення організації течії повітря вимагає удосконалення методів геометричного моделювання елементів проточної частини пристрою підведення робочої речовини, який повинен забезпечувати безперервне та безударне підведення повітря до робочого колеса. Підвідний пристрій уявляє собою підвідний патрубок, в стінки якого вмонтовані лопатки вхідного напрямного апарату, та стійки, що підтримують опори катання ротора. Кожен елемент такої конструкції повинен бути відповідним чином спрофільований, тому задачею геометричного моделювання є розробка сучасних геометричних методів для моделювання кожного елемента із складових пристрою підведення повітря з метою вдосконалення показників роботи компресора в цілому.

Сучасний стан обчислювальної техніки дозволяє об'єднати одиничні етапи геометричного моделювання і аеродинамічного розрахунку проточної частини відцентрових компресорів з розрахунками на міцність та підготовки даних для технологічної реалізації її елементів. Багаторічні дослідження у галузі вдосконалення геометрії проточних частин турбомашин дають змогу вдосконалити вже існуючі конструкції машин та розробити нові типи проточних частин для різних напрямів руху робочої речовини. Базуючись на останніх досягненнях прикладної геометрії та

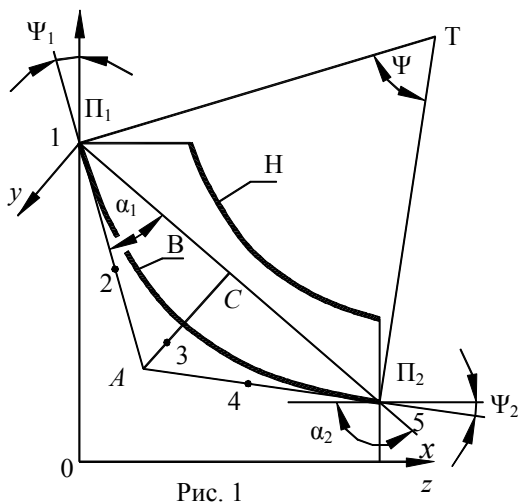


Рис. 1

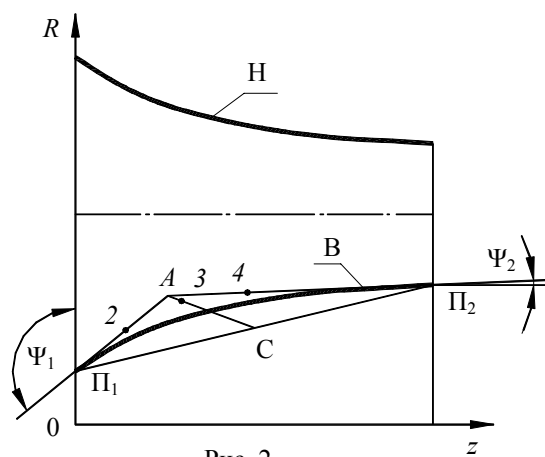


Рис. 2

комп'ютерної графіки наведемо розроблені автором у складі наукового колективу деякі методи геометричного моделювання елементів підвідних пристроїв робочої речовини відцентрових компресорів, які дозволяють у широкому діапазоні варіювання геометричних параметрів генерувати прийнятні їх форми.

Меридіональні перерізи підвідних пристроїв відцентрових компресорів можуть бути з осьовим або радіальним підведенням потоку. Вони

підрозділяються на осесиметричні та колінообразні патрубки, патрубки із криволінійною віссю симетрії, з тангенціальним підведенням та ін. Всі перелічені підвідні патрубки мають меридіональні границі складної аеродинамічної форми та вимагають відповідних методів їх профілювання.

Опишемо меридіональні обводи вхідної системи відцентрового компресора методом Безьє [2]. Крива Безьє визначається вершинами деякої ламаної лінії (рис. 1), яка у першому наближенні апроксимує обвід. Зміною положення вершин ламаної лінії впливають на форму кривої. З метою забезпечення додаткових можливостей локального впливу на форму результуючої кривої пропонується використовувати вагові коефіцієнти вершин ламаної. При цьому крива Безьє описується рівнянням

$$B(\bar{P}, t) = \sum_{k=0}^n \omega_k \cdot \bar{P}_k \cdot \Phi_{k,n}(t), \text{ для } 0 \leq t \leq 1, \text{ де } \omega_k - \text{ваговий коефіцієнт } k\text{-ої вершини; } \bar{P}_k - \text{функція компонент векторів вершин ламаної; } \Phi_{k,n} - \text{багаточлен Бернштейна; } n - \text{кількість вершин ламаної; } t - \text{параметр.}$$

Багаточлен Бернштейна $\Phi_{k,n}$ визначається виразом: $\Phi_{k,n}(t) = \frac{n!}{k!(n-k)!} t^k (1-t)^{n-k}, \quad k \in [0, n].$

Після визначення положення вершин ламаної лінії задають значення вагових коефіцієнтів ω , які описують функціональну залежність, що визначається із початкових параметрів моделювання та корегується при опрацюванні геометрії проточної частини.

При профілюванні вхідного патрубка осьового типу (рис. 2) у якості квазіортогоналей використовуються прямі, перпендикулярні осі пристрою. Координати внутрішньої й зовнішньої границь патрубка визначаються з однаковими значеннями z_i . Радіальні координати границь обчислюються за

параметричними виразами: $x(t) = \sum_{k=0}^n \omega_k x_k \Phi_{k,n}(t); \quad y(t) = \sum_{k=0}^n \omega_k y_k \Phi_{k,n}(t),$ де n – степінь апроксимую-

чого полінома, x_k, y_k – коефіцієнти полінома, який уявляє собою координати вершин характеристичної ламаної лінії Безьє. Результатом розрахунків є масиви радіальних та осьових координат точок меридіонального перетину вхідної системи, які можуть бути використані для візуалізації перетину, виготовлення пристрою, а також для розрахунку параметрів просторового потоку.

Вхідний напрямний апарат уявляє собою кільцевий венець нерухомих лопаток, які розташовані безпосередньо перед входом до робочого колеса. Профілі лопаток утворюються шляхом згину симетричного аеродинамічного профілю відносно середньої лінії, яка забезпечує розрахункові значення кутів входу та виходу потоку, а також стрілку прогину на заданій відстані від вхідної кромки. Таким чином, геометричне моделювання лопаток полягає у рішенні задач профілювання середньої лінії та симетричного аеродинамічного профілю.

Середню лінію лопаток вхідного напрямного апарату пропонується моделювати з використанням параметричної кубічної кривої з двома степенями свободи. Параметрична кубічна крива [3] є така крива, у якої координати x та y уявляють собою багаточлени третього степеня відносно деякого параметру t :

$$\left. \begin{aligned} x(t) &= a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 \\ y(t) &= b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 \end{aligned} \right\} 0 \leq t \leq 1.$$

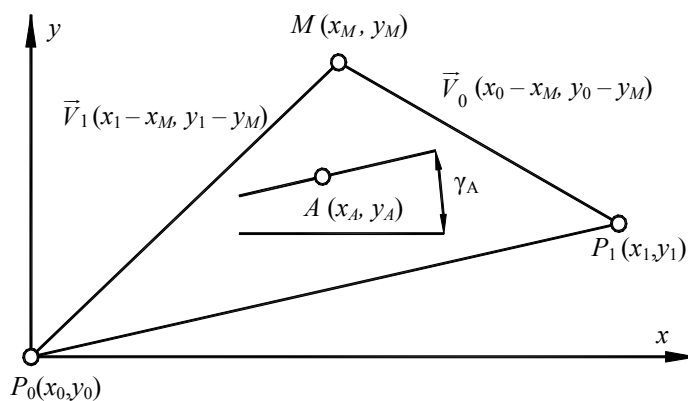


Рис. 3

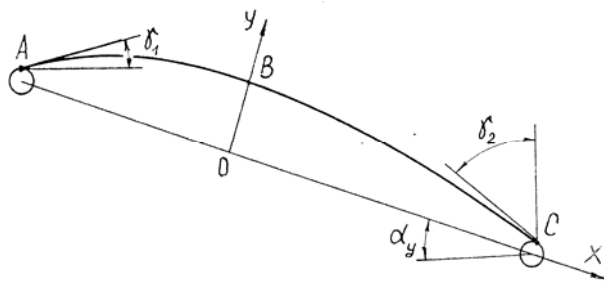


Рис. 4

Існують різні підходи до визначення коефіцієнтів a_i, b_i ($i = 0,3$). Можна їх розглядати як лінійні функції параметру t . Припустимо, необхідно побудувати криву, яка є дотичною до векторів $\vec{V}_0, \vec{V}_1$ та проходить через деяку точку A , в якій задано кут нахилу дотичної γ_A (рис. 3). При цих умовах параметрична кубічна крива повинна мати дві степені свободи. Використання рівнянь кривої та вказаних граничних умов дозволяє отримати

рівняння параметричної кубічної кривої з двома степенями свободи:

$$x(t) = x_0 + \alpha(x_M - x_0)t + [3(x_1 - x_0) - 2\alpha(x_M - x_0) - \beta(x_1 - x_M)]t^2 + [x_M(\alpha - \beta) + x_1(\beta - 2) - x_0(\alpha - 2)]t^3;$$

$$y(t) = y_0 + \alpha(y_M - y_0)t + [3(y_1 - y_0) - 2\alpha(y_M - y_0) - \beta(y_1 - y_M)]t^2 + [y_M(\alpha - \beta) + y_1(\beta - 2) - y_0(\alpha - 2)]t^3;$$

Змінюючи значення параметрів α й β можливо отримати параметричну кубічну криву, що задовольняє тим чи іншим умовам моделювання середньої лінії лопатки вхідного напрямного апарату відцентрових компресорів.

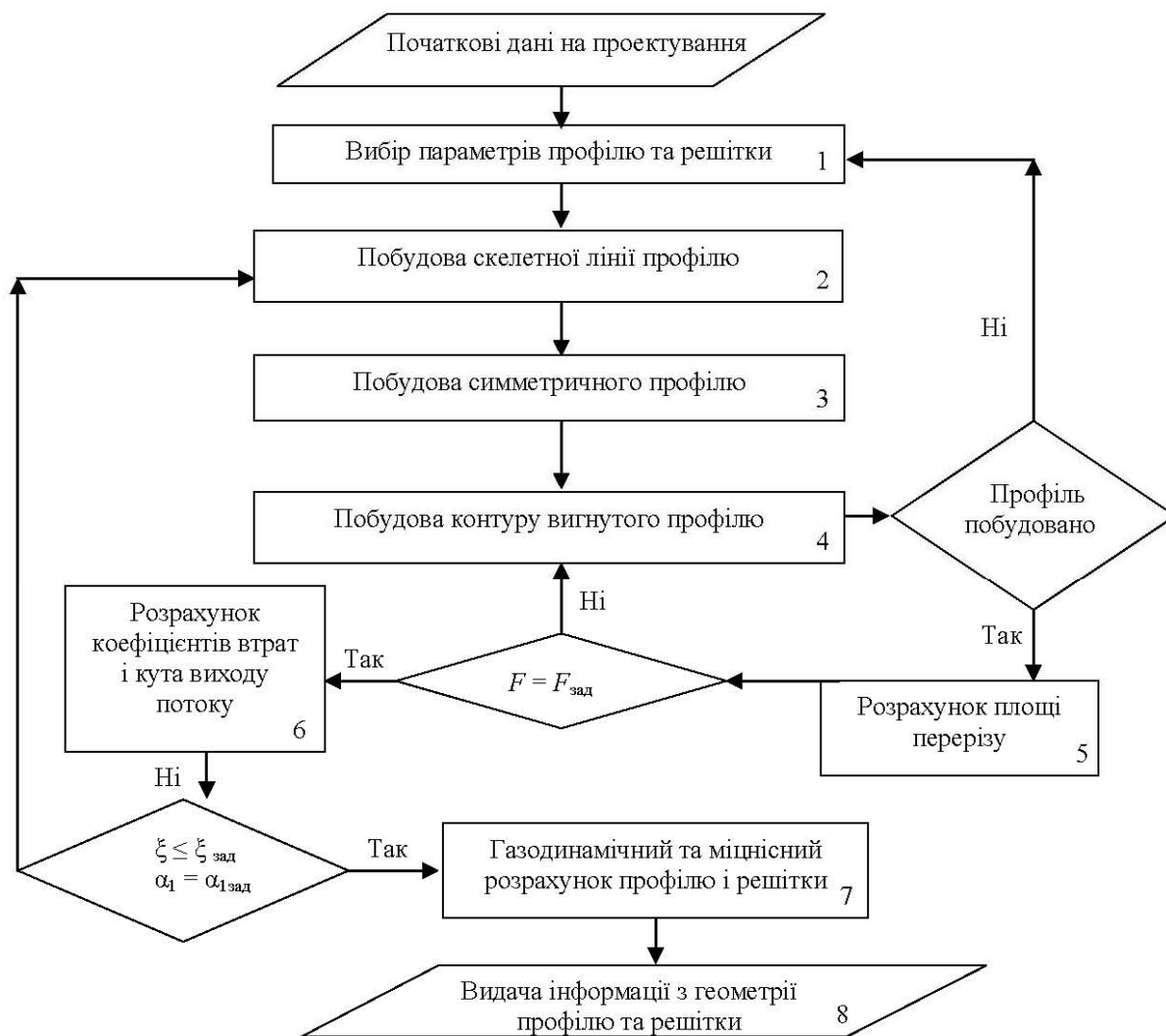


Рис. 5. Укрупнена блок-схема проектування компресорних решіток профілів

Наведемо геометричний метод моделювання обводів профілів лопаток вхідного напрямного апарату із застосуванням конхоїди Нікомедя і заданням закону розподілу товщини профілю уздовж хорди. Симетричний профіль лопатки будується в ортогональній системі координат x, y (рис. 4), центр якої суміщають з центром симетрії конхоїди. Конхоїда описується рівнянням $(x^2 + y^2)(y - a)^2 = l^2 y^2$, де a та l – параметри кривої, які потрібно визначити. Підібрати єдину конхоїду, що проходить через три задані точки, складно. Тому для ділянок AB і BC моделюють конхоїди зі своїми значеннями параметрів a і l . Обидві конхоїди підбирають із умови їх стиковки в точці B .

Отримання реального тілесного профілю лопатки здійснюється шляхом розподілу симетричного аеродинамічного профілю вздовж середньої лінії. У даному алгоритмі запропоновано відкладати товщини δ аеродинамічного профілю, що утворений конхоїдами, вздовж перпендикулярів до середньої лінії для отримання більш точних значень координат точок аеродинамічних обводів профілю. Координати опуклої та вгнутої частини профілю обчислюються за виразами: $X = X_0 \mp \delta \cdot \sin \gamma$; $Y = Y_0 \pm \delta \cos \gamma$. Результатом розрахунків стають координати профілю перерізу лопатки вхідного напрямного апарату.

У підвідному пристрої відцентрового компресора лопатки розташовуються таким чином, що утворюють решітку, параметри якої потрібно визначити. Лопатковий апарат повинен забезпечувати заданий кут повороту потоку $\Delta\alpha$, який уявляє собою різницю кутів входу α_0 і виходу α_1 . Кут ε вигину профілю визначається із аналізу експериментальних даних, середній радіус R_{cp} лопатки знаходиться за виразом:

$R_{cp} = R_1 \sqrt{\frac{1 + \bar{d}_1^2}{2}}$. Висота лопатки $h = R_l - R_{bm}$, хорда профілю в середньому перетині –

$b_{cp} = \bar{h}/h$, де $\bar{h}$ вибирається в межах 1,5...2,5 і призначається за конструктивними поняттями.

Кількість лопаток апарату $z = \frac{2\pi \cdot R_{cp}(b/l)_{cp}}{b_{cp}}$ заокруглюється до найближчого цілого значення.

Процес проектування компресорних решіток профілів показано на рис. 5 у вигляді блок-схеми [1]. У першому наближенні визначають геометричні параметри профілю і решітки та обчислюють координати скелетної лінії профілю. Алгоритм може бути заснований на використанні різних математичних кривих, вибір яких обумовлений необхідною точністю і характером зміни середньої лінії. Далі будують симетричний аеродинамічний профіль з прямолінійною середньою лінією та вигнутий профіль. Алгоритм визначення координат точок вигнутого профілю заснований на принципі «надавання» симетричного профілю на вигнуту середню лінію лопатки. Обчислення параметру, що визначає міцність лопатки в перетині, дає можливість зробити висновок про якість моделювання; як характерний параметр розглянута площа перетину профілю. Перевірка здійснюється газодинамічним і міцнісним розрахунками. У разі отримання незадовільного результату корегують початкові дані і продовжують процес моделювання. Отримані результати проектування виводяться як інформація з геометрії профілю і решіток.

Одним із елементів підвідного пристрою відцентрового компресора є стійки. Вони виконують роль вузлів, що зв'язують елементи конструкції вхідного патрубку, та впливають на загальну міцність компресора. З аеродинамічної точки зору стійки зменшують вхідний переріз підвідного пристрою та спрямляють потік робочої речовини, що перешкоджає його закручуванню та негативно впливає на

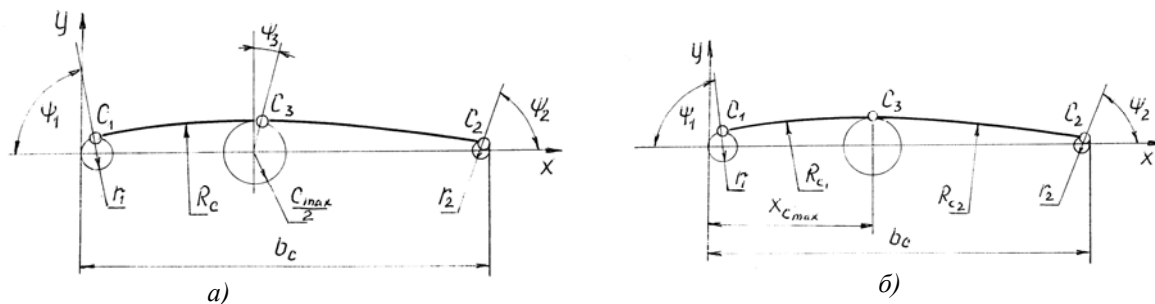


Рис. 6

якість потоку повітря. Тому виникає необхідність у створенні мінімального опору робочій речовині шляхом геометричного моделювання поверхонь стійок. Контури профілю стійки можуть бути описаними кількома способами, які визначаються технологічними можливостями виробника. Найбільш розповсюдженим є спосіб моделювання з використанням одної дуги кола (рис. 6, а) або двох дуг кіл (рис. 6, б), які використовуються при геометричному моделюванні профіля стійки при низьких швидкостях потоку.

Для підвищення аеродинамічних якостей профілю стійок компресорів пропонується моделювання з використанням степеневих поліномів, які мають кривину, що неперервно змінюється (рис. 7).

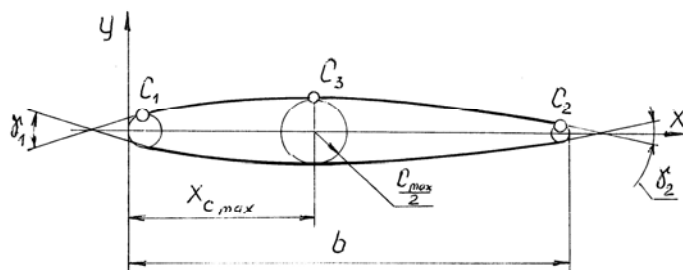


Рис. 7

Виходячи із початкових умов для моделювання відомі шість граничних умов, які вимагають полінома п'ятого степеню $y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + a_4 \cdot x^4 + a_5 \cdot x^5$. Виразивши координати точок C_1 , C_2 , C_3 та кути нахилу дотичних в цих точках γ_1 , γ_2 підставимо їх вирази у рівняння полінома та його похідної. Отримаємо систему із шести рівнянь, результатом рішення якої є коефіцієнти полінома для заданих умов

проектуювання. Отримати сприятливий розподіл кривини вздовж профілю при уточненні кутів γ_1 та

γ_2 можна виходячи із умов $\int_0^s k^2 ds \rightarrow \min$ та $\frac{d^2 \rho}{dx^2} \leq 0$, де $k = \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}}$; $\rho = \frac{1}{k}$; s – довжина дуги

кривої. Такий підхід може бути використаним при геометричному моделюванні стійок різних конфігурацій.

Таким чином, в роботі реалізовано системний підхід до геометричного моделювання всіх елементів пристрою підведення робочої речовини. Наведені математичні моделі геометричного моделювання різних типів меридіональних перетинів вхідних пристроїв кривою Безье дають можливість локального впливу на форму профілів обводів. Моделювання середньої лінії лопатки вхідного напрямного апарату запропоновано виконувати параметричною кубічною кривою з двома степенями свободи, формування симетричного профілю лопатки – конхойдою Нікомеда, що враховує особливості умов профілювання лопаток. Отримано математичні вирази для розрахунку геометричних параметрів решіток профілів та подано ітераційний алгоритм процесу проектування компресорних решіток профілів лопаток вхідного напрямного апарату. Моделювання профілю стійок одною та двома дугами кіл або степеневими поліномами наведено за заданими умовами проектування.

Список використаних джерел

1. Бідніченко О. Г. Про алгоритм геометричного моделювання ґраток профілів вхідного напрямного апарату відцентрових компресорів / О. Г. Бідніченко // Прикладна геометрія і інженерна графіка: Республ. Між-відомств. Науково-технічний зб. — К. : КДТУБА, 2003. — С. 189—194.
2. Бідніченко О. Г. Моделювання меридіональних обводів вхідних систем турбомашин / О. Г. Бідніченко, О. Ю. Кукліна // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. — Вип. 4, т. 35. — Мелітополь : ТГАТА, 2007. — С. 94—99.
3. Борисенко В. Д. Параметрические кубические кривые с двумя степенями свободы / В. Д. Борисенко, Е. Г. Бидниченко // Энергетичне машинобудування: Зб. наук. праць № 7 (355) — Миколаїв : УДМТУ, 1998. — С. 92—98.

Helen BIDNICHENKO

Mykolaiv

INLET CENTRIFUGAL COMPRESSOR DEVICE AS OBJECT OF GEOMETRICAL MODELING

The article implements a comprehensive approach to geometric modeling of all elements of the device for working substance directing. The design features of some elements of the inlet directing device are considered, mathematical models

of geometric modeling of different types of meridional sections of inlet devices are presented. The technique for forming the body profile of the inlet guide vane by modeling its medial line, profiling the symmetrical profile and stretching it along the designed medial line is given. Some mathematical expressions for calculating the geometric parameters of the profile lattices are obtained and in the form of a block diagram an iterative algorithm for the process of designing compressor profile lattice of the inlet guide vanes is shown. The methods of geometric modeling of the racks of inlet systems are presented.

Keywords: comprehensive approach, geometric modeling, device for supplying working substance, meridional contours, blades device, medial line, special aerodynamic profile, profile lattice, mathematical curves, racks.

Елена БИДНИЧЕНКО

г. Николаев

ПОДВОДЯЩЕЕ УСТРОЙСТВО ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА КАК ОБЪЕКТ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье реализован системный подход к геометрическому моделированию всех элементов устройства подвода рабочего вещества. Рассмотрены конструктивные особенности некоторых элементов входного направляющего аппарата, приведены математические модели геометрического моделирования различных типов меридиональных сечений входных устройств. Приведена методика формирования телесного профиля лопатки входного направляющего аппарата путем моделирования ее средней линии, профилирования симметричного профиля и изгиба его вдоль спроектированной средней линии. Получены некоторые математические выражения для расчета геометрических параметров решеток профилей и в виде блок-схемы показан итерационный алгоритм процесса проектирования компрессорных решеток профилей лопаток входного направляющего аппарата. Представлены способы геометрического моделирования стоек входных систем.

Ключевые слова: системный подход, геометрическое моделирование, устройство подвода рабочего вещества, меридиональные обводы, лопаточный аппарат, средняя линия, специальный аэродинамический профиль, решетки профилей, математические кривые, стойки.

Стаття надійшла до редколегії 28.03.2017

УДК 539.3+514.18

Олена БОЙЧУК

BoychukLena@rambler.ru

Максим БОРИСЕНКО

maxborisenko530@mail.ru

Олександр ПРИГОДА

valex22@ukr.net

ORCID: 0000-0001-8257-5892

м. Миколаїв

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТРУКТУРОВАНОЇ ОБОЛОНКИ

У роботі досліджуються структуровані оболонки на міцність та жорсткість. Моделювання геометрії та чисельний розрахунок напружено-деформованого стану виконано методом скінченних елементів, реалізованим в комп'ютерній програмі FEMAP з розв'язувачем NASTRAN. Проводиться порівняння за міцністю та жорсткістю двошарової структурованої оболонки та двох одношарових з різним ступенем розрідження, еквівалентними за розмірами та масою.

Ключові слова: структурована оболонка, метод скінченних елементів, FEMAP, напружено-деформований стан.

При проектуванні конструкцій найголовніші питання, які повинні бути вирішені, це – міцність, надійність та економія матеріалу, легкість та простота монтажу. Конструктивним рішенням із задоволенням зазначених вимог є структурована конструкція, що представляє перехресно-стержневу систему. Структуровані конструкції найменш вразливі до руйнування при виході з ладу частини несучої конструкції, що забезпечує міцність конструкції в цілому.

Задачі із складною геометрією вирішуються чисельними методами, до яких також відноситься метод скінченних елементів. Для геометричного моделювання та чисельного розрахунку в роботі застосовувалась програма FEMAP з програмою скінченно-елементного аналізу NASTRAN.

В NASTRAN реалізовано варіант методу скінченних елементів, в якому шуканим є вектор переміщень [1]. У матричному позначенні це вектор

$$\{U\} = \{U_1; U_2; U_3\}^T, \quad (1)$$

який виражається через вектор переміщень у вузлах скінченного елемента $\{q\}_e$ та матрицю базисних функцій скінченного елемента $[\Phi]$:

$$\{U\} = [\Phi] \{q\}_e. \quad (2)$$

Для будь-якої точки в межах скінченного елемента вектор деформацій $\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_{11}, \varepsilon_{22}, \varepsilon_{33}, \gamma_{12}, \gamma_{23}, \gamma_{31}\}^T$ визначається вузловими переміщеннями:

$$\{\varepsilon\} = [\mathbf{B}] \{q\}_e, \quad (3)$$

де $[\mathbf{B}]$ – блочна матриця диференціювання по глобальним координатам, а напруження $\{\sigma\} = \{\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}, \sigma_{12}, \sigma_{23}, \sigma_{31}\}^T$ визначаються за законом Гука

$$\{\sigma\} = [\mathbf{D}] \{\varepsilon\}_e, \quad (4)$$

де $[\mathbf{D}]$ – матриця модулів пружності матеріалів.

Вектор вузлових переміщень всієї конструкції визначається з рівняння жорсткості

$$[\mathbf{K}] \{q\} = \{P\}, \quad (5)$$

де $[K] = \sum_e [K]_e$, $\{P\} = \sum_e \{P\}_e$, $[K]_e = \int_{\Omega'} [B]^T [D] [B] d\Omega$ – матриця жорсткості елемента, $\{P\}_e$ – вектор узагальнених сил, що діють на елемент.

Для дослідження була обрана двошарова сітчаста сферична оболонка з розкосами (рис. 1, а), де відношення діаметра основи до висоти рівне 4:1, відношення діаметра нижньої основи до діаметра верхнього отвору теж становить 4:1. Кількість з'єднань на нижньому колі рівна 36, кількість з'єднань вздовж меридіанів становить 8. Для моделювання покриття обиралися такі параметри: діаметр – 100 м, висота – 25 м.

Для порівняння міцності, жорсткості та стійкості створювалася також дві одношарові сферичні оболонки таких же діаметрів основ та висоти. Одношарові оболонки відрізняються ступенем згущення прямих. В оболонці розрідженої структури (рис. 1, б) сітка прямих за згущенням ідентична сітці прямих одного шару двошарової оболонки. Сітка прямих одношарової оболонки згущеної структури (рис. 1, в) ідентична сіткам зразу двох шарів, точки яких не зміщувалися з сферичної поверхні радіусом 62,5 м.

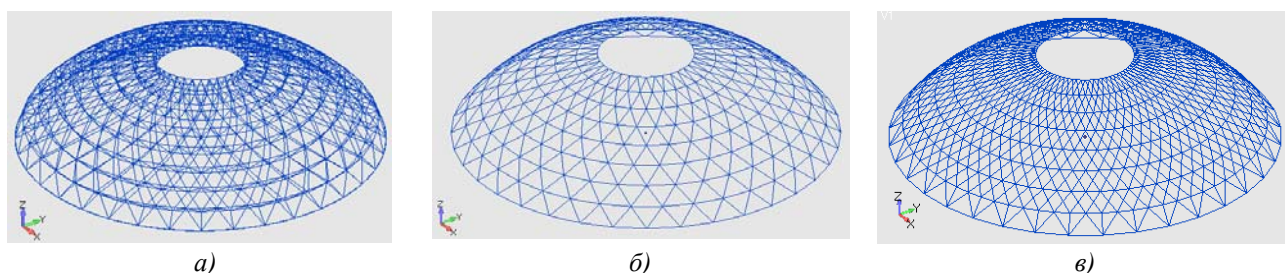


Рис. 1. Геометрія структурованої оболонки

В якості матеріалу задавався алюміній з характеристиками: модуль Юнга $E = 7 \cdot 10^{10} \text{ Па}$, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,34$, густина $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$. Для розбивки двошарової структурованої оболонок були задані трубчасті лінійні скінченні елементи типу BEAM з поперечними перерізами радіусом 200 мм, товщиною 10 мм. Для забезпечення еквівалентності по масі для одношарових оболонок згущеної та розрідженої структури задавалися поперечні перерізи відповідно товщиною 15 мм та 25 мм.

Розміри скінченних елементів обиралися згідно принципу практичної збіжності результату. Сітка розбивки для структурних оболонок остаточно задавалася так, щоб ділянки арматури від з'єднання до з'єднання моделювалися п'ятьма елементами. Кількість вузлів та елементів оболонок становлять: 11520 елементів та 9828 вузлів для двошарової з розкосами; 13680 елементів та 12060 вузлів для одношарової згущеної структури, 4500 елементів та 3924 вузла для одношарової розрідженої структури.

Закріплення та навантаження прикладалися до вузлів розбивки. Закріплення проводилось по нижнім вузлам, що відповідає закріпленню в реальності. Навантаження відповідає тиску 5 кПа, що задає вага покрівлі, снігу, також враховувалась власна вага металевого каркасу.

Проводився статичний розрахунок напружено-деформованого стану сформованих скінченно-елементних моделей оболонок з урахуванням заданих граничних умов. Результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунків			
Тип структурованої оболонки	Найбільші переміщення, мм	Найбільші напруження розтягу, МПа	Найбільші напруження стиску, МПа
Двошарова з розкосами	61,2	52	-75
Одношарова згущеної структури	77,2	35	-93
Одношарова розрідженої структури	62,3	41	-53

Розподіли переміщень та напружень представлені відповідно для структурованої двошарової структурованої оболонки з розкосами (рис. 2), одношарової згущеної структури (рис. 3), одношарової розрідженої структури (рис. 4).

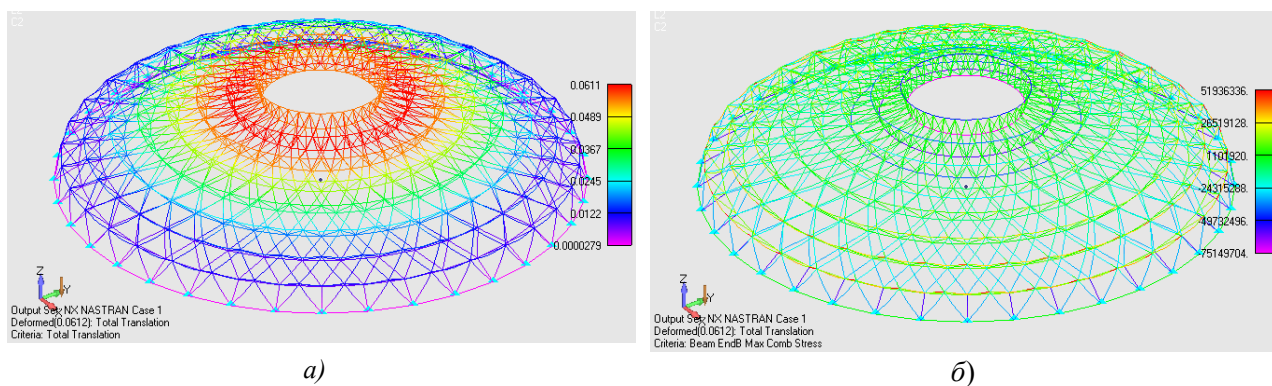


Рис. 2. Розподіли переміщень (а) та напружень (б) для структурованої двошарової оболонки з розкосами

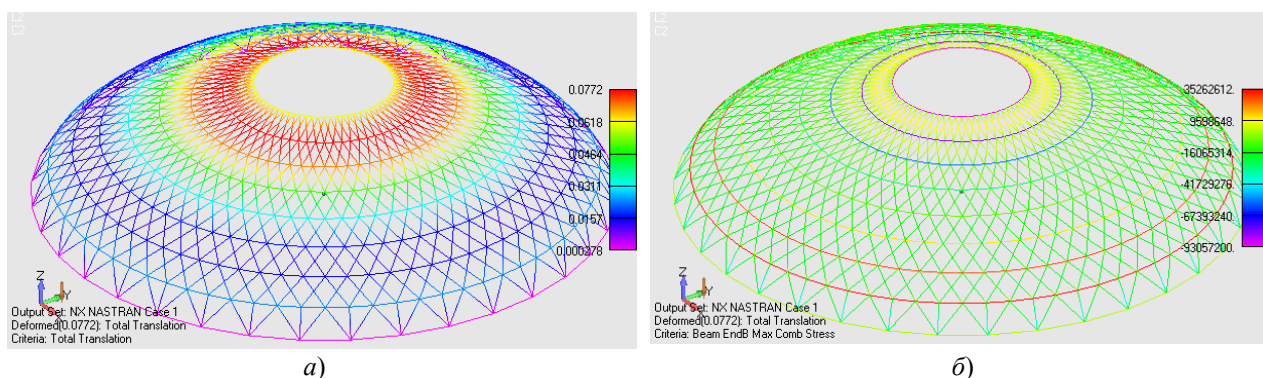


Рис. 3. Розподіли переміщень (а) та напружень (б) для структурованої одношарової оболонки згущеної структури

Розподіли переміщень показують, що переміщення змінюється з висотою від нуля до максимального значення для верхніх вузлів. Розподіли напружень свідчать, що найбільший стиск зазнають найнижчі опорні стержні внутрішнього шару та верхні горизонтальні, а найбільший розтяг – нижні горизонтальні стержні. Значення напружень не перевищують межі міцності алюмінію. Для одношарової оболонки згущеної структури максимальні переміщення більші на 26 %, а максимальні напруження стиску більші на 21 %, ніж відповідні переміщення та напруження двошарової оболонки з розкосами, що свідчить про перевагу останньої по міцності та жорсткості.

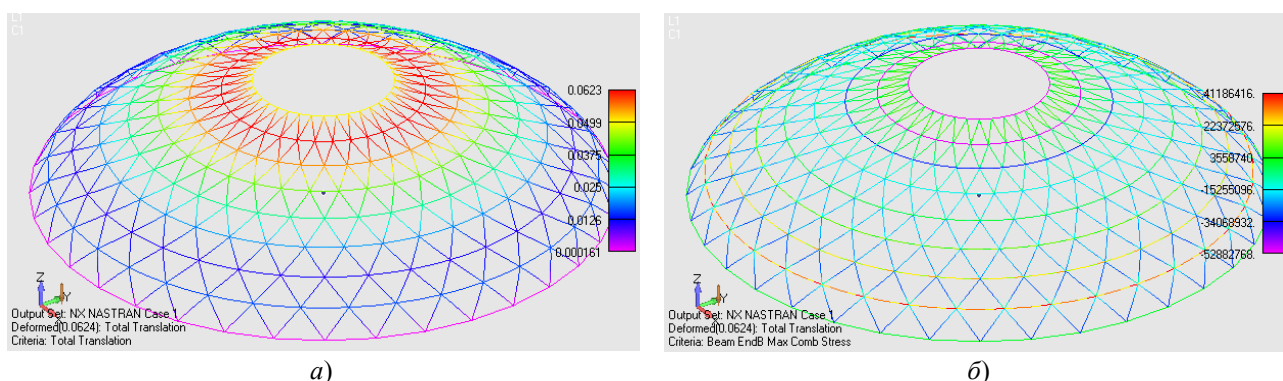


Рис. 4. Розподіли переміщень (а) та напружень (б) для структурованої одношарової оболонки розрідженої структури

Перевага двошарової оболонки з розкосами над одношаровою оболонкою розрідженої структури не так очевидна. Для забезпечення еквівалентності по масі площа перерізів стержнів останньої була

збільшена в 2,4 разу порівняно з площею перерізу стержнів двошарової, отже стержні одношарової оболонки розрідженої структури можуть сприйняти навантаження більші в 2,4 разу. При цьому при однакових навантаженнях максимальні за модулем напруження для одношарової оболонки розрідженої структури менші лише в 1,4 разу. Жорсткість відрізняється лише на 2 % на користь двошарової структурованої оболонки з розкосами. Структурована двошарова оболонка менш металоємна.

Навантаження, що прикладалось, і характеристики матеріалу застосовувались з метою проведення оціночних розрахунків. Розроблена модель може бути застосована для підбору розмірів перерізів стержнів у відповідності із відомим реальним навантаженням, для підбору різних матеріалів у нижніх і верхніх шарах відповідно до зміни зусиль в елементах.

Список використаних джерел

1. Рудаков К. Н. FEMAP 10.2.0. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций. — К. : НТУУ КПИ, 2011. — 317 с.
2. Шимкович Д. Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. — М. : ДМК Пресс, 2003. — 447 с.

Olena BOYCHUK, Maxim BORISENKO, Oleksandr PRIGODA

Mykolaiv

NUMERICAL SIMULATION AND CALCULATION OF STRUCTURED SHELL STRESS-STRAIN STATE

In this paper the structured shells are researched for strength and rigidity. Modeling geometry and numerical calculation of stress-strain state were made by finite element method implemented in FEMAP software with NASTRAN solver. An equivalent sizes and weight structured bilayer shell and two one-layer with different degrees of rarefaction strength and rigidity comparison is carried out.

Keywords: structured shell, finite element method, FEMAP, stress-strain state.

Елена БОЙЧУК, Максим БОРИСЕНКО, Александр ПРИГОДА

г. Николаев

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТРУКТУРИРОВАННОЙ ОБОЛОЧКИ

В работе исследуются структурированные оболочки на прочность и жесткость. Моделирование геометрии и численный расчет напряженно-деформированного состояния выполнено методом конечных элементов, реализованным в компьютерной программе FEMAP с решателем NASTRAN. Проводится сравнение по прочности и жесткости двухслойной структурированной оболочки и двух однослойных с разной степенью разрежения, эквивалентными по размерам и массе.

Ключевые слова: структурированная оболочка, метод конечных элементов, FEMAP, напряженно-деформированное состояние.

Стаття надійшла до редколегії 31.03.2017

УДК 514.8

Валерій БОНДАРЕНКО

bondarenkoval@ukr.net

ORCID: 0000-0002-9389-3084

Владислав ПОТУРНАК

kt1411@outlook.com

ORCID: 0000-0001-5470-1855

Богдан ГУНЬКО

gunko_bogdan_m_kt-14-1-03@mail.ru

ORCID: 0000-0001-7935-8794

м. Дніпро

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВІРТУАЛЬНИХ МЕХАНІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ РАДІО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ЗА ЇХНІМИ ГЕОМЕТРИЧНИМИ КОМП'ЮТЕРНИМИ МОДЕЛЯМИ

Створення сучасних складних технічних об'єктів, зокрема, радіоелектронних засобів, базується на інтеграції їхнього різноаспектного комп'ютерного моделювання та суттєво складніших й дорожчих експериментальних досліджень об'єкту – його випробувань. Суттєве вдосконалення та поширення комп'ютерного моделювання й на екосистему об'єкту надає принципову можливість зменшувати питому вагу експериментальних досліджень, замінюючи їх потужним комп'ютерним моделюванням – так званими віртуальними випробуваннями. У статті наведено матеріали з розробки автоматизованої підсистеми віртуальних механічних випробувань РЕЗ на основі САПР АСОНІКА.

Ключові слова: проектування, радіоелектронний засіб(РЕЗ), гео-метричне моделювання, електронний макет, механічні зовнішні чинники впливу, вібрація, удар, випробування, віртуальні випробування, автоматизована система.

Постановка проблеми. Віртуальні випробування об'єктів проектування стають все більш поширеним та ефективним засобом проектної діяльності. Саме тому особливого значення набувають конкретні розробки автоматизованих систем віртуальних випробувань для певних угруповань продукції, до яких висуваються високі вимоги якості за жорстких умов експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливу роль випробувань в оптимізації процесу створення виробів ракетно-космічної техніки (РКТ) досліджував І. В. Мельников [1]. Проектування таких складних виробів являє собою ітеративний процес з вельми розвиненою структурою, що містить певну низку доволі самодостатніх циклів – етапів, на кожному з яких водночас з аналітичними проектними розробками проводяться різноманітні експериментальні дослідження та випробування. Випробування являють собою невід'ємну й найважливішу складову цього процесу – за розроблення сучасних ракет-носіїв близько 40 % усіх різноманітних проблем, що виникають в процесі проектування, вирішується саме за допомогою відповідних випробувань. В математичній постановці планування випробувань, тобто розроблення (проектування) Повної системи випробувань виробу РКТ та укладання Програми комплексних випробувань (експериментального відпрацювання) являє собою узагальнену задачу оптимального синтезу процесу випробувань, що наближено розв'язується методами, які базуються на ієрархічному підході. Для виробів РКТ, що являють собою складні системи, це найбільш природньо, бо відбиває їхню об'єктивну властивість ієрархічної упорядкованості, тобто й здатності до декомпонування – поділу на ряд підсистем, блоків, елементів. Для процесу випробувань природньо прийняти ту ж декомпозицію, що й для самого проектного виробу РКТ. Належить відзначити дослідження Д. О. Щемелініна [2] візуалізації комплексних теплових та механічних процесів у блоках електронних приладів (ЕП). Розроблені алгоритми графічних інтерфейсів на основі 3-D моделей візуалізації теплових і механічних процесів конструкцій ЕП, методика візуалізації вихідних

даних і результатів моделювання ЕП при комплексних теплових і механічних впливах, що відрізняється від відомих наявністю комплексних інформаційних, топологічних, математичних і 3-D – моделей візуалізації теплових і механічних процесів. Розроблена і реалізована структура автоматизованої підсистеми синтезу та аналізу проектних рішень ЕП при комплексних механічних та теплових впливах, що відрізняється від існуючих наявністю препроцесора та постпроцесора для моделювання механічних і теплових процесів у несних конструкціях ЕП в універсальній САЕ-системі, що забезпечують зручну для проектувальника ЕП мову взаємодії на базі графічних інтерфейсів введення-виведення, можливістю побудови усієї ієрархії конструкцій ЕП від блоку до окремого ЕРВ для передавання впливів і результатів моделювання між окремими рівнями ієрархії.

У дисертаційній роботі Є. О. Першина [3] набули розроблення питання втомної міцності конструкцій РЕЗ. Надійність РЕЗ значно погіршується за дії механічних впливів: вібрацій, ударів, лінійних перевантажень, акустичних шумів. Відмови РЕЗ при механічних впливах, по-перше, пов'язані з виходом за межі, встановлені нормативно-технічною документацією (НТД), механічних режимів конструкцій РЕЗ: прискорень, переміщень (прогинів), силових напружень тощо, що призводить до втрати міцності і стійкості елементами конструкцій РЕЗ, й по-друге, до специфічних втрат міцності призводить накопичення втомних пошкоджень у виводах радіоелементів – з подальшим їхнім руйнуванням – протягом тривалої дії механічних впливів. Розроблені алгоритми розрахунку часу до втомного руйнування конструкцій друкованих вузлів і радіоелементів при впливі гармонійної і випадкової вібрації, а також багатократного удару, що відрізняються від існуючих можливістю безпосередньої реалізації засобами макропрограмування ANSYS на основі результатів аналізу на механічні дії. Розроблена структура та здійснена програмна реалізація автоматизованої підсистеми аналізу втомної міцності конструкцій друкованих вузлів на механічні впливи, що відрізняється від існуючих систем втомного аналізу інтегрованістю в загальний процес автоматизованого проектування конструкцій РЕЗ та високим ступенем автоматизації. Фундатори автоматизованої системи забезпечення надійності та якості апаратури (АСОНИКА) О.С. Шалумов, Ю.М. Кофанов у співавторстві з М.В. Малютіним, О.Ю. Мартиновим. у своїй програмній статті [4] широко анонсували застосування АСОНИКА для віртуалізації випробувань РЕЗ зі стійкості до дії комплексів дестабілізуючих чинників впливу. АСОНИКА забезпечує математичне моделювання певної низки різноманітних фізичних процесів (механічних, теплових, електричних, електромагнітних тощо) у модельованому виробі РЕЗ, у тому числі – за їхньої комплексної дії. Ефективним розв'язком задачі створення високонадійної РЕА є застосування віртуальних випробувань електронного макету розроблюваного приладу, для чого АСОНИКА, зокрема, реалізує: створення електронного макету приладу (електронного паспорту); проведення віртуальних випробувань електронного макету для визначення його стійкості до дії дестабілізуючих механічних та теплових чинників, включно комплексних; визначення плану випробувань й розроблення пропозицій щодо заміни частини натурних випробувань віртуальними; проведення віртуальних типових випробувань замість натурних – з урахуванням даних про розроблюваний прилад, що накопичуються в його електронному паспорті. Але заанонсована авторами статті здатність АСОНИКА до повної віртуалізації випробувань РЕА, принаймні, її описуваної версії, видається сумнівною – хоча б тому, що у її складі немає відповідної підсистеми.

Формулювання цілей. Метою цієї роботи є створення автоматизованої підсистеми віртуальних механічних випробувань РЕЗ бортової апаратури балістичних ракет і ракет-носіїв на основі автоматизованої системи забезпечення надійності та якості апаратури (АСОНИКА) та її підсистем, зокрема АСОНИКА-М, АСОНИКА-ТМ, АСОНИКА-УСТ на ґрунті всебічного різноаспектного аналізу сучасної методології випробувань – сучасного стану нормативно-методичного забезпечення системи випробувань радіоелектронної апаратури зразків озброєння та військової техніки (ОВТ).

Основний матеріал. АСОНИКА призначена для комп'ютерного моделювання електронної апаратури (ЕА) з метою аналізу та забезпечення її стійкості до комплексних теплових, механічних, електромагнітних дій, створення карт робочих режимів електрорадіовиробів (ЕРВ), аналізу показників надійності з урахуванням реальних режимів роботи ЕРВ й автоматизації документообігу за проектування ЕА. Система АСОНИКА складається з таких функціональних підсистем:

1. АСОНИКА-Т: аналіз та забезпечення теплових характеристик конструкцій РЕЗ;
2. АСОНИКА-М: аналіз типових конструкцій блоків РЕЗ на механічні дії;

3. АСОНИКА-М-ШКАФ: аналіз типових конструкцій шаф та стояків РЕЗ на механічні дії;
4. АСОНИКА-М-3D: аналіз та забезпечення стійкості до механічних дій довільних об'ємних конструкцій РЕЗ, створених в системах ProEngineer, SolidWorks та інших CAD-системах в форматах IGES и SAT;
5. АСОНИКА-ИД: ідентифікація фізико-механічних та теплофізичних параметрів моделей РЕЗ;
6. АСОНИКА-В: аналіз та забезпечення стійкості до механічних дій конструкцій РЕЗ, встановлених на віброізоляторах;

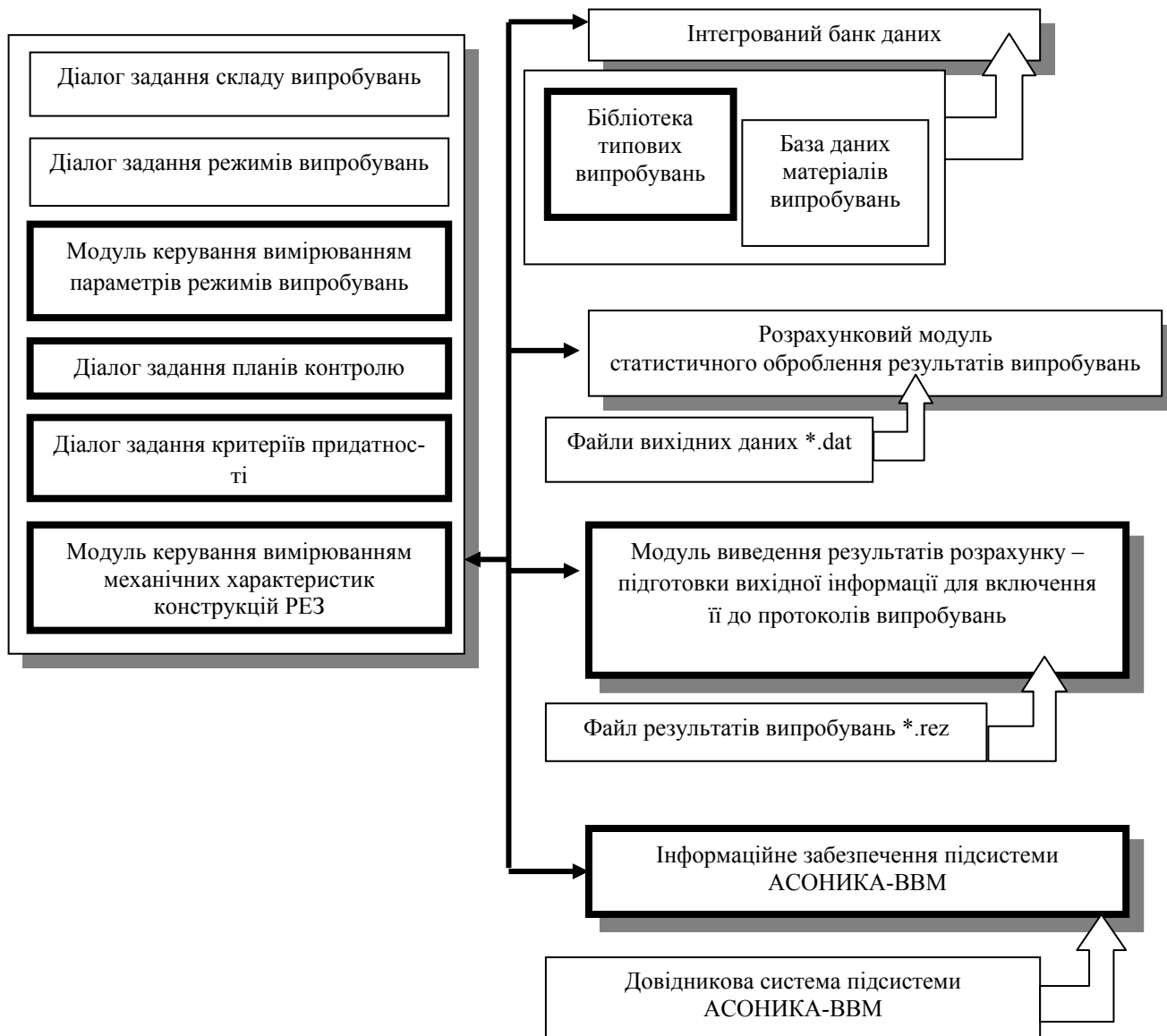


Рис. 1 Структурна схема підсистеми АСОНИКА-BVM

7. АСОНИКА-ТМ: аналіз конструкцій друкованих вузлів РЕЗ на теплові та механічні дії;
8. АСОНИКА-Р: автоматизоване заповнення карт робочих режимів ЕРВ;
9. АСОНИКА-Б: аналіз показників безвідмовності РЕЗ з урахуванням реальних режимів роботи ЕРВ;
10. АСОНИКА-УСТ: аналіз втомної міцності конструкцій друкованих плат та ЕРВ за механічних дій;
11. АСОНИКА-ЭМС: аналіз та забезпечення електромагнітної сумісності РЕЗ;
12. АСОНИКА-БД: довідникова база даних ЕРВ та матеріалів за геометричними, фізико-механічними, теплофізичними, електричними та надійнісними параметрами;
13. АСОНИКА-УМ: керування моделюванням РЕЗ за його проектування. Для сполучення з поширеними «важкими» САПР АСОНИКА містить такі конвертори: модуль інтеграції систем

проектування друкованих вузлів PCAD, Mentor Graphics, Altium Designere, OrCAD та підсистеми АСОНІКА-ТМ; модуль інтеграції 3-D моделі, створеної в системах ProEngineer, SolidWorks, Inventor та інших в форматах IGES и SAT та підсистеми АСОНІКА-М-3D. Як видно, у сучасній версії системи АСОНІКА відсутня будь-яка спеціалізована підсистема для забезпечення віртуальних випробувань електронних макетів РЕЗ, і саме її належить створити. Допоки що обмежимося механічними випробуваннями – як найбільш значущими для об'єкта проектування – РЕЗ бортової апаратури балістичних ракет і ракет-носіїв (група апаратури – 4.9, групи виконання апаратури – 4.9.1, 4.9.2 за ГОСТ

РВ 20.39.304-98). Безпосередньо до механічних процесів у електронних макетах проєктованих конструкцій РЕЗ долучені різною мірою такі підсистеми: АСОНІКА-М, АСОНІКА-М-ШКАФ, АСОНІКА-М-3D, АСОНІКА-В, АСОНІКА-ТМ, АСОНІКА-УСТ. Вочевидь, створювана автоматизована підсистема віртуальних механічних випробувань АСОНІКА-ВВМ(Випробувань Віртуальних Механічних) має зінтегрувати вищезазначені підсистеми – безпосередньо чи опосередковано.

Внутрішня будова підсистеми АСОНІКА-ВВМ характеризується такими видами структур, що відрізняються типами елементів і сталих зв'язків між ними: функціональні (елементи: функції, завдання, процедури; зв'язки – інформаційні); документальні (елементи: неподільні складові частини, документи АС; зв'язки: взаємодії, вхідності, підпорядкування); алгоритмічні (елементи – алгоритми; зв'язки – інформаційні); програмні (елементи: програмні модулі, вироби; зв'язки – керуючі).

Нормативно-технічна частина (НТЧ) містить повну базу нормативних документів, що врегульовують механічні випробування РЕЗ бортової апаратури ракет-нової техніки – балістичних ракет і ракет-носіїв: комплекси стандартів (група ГОСТ РВ 20.39.30X-98) – КСОТТ. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам; комплексы стандартів (група ГОСТ РВ 20.57.30X-98) – КСКК. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Методы испытаний на воздействие механических факторов.

Інформаційно-керуюча частина (ІКЧ) містить алгоритми, на основі яких реалізуються керуючі функції: складу випробувань, режимів випробувань, планів контролю, критеріїв придатності (рис. 1).

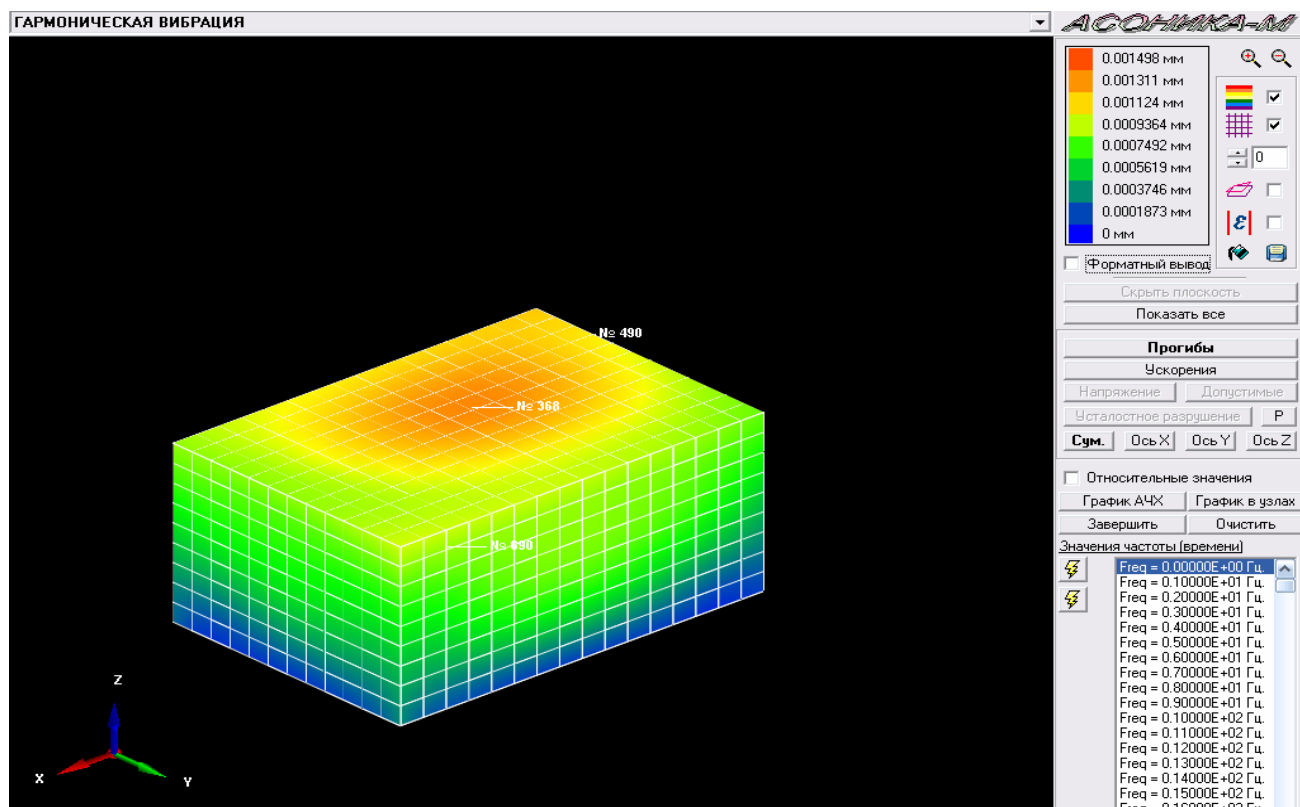


Рис. 2. Візуалізація віртуального випробування 103 – на тривкість при довготривалому впливі синусоїдальної вібрації

Інформаційно-вимірювальна частина (ІВЧ) містить алгоритми та програми: контролю за режимами випробувань, управління вимірюванням параметрів режимів випробувань, управління вимірюванням механічних характеристик конструкцій РЕЗ, статистичної обробки результатів випробувань, підготовки вихідної інформації для протоколів випробувань та супровідних документів (рис. 1).

Як графічна, так і числова візуалізація результатів певного випробування (рис. 2) дозволяє інженеру-випробувачу ефективно використовувати інтерактивний режим для належного керування усіма процесами віртуальних випробувань.

Висновки. 1. Проаналізована нормативна документація, що вичерпно врегулює механічні випробування РЕЗ бортової апаратури балістичних ракет і ракет-носіїв. 2. Запропоновано введення до складу АСОНІКА автоматизованої підсистеми – АСОНІКА-ВВМ, за допомогою якої реалізується імітаційне комп'ютерне моделювання повної системи віртуальних механічних випробувань РЕЗ. 3. Розроблено структуру, нормативно-методичне забезпечення та проведено первинне тестування першої версії підсистеми АСОНІКА-ВВМ. 4. Автоматизована підсистема АСОНІКА-ВВМ є ефективним засобом діалогового проектування та імітаційного комп'ютерного моделювання повної системи віртуальних механічних випробувань РЕЗ.

Перспективи подальших досліджень. 1. Вдосконалення внутрішньої структури автоматизованої підсистеми АСОНІКА-ВВМ у напрямку підвищення рівня автоматизації. 2. Розроблення на основі АСОНІКА-ВВМ інтегрованої автоматизованої підсистеми для реалізації повної системи віртуальних випробувань для усіх застандартизованих класів зовнішніх чинників впливу: механічних, кліматичних.

Список використаних джерел

1. Мельников И. В. Роль испытаний в оптимизации процесса проектирования изделий ракетно-космической техники / И. В. Мельников // Молодой ученый. — 2011. — № 2. Т. 1. — С. 38—41.
2. Щемелин Д. А. Разработка 3-D модели визуализации тепловых и механических процессов в блоках электронных приборов: дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. — СПб., 2008.
3. Першин Е. О. Разработка автоматизированной подсистемы анализа усталостной прочности конструкций печатных узлов при механических воздействиях: дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. — М., 2012.
4. Малютин Н. В., Мартынов О. Ю., Шалумов А. С., Кофанов Ю. Н. Аппаратно-программный комплекс автоматизированного проектирования, обеспечения виртуализации испытаний и стойкости к воздействию дестабилизирующих факторов при эксплуатации РЭА / Н. В. Малютин, О. Ю. Мартынов, А. С. Шалумов, Ю. Н. Кофанов // Успехи современной радиоэлектроники. — М. : Изд. Радиотехника, 2011. — № 1. — С. 7—11.

Valerii BONDARENKO, Vladyslav POTURNAK, Bohdan GUNJKO
Dnipropetrovsk

AUTOMATED SYSTEM OF VIRTUAL MECHANICAL TESTS OF RADIO-ELECTRONIC MEANS ACCORDING TO THEIR GEOMETRIC COMPUTER MODELS

The creation of modern complex technical facilities, in particular radio electronic facilities, is based on the integration of their diverse computer modeling and substantially more complex and expensive experimental survey of the object - its tests. Substantial improvement and expansion of computer modeling on the ecosystem of the object provides a principal opportunity to reduce the specific weight of experimental survey, replacing them with powerful computer modeling - the so-called virtual tests. The article contains materials on the development of a study of the automated subsystem of virtual mechanical tests of RES on the basis of ASONIKA CAD.

Keywords: design, radio-electronic means (REMs), geometric modeling, electronic layout, mechanical external impacts, vibration, impact, testing, virtual testing, automated system.

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ВИРТУАЛЬНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПО ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ
КОМПЬЮТЕРНЫМ МОДЕЛЯМ**

Создание современных сложных технических объектов, в частности радиоэлектронных средств, базируется на интеграции их разноаспектного компьютерного моделирования и существенно более сложных и дорогих экспериментальных исследований объекта – его испытаний. Существенное совершенствование и расширение компьютерного моделирования и на экосистему объекта предоставляет принципиальную возможность уменьшать удельный вес экспериментальных исследований, заменяя их мощным компьютерным моделированием – так называемыми виртуальными испытаниями. В статье приведены материалы по разработке автоматизированной подсистемы виртуальных механических испытаний РЭС на основе САПР АСОНИКА.

Ключевые слова: проектирование, радиоэлектронное средство (РЕС), геометрическое моделирование, электронный макет, механические внешние воздействующие факторы, вибрация, удар, испытания, виртуальные испытания, автоматизированная система.

Стаття надійшла до редколегії 12.04.2017

УДК 621.515:514.18

Валерій БОРИСЕНКО

borisenko.valery@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0857-0708

Євгеній ДРУЗЬ

druzuchiha@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9508-4045

м. Миколаїв

МОДЕЛЮВАННЯ S-ПОДІБНИХ СКЕЛЕТНИХ ЛІНІЙ ПРОФІЛІВ ЛОПАТОК ОСЬОВИХ КОМПРЕСОРІВ ДУГАМИ КІЛ

Стаття присвячена розробці методу аналітичного подання скелетних (середніх) ліній профілів плоских перерізів лопаток осьових компресорів із використанням дуг кіл. Координати центрів цих дуг та їх радіуси визначаються числовим методом.

Ключові слова: аналітичне подання, скелетна лінія, числовий метод.

Постановка проблеми. При розробці проектів потужних газотурбінних двигунів суттєва увага приділяється проектуванню рухомих і нерухомих лопаткових апаратів осьових компресорів. Саме в цих газодинамічних машинах відбуваються основні енергетичні перетворення, пов'язані зі стисненням повітря.

Аеродинамічний профіль лопатки компресора утворюється обводами спинки, коритця, вхідної та вихідної кромок. Обводи спинки і коритця, як правило, отримують шляхом вигину добре відпрацьованих симетричних або асиметричних профілів вздовж так званої скелетної (середньої) лінії. Профілі лопаток компресорів відрізняються видом рівняння скелетної лінії та формою контуру спеціального аеродинамічного профілю.

Актуальність пошуку нових підходів до моделювання скелетних ліній профілів лопаток осьових компресорів обумовлюється тим, що проектанти цих газодинамічних машин, бажаючи підвищити їх ефективні показники і у той же час зменшити масу та габарити, змушені збільшувати перепади тиску повітря в компресорах, що призводить до зростання швидкісного режиму робочої речовини, який за певних обставин може перевищувати місцеву швидкість звуку, що провокує зростання втрат енергії в компресорі.

Розрахунки течії робочої речовини в проточних частинах осьових компресорів із застосуванням програмних продуктів обчислювальної газодинаміки та проведені підтверджуючі цей факт експериментальні дослідження показали, що для зменшення градієнта тиску на виході з решіток профілів доцільно ці профілі моделювати з так званою S-подібною формою. Ці заходи сприятимуть зменшенню ризику відриву потоку від профілів, а отже – зниженню втрат енергії робочої речовини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Скелетна лінія профілю лопатки осьового компресора є плоскою кривою, яка описується деяким рівнянням, і, отже, має певне математичне підґрунтя. У сучасній літературі [4, 6, 7] можна знайти різні підходи до аналітичного опису плоских кривих. При цьому існують способи, які однозначно визначають криву лінію. Сюди відносяться алгебраїчні та різноманітні трансцендентні криві, тобто це криві, які мають певну аналітичну залежність, що пов'язує ординату та абсцису будь-якої точки кривої в явному або неявному вигляді.

В роботах [1–3] наведені різні підходи до моделювання скелетних ліній профілів лопаток осьових компресорів. Зокрема, в роботі [3] пропонується метод подання скелетних ліній дугами кіл, які можна застосовувати при розробці проектів лопаток статора високонавантажених осьових компресорів газотурбінних двигунів.

Метою цієї статті є розробка методу геометричного моделювання S-подібних скелетних ліній профілів лопаток осьових компресорів із застосуванням двох дуг кіл, центри і радіуси яких визначаються числовим методом в процесі побудови скелетної лінії.

Основні результати дослідження. Визначимося спочатку з вихідними даними та граничними умовами, які будуть застосовуватися при побудові S -подібної скелетної лінії профілю лопатки осьового компресора, і застосуємо їх до моделювання цієї лінії двома дугами кіл. Всі розрахунки будемо проводити у відносних координатах, коли абсциса скелетної лінії змінюватиметься в діапазоні від нуля до одиниці.

Принцип побудови S -подібної скелетної лінії впливає з розгляду рис. 1. Точку скелетної лінії, яка відповідатиме вхідній кромці профілю лопатки, розташуємо в початку координат, у цієї точки $x_1 = 0, y_1 = 0$, кут нахилу дотичної в ній дорівнює α_1 .

Точка A знаходиться в місці перегину скелетної лінії. У цій точці відомі абсциса, яка задається параметром s меншим за одиницю (цей параметр визначає віддалення точки перегину від вхідної кромки і вимірюється вздовж осі абсцис.), та кут нахилу дотичної α_s . Параметр s та кут α_s задаються з вихідними даними.

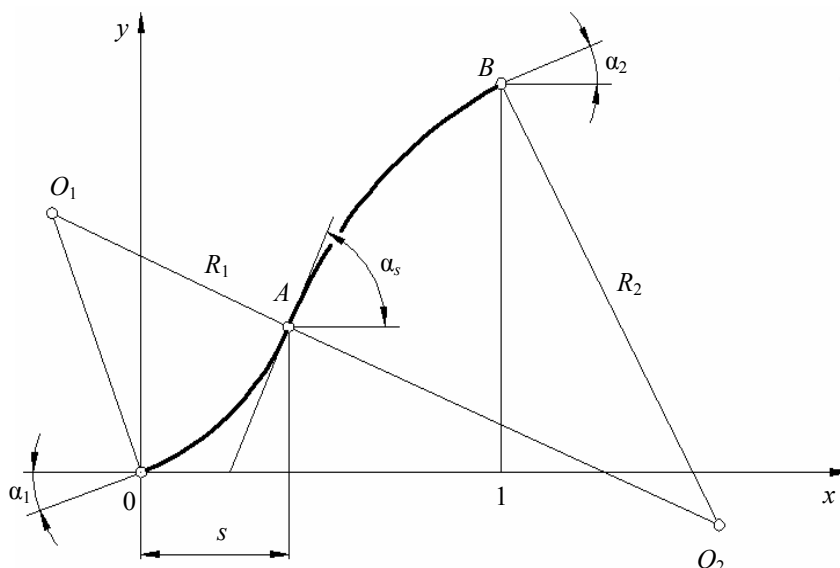


Рис. 1. Дволанкова скелетна лінія

Вихідна кромка скелетної лінії має координату $x_2 = 1$, ордината цієї точки визначається в процесі моделювання скелетної лінії і залежить від математичного виразу кривої (у даному випадку від двох дуг кіл), параметра s , а також від геометричних кутів потоку α_1 на вході в решітку профілів, α_2 на виході з неї і, нарешті, від кута α_s .

Таким чином, матимемо наступні граничні умови для моделювання S -подібної скелетної лінії:

$$\text{при } x = 0: y = 0, y' = \operatorname{tg} \alpha_1;$$

$$\text{при } x = s: y' = \operatorname{tg} \alpha_s;$$

$$\text{при } x = 1: y' = \operatorname{tg} \alpha_2.$$

Для побудови дволанкової кривої, що формується двома дугами кіл, необхідно визначити координати центрів O_1 і O_2 , та радіуси R_1 і R_2 . Розв'язання задачі ускладнюється тим, що ординати точок A і B невідомі. Вони визначаються в процесі моделювання S -подібної кривої.

Центр O_1 знаходиться на перетині двох прямих $O_1 0$ і $O_1 A$ (див. рис. 1), рівняння яких мають вигляд:

$$\text{пряма } O_1 0: y = -\frac{x}{\operatorname{tg} \alpha_1}; \quad (1)$$

$$\text{пряма } O_1 A: y = y_A - \frac{x - x_A}{\operatorname{tg} \alpha_s}. \quad (2)$$

У виразі (2) під x_A розуміється абсциса; ордината точки A є величиною невідомою, для її знаходження формується наступний обчислювальний алгоритм.

Сумісним розв'язанням рівнянь (1) і (2) отримуємо координати точки O_1 – центра кола радіуса R_1

$$x_{O_1} = \frac{y_A \operatorname{tg} \alpha_s + s}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_s} \operatorname{tg} \alpha_1; \quad y_{O_1} = -\frac{y_A \operatorname{tg} \alpha_s + s}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_s}.$$

Маючи координати центра O_1 розраховуємо радіус дуги першого наближення:

$$R'_1 = \sqrt{x_{O_1}^2 + y_{O_1}^2}. \quad (3)$$

З іншого боку цей радіус можна визначити як довжину відрізка O_1A

$$R''_1 = \sqrt{(x_{O_1} - s)^2 + (y_{O_1} - y_A)^2}. \quad (4)$$

Застосувавши підпрограму *ZEROIN* [6], яка сполучає безвідмовність бісекції з асимптотичною швидкістю методу січних у випадку гладких функцій та призначену для пошуку дійсного нуля функції, зводимо до нуля різницю між радіусами, визначеними залежностями (3) і (4). У цьому обчислювальному процесі величиною, що варіюється, виступає ордината точки A .

Знайдені таким чином координати центра кола O_1 і його радіус R_1 , дозволяють побудувати першу ланку S -подібної кривої.

Подібний підхід застосовано до пошуку центра кола O_2 і радіуса R_2 другої ланки скелетної лінії. Центр O_2 знаходиться як точка перетину прямих O_2A і O_2B . Рівняння цих прямих мають вигляд:

$$y = y_A - \frac{x - s}{\operatorname{tg} \alpha_s}; \quad (5)$$

$$y = y_B - \frac{x - 1}{\operatorname{tg} \alpha_2}. \quad (6)$$

У цих виразах прийняті до уваги значення абсцис точок A і B .

Сумісним розв'язанням рівнянь (5) і (6) визначаємо координати центра O_2 кола другої ланки S -подібної кривої:

$$x_{O_2} = (y_A - y_B) \frac{\operatorname{tg} \alpha_2 \operatorname{tg} \alpha_s}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_s} + 1;$$

$$y_{O_2} = y_B + \frac{(y_A - y_B) \operatorname{tg} \alpha_s}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_s}.$$

Далі визначаються довжини відрізків O_2A і O_2B , різниця між якими за допомогою підпрограми *ZEROIN* зводиться до нуля. Таким чином, знаходяться координати центра O_2 дуги другої ланки скелетної лінії та її радіус R_2 .

Результати моделювання трьох S -подібних скелетних ліній наведені на рис. 2. Вони отримані за таких вихідних даних: кути α_1 і α_2 дорівнювали 60° , а кут $\alpha_s - 67^\circ$. Абсциса точки A , тобто параметр s , змінювалися в межах від 0,3 до 0,5 з кроком 0,1. Як свідчать наведені дані, всі три скелетні лінії мають S -подібну форму. Точка

переходу від одної ланки до другої позначена колом невеликого радіуса. Всі криві виходять з однієї точки з однаковим кутом нахилу до осі абсцис, приходять же вони в різні точки, хоча і з однаковою абсцисою, але з дещо різними ординатами.

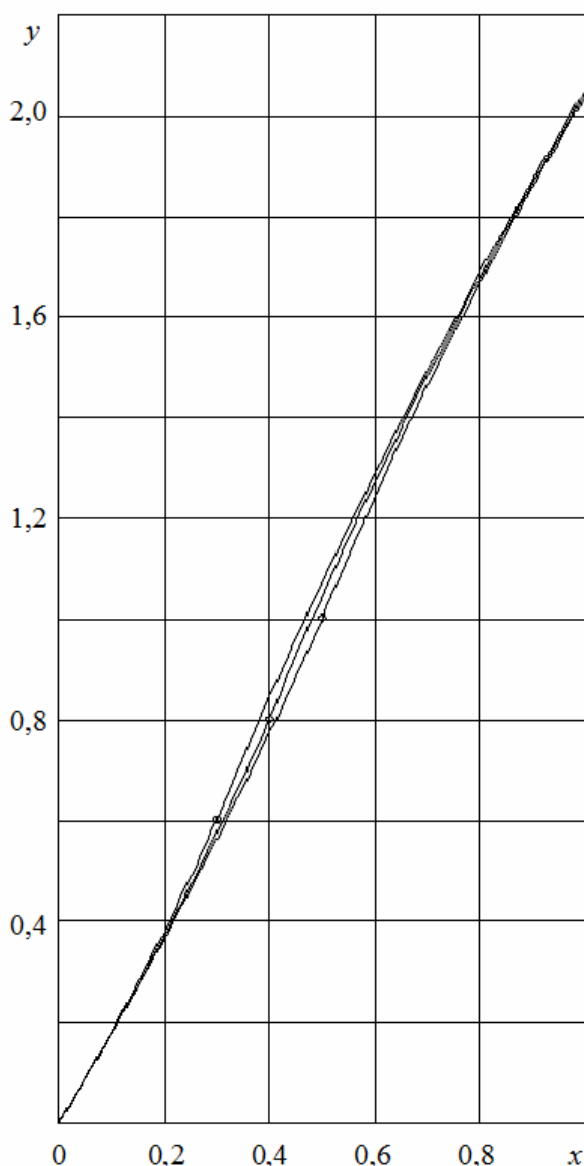


Рис. 2. Дволанкові S -подібні скелетні лінії

Висновки та перспективи подальших досліджень. Застосування двох дуг кіл дозволило моделювати S-подібні скелетні лінії, які можна застосовувати при проектуванні рухомих і нерухомих лопаткових апаратів проточних частин багатоступінчастих осьових компресорів.

Розроблений програмний код і проведені розрахунки підтвердили працездатність запропонованого методу аналітичного подання скелетних ліній профілів лопаток осьових компресорів.

Подальші дослідження треба спрямувати на розробку заходів, які б забезпечували проходження скелетних ліній через задані проектантом кінцеві точки, а також розробити алгоритми розміщення симетричних або асиметричних профілів вздовж скелетних ліній, які відповідають розрахованим значенням кутів входу і виходу потоку.

Список використаних джерел

1. Борисенко В. Д. Геометричне моделювання дволанкових s-подібних кривих [Електронний ресурс] / В. Д. Борисенко, С. А. Устенко, Є. І. Друзь // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь : ТДАТУ, 2016. — Вип. 6, Т. 2. — С. 14—21.
2. Борисенко В. Д. Метод аналітичного подання скелетних ліній профілів лопаток осьових компресорів [Текст] / В. Д. Борисенко, Є. І. Друзь // Прикладна геометрія та інформаційні технології в моделюванні об'єктів, явищ і процесів: Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції. — Миколаїв : МНУ імені В. О. Сухомлинського, 2016. — С. 55—58.
3. Борисенко В. Д. Побудова дуги кола, що проходить через дві точки і має в них задані кути нахилу дотичних [Текст] / В. Д. Борисенко, Є. І. Друзь // Інформаційні технології в моделюванні: Матеріали II-ї всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. — Миколаїв : МНУ імені В. О. Сухомлинського, 2017. — С. 7—10.
4. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование [Текст] / Н. Н. Голованов. — М. : Физматлит, 2002. — 472 с.
5. Форсайт Дж. Машинные методы математических вычислений [Текст] / Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Моулдер. — М. : Мир, 1980. — 270 с.
6. Шикин Е. В. Кривые на плоскости и в пространстве [Текст] / Е. В. Шикин, М. М. Каменецкий. — М. : Фазис, 1997. — 325 с.
7. Farin G. Curves and surfaces for computer-aided geometric design: [a practical guide] [Text] / G. Farin. — Academic Press Inc., 1997. — 447 p.

Валерий БОРИСЕНКО, Евгений ДРУЗЬ

г. Николаев

МОДЕЛИРОВАНИЕ S-ПОДОБНЫХ СКЕЛЕТНЫХ ЛИНИЙ ПРОФИЛЕЙ ЛОПАТОК ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ ДУГАМИ ОКРУЖНОСТЕЙ

Статья посвящена разработке метода аналитического описания скелетных (средних) линий профилей плоских сечений лопаток осевых компрессоров с использованием дуг окружностей. Координаты центров этих дуг и их радиусы определяются численным методом.

Ключевые слова: аналитическое описание, скелетная линия, численный метод.

Valeriy BORISENKO, Yevheniy DRUZ

Mykolaiv

MODELLING OF S-SIMILAR SKELETAL LINES PROFILES FOR AXIAL COMPRESSORS BY CIRCULAR ARCS

The article is devoted to the development of the method of analytical description of skeleton (average) lines of profiles of flat sections of axial compressor blades using arc arcs. The coordinates of the centers of these arcs and their radii are determined by the numerical method.

Key words: analytical description, skeleton line, numerical method.

Стаття надійшла до редколегії 12.04.2017

УДК 629.12:514.18

Валерій БОРИСЕНКО

borisenko.valery@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0857-0708

Сергій СЛОБОДЯН

slo71@mail.ru

ORCID: 0000-0002-2439-074X

Андрій УСТЕНКО

austenکو0@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0546-7019

м. Миколаїв

МОДЕЛЮВАННЯ КОРАБЕЛЬНИХ КРИВИХ З КВАДРАТИЧНИМ ЗАКОНОМ РОЗПОДІЛУ КРИВИНИ

Стаття присвячена розробці методу геометричного моделювання корабельних кривих із використанням їх натуральної параметризації, коли параметром виступає довжина дуги. Для забезпечення розв'язання поставленої задачі застосовується квадратична залежність кривини кривої від її довжини. Визначення невідомих коефіцієнтів квадратичної залежності та довжина модельованої кривої реалізується числовим методом мінімізації відхилення проміжно отриманої кінцевої точки кривої від заданої.

Ключові слова: моделювання геометричне, корабельна крива, кривина, розподіл квадратичний, кути загострення, коефіцієнт повноти.

Постановка проблеми. Процес удосконалення суден весь час супроводжується пошуком нових математичних методів моделювання їх зовнішньої форми, особливо підводної частини. Відомо, що зовнішня обшивка корпусу судна описується поверхнею складної геометричної форми. Для її наочного уявлення при проектуванні судна будується теоретичне креслення, на якому корпус судна зображується в трьох взаємопов'язаних проекціях на ортогональній сітці. Перетини поверхні трьома системами ортогональних площин визначають на кресленні сукупність ліній, які називають шпангоутами, ватерлініями і батоксами. Однією з важких і складних проектних робіт є узгодження всіх цих ліній на трьох проекціях теоретичного креслення.

Отже, теоретичне креслення корпусу судна формується трьома сім'ями кривих ліній: шпангоутів, ватерліній і батоксів. У практиці суднобудування ці лінії отримали назву корабельних кривих.

Застосування ЕОМ для розв'язання задач створення нових типів суден вимагає перегляду традиційних методів його проектування. Процес створення обводів судна починається з визначення головних розмірів і коефіцієнтів повноти та підбору відповідного прототипу, зрозуміло, якщо такий існує. Розробка проектів принципово нових типів суден, наприклад, газозовів, суден для перевезення автотранспортних засобів тощо, вимагає застосування нових підходів до побудови корабельних кривих.

На початковій стадії проектування обводи корпусу судна задаються у вигляді деякої характерної поверхні, яка на наступних стадіях проектування піддається певним змінам, обумовленим конструктивними і технологічними доопрацюваннями корпусу судна в процесі його проектування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зараз існує ряд методів аналітичного подання теоретичного креслення, придатних для опису поверхонь корпусу судна [1, 2, 5–7]. В суднобудуванні застосовуються як давно відомі методи опису корабельних кривих [8, 10], так і розвиваються нові підходи до їх моделювання [6].

Засновником теорії проектування суден вважається Фредерік – Хенрік Чапман (1721–1808 рр.) – шведський корабельний інженер, вчений, віце-адмірал, автор багатьох праць з проектування суден і суднобудування, член Стокгольмської академії наук [8].

В царській Росії за ініціативою командувача Чорноморського флоту адмірала О. С. Грейга формулу Чапмана застосовували в першій половині 19 ст. при проектуванні чорноморських кораблів, які будувалися на верфях Миколаєва.

Аналіз літературних джерел показав, що при моделюванні плоских і просторових кривих ліній широко застосовуються лінійні, квадратичні, кубічні графіки розподілу кривини від довжини дуги [3, 4].

Метою цієї статті є розробка методу геометричного моделювання корабельних кривих із застосуванням їх натуральної параметризації, коли за параметр приймається довжина дуги кривої. Для замкнення поставленої задачі застосовується квадратичний закон розподілу кривини, невідомі коефіцієнти якого та довжина дуги визначаються шляхом мінімізації відхилення проміжно отриманої кінцевої точки кривої від заданої за умовами задачі кінцевої точки модельованої кривої.

Основні результати дослідження. Корабельні криві будемо будувати в прямокутній системі координат Oxy (рис. 1). На цьому рисунку літерою ψ позначено кут загострення корабельної кривої, літерою G – область, обмежену корабельною кривою та осями координат. Розміри B і L відповідають напівширині та напівдовжині корпусу судна.

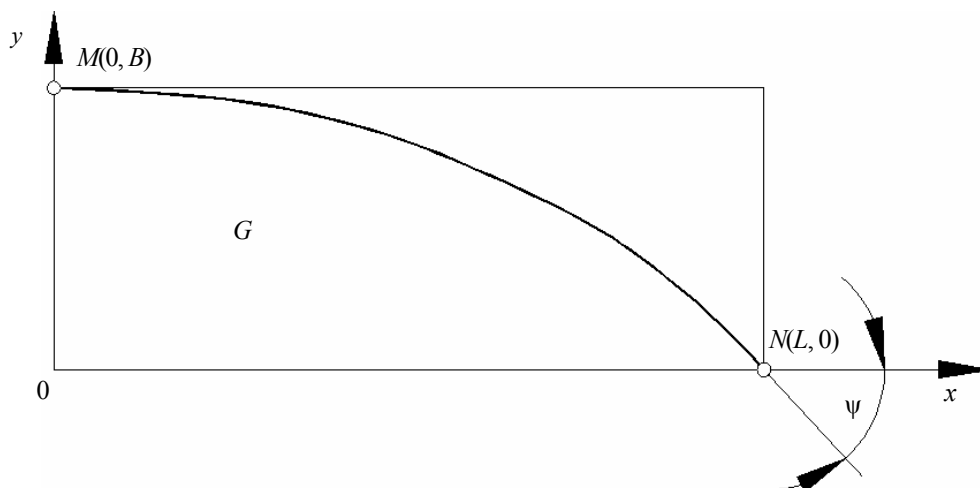


Рис. 1. Приклад корабельної кривої

Площа фігури G , обмеженої графіком кривої та координатними осями, суттєво залежить від форми корабельної кривої. У суднобудуванні прийнято застосовувати коефіцієнт α , який називають коефіцієнтом повноти. Цей коефіцієнт визначається як відношення площі фігури, обмеженої графіком функції та координатними осями, до площі обмежуючого прямокутника.

З диференціальної геометрії відомо, що диференціал кута, утвореного між дотичною до кривої та віссю абсцис, визначається добутком диференціала довжини дуги на її кривину

$$d\varphi = k(s)ds,$$

де $k(s)$ – кривина кривої.

Інтегруванням цього виразу можна визначити залежність розподілу кута нахилу дотичної до кривої від довжини її дуги

$$\varphi(s) = \varphi(0) + \int_0^s k(s)ds, \quad (1)$$

де $\varphi(0)$ – кут нахилу дотичної в початковій точці кривої, у нашому випадку в точці M (див. рис. 1).

Для геометричного моделювання корабельних кривих застосуємо рівняння залежності кривини модельованої кривої від довжини її дуги в наступному вигляді:

$$k(s) = as^2 + bs + c, \quad (2)$$

де a , b і c – коефіцієнти квадратичної залежності кривини кривої від її довжини.

Проінтегрувавши залежність (1) з урахуванням закону розподілу кривини, взятому у вигляді (2), будемо мати:

$$\varphi(s) = \varphi(0) + \frac{as^3}{3} + \frac{bs^2}{2} + cs. \quad (3)$$

Параметричні рівняння кривої, що генерується на базі квадратичного розподілу кривини, матимуть вигляд:

$$x(s) = x(0) + \int_0^s \cos \left[\varphi(0) + \frac{as^3}{3} + \frac{bs^2}{2} + cs \right] ds; \quad y(s) = y(0) + \int_0^s \sin \left[\varphi(0) + \frac{as^3}{3} + \frac{bs^2}{2} + cs \right] ds. \quad (4)$$

Скористатися залежностями (2) – (4) можна за умови, що відомі коефіцієнти a , b і c квадратичного закону розподілу кривини. Але для того, щоб крива прийшла в задану точку площини, до вказаних коефіцієнтів треба додати ще довжину дуги S , яка також є величиною невідомою.

Таким чином, маємо чотири невідомих величини, які аналітично визначити неможливо. Тому розглянемо їх знаходження числовим методом.

Записавши вираз (3) до кінцевої точки модельованої корабельної кривої, для якої відомі початковий і кінцевий кути нахилу дотичної (в початковій точці M цей кут дорівнює нулю градусів, а в кінцевій точці N – куту загострення ψ), матимемо можливість знайти вираз для невідомого коефіцієнта a

$$a = \frac{3}{S^2} \left(\frac{\Delta\varphi}{S} - \frac{bs}{2} - c \right),$$

де $\Delta\varphi = \varphi(S) - \varphi(0)$; S – довжина дуги корабельної кривої.

Завдяки цим діям кількість невідомих величин зведена до трьох. Коефіцієнти b і c та довжину дуги S визначимо шляхом розв'язання задачі мінімізації відхилення в процесі пошуку проміжно отриманої кінцевої точки від заданої точки N (див. рис. 1), в якій за функцію цілі можна було б взяти наступну залежність

$$f = \sqrt{(x_N - x_{N'})^2 + (y_N - y_{N'})^2},$$

де N' – проміжно отримана кінцева точка ватерлінії.

Зазначимо, що в практиці моделювання корабельних кривих, крім кута загострення кривої ψ , задають також коефіцієнт α , тобто коефіцієнт повноти модельованої кривої.

З урахуванням цих обставин цільову функцію треба взяти у наступному вигляді

$$f = \sqrt{(x_N - x_{N'})^2 + (y_N - y_{N'})^2} + \xi(\alpha - \alpha')^2. \quad (5)$$

У цьому виразі α' – проміжно отриманий коефіцієнт повноти, ξ – експериментальний коефіцієнт.

Для мінімізації функції цілі застосовано високоефективний алгоритм, запропонований Хуком – Дживсом [9]. Варійованими параметрами в задачі мінімізації виступають коефіцієнти b і c та довжина дуги S .

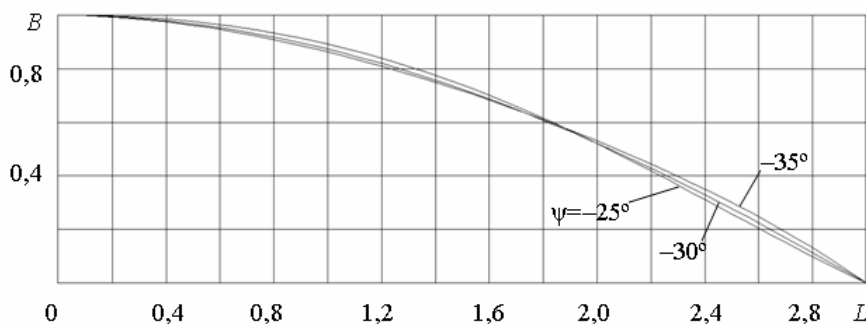


Рис. 2. Вплив кута ψ на корабельні криві з квадратичним законом розподілу кривини

На рис. 2 наведені результати моделювання трьох корабельних кривих, отриманих за умови варіювання кута загострення ψ в інтервалі від -25° до -35° з кроком -5° . Коефіцієнт повноти α дорівнював 0,65.

Вплив коефіцієнта повноти α на форму корабельних кривих при сталому значенні кута загострення $\psi = -40^\circ$ продемонстровано на рис. 3. Коефіцієнт повноти α мав значення 0,65 і 0,70.

Відзначимо, що треба дуже уважно підходити до вибору параметрів таких, як коефіцієнт повноти і кут загострення. Виникають певні труднощі при отриманні результатів, коли один із параметрів варіюється.

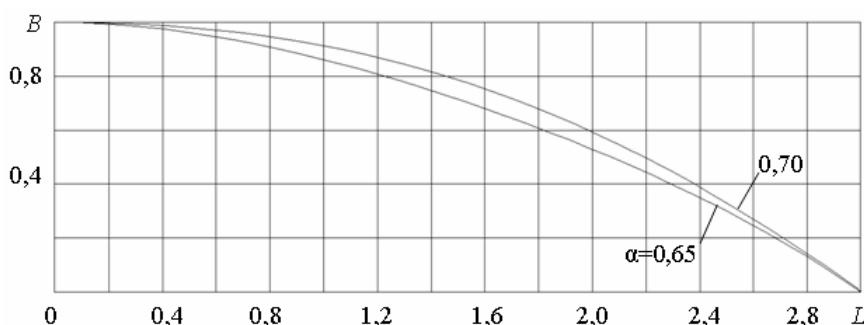


Рис. 3. Вплив коефіцієнта повноти α на корабельні криві
з квадратичним законом розподілу кривини

У той же час, якщо треба змодельовати одну криву (без варіювання параметрів), то результат можна отримати навіть при не дуже вдалому сполученні таких параметрів, як коефіцієнт повноти і кут загострення корабельної кривої.

Так, на рис. 4 показана корабельна крива, яка змодельована при достатньо високому значенні коефіцієнта повноти, рівному 0,75, і доволі малому значенні кута загострення, рівному -20° .

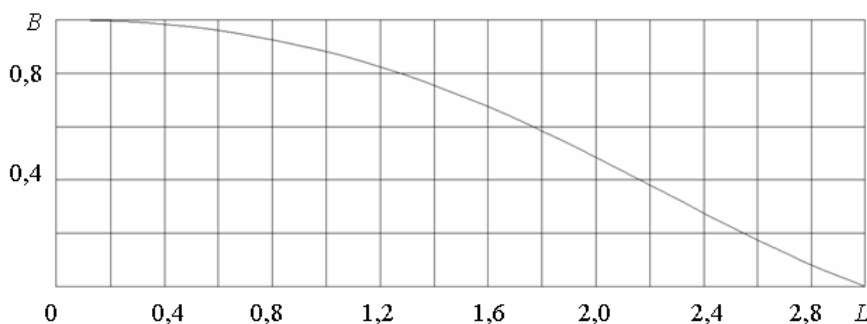


Рис. 4. Корабельна крива, побудована при коефіцієнті
повноти $\alpha=0,75$ і куті загострення $\psi=-20^\circ$

Ті проблеми, які виявляються при моделюванні корабельних кривих за умови варіювання одного з вказаних параметрів, пояснюється чутливістю оптимізаційної задачі до величини коефіцієнта ξ у формулі (5).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Запропонований метод геометричного моделювання корабельних кривих базується на застосуванні параметричних кривих у натуральній параметризації, кривина яких підпорядковується квадратичній залежності від довжини дуги. Проведені розрахунки з візуалізацією отриманих результатів продемонстрували працездатність розробленого методу моделювання корабельних кривих в широкому діапазоні варіювання вихідних даних і забезпеченням заданих кутів загострення кривих і коефіцієнтів повноти.

Подальші дослідження треба спрямувати на розробку заходів, які б надавали можливість забезпечувати узгоджене теоретичне креслення корпусу судна.

Список використаних джерел

1. Ашик В. В. Проектирование судов : учебник [Текст] / В. В. Ашик. — Л. : Судостроение, 1985. — 320 с.
2. Ашик В. В. Методы построения и согласования судовой поверхности с помощью ЭВМ / В. В. Ашик, А. А. Богданов, И. Б. Мараева, А. Н. Шебалов. — Л. : Судостроение, 1978. — 78 с.
3. Борисенко В. Д. Геометричне моделювання плоских кривих із застосуванням лінійного елемента кривини / В. Д. Борисенко, С. А. Устенко, В. Є. Спіцин // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К. : КНУБА, 2006. — Вип. 76. — С. 43—49.

4. Борисенко В. Д. Геометричне моделювання плоского криволінійного обводу за заданою кривою / В. Д. Борисенко, С. А. Устенко, В. Є. Спіцин // Праці ХДУХТ "Геометричне та комп'ютерне моделювання". — Харків : ХДУХТ, 2004. — Вип. 5. — С. 30—34.
5. Бронников А. В. Проектирование судов / А. В. Бронников. — Л. : Судостроение, 1990. — 327 с.
6. Ковалев В. А. Новые методы автоматизации проектирования судовой поверхности [Текст] / В. А. Ковалев. — Л. : Судостроение, 1982. — 212 с.
7. Кротов О. І. Проектування морських транспортних суден : навчальний посібник / О. І. Кротов, В. І. Голіков, О. Ю. Єганов, О. В. Бондаренко. — Миколаїв : УДМУ, 2003. — 156 с.
8. Чапман Ф. Г. Опыт теоретического рассуждения об удобнейшем образовании и надлежащей величине линейных кораблей, а равно фрегатов и других меньших судов [Текст] / Ф. Г. Чапман. — Спб. : Тип. Морского Мин., 1836. — XLII. — 166 с.
9. Hooke R. Direct search solution of numerical and statistical problems / R. Hooke, T. A. Jeeves // Journal of the ACM. — 1961. — Vol. 8, No 2. — P. 212–229.
10. Taylor D. W. On ships forms derived by formula [Text] / D. W. Taylor // Trans. Soc. Naval Archit. and Marine Eng., 1903. — V. XI. — P. 242.

Valeriy BORISENKO, Sergey SLOBODYAN, Andriy USTENKO

Mykolaiv

MODELING OF SHIP CURVES WITH A QUADRATIC LAW OF CURVATURE DISTRIBUTION

The article is devoted to the development of the method of geometric modelling of ship curves using natural parameterization, when the parameter is the arc length. To ensure the solution of the problem used a quadratic dependence curvature of the curve of its length. Identifying unknown coefficients and quadratic dependence curve length simulated numerically realized by minimizing the deviation obtained intermediate endpoint from a given curve.

Keywords: geometric modelling, ship curve, curvature, quadratic distribution, angle of sharpening, coefficient of completeness.

Валерий БОРИСЕНКО, Сергей СЛОБОДЯН, Андрей УСТЕНКО

г. Николаев

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРАБЕЛЬНЫХ КРИВЫХ С КВАДРАТИЧНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРИВИЗНЫ

Статья посвящена разработке метода геометрического моделирования корабельных кривых с использованием естественной параметризации, когда параметром выступает длина дуги. Для обеспечения решения поставленной задачи применяется квадратичная зависимость кривизны кривой от ее длины. Определение неизвестных коэффициентов квадратичной зависимости и длина моделируемой кривой реализуется численным методом минимизации отклонения промежуточно полученной конечной точки кривой от заданной.

Ключевые слова: моделирование геометрическое, корабельная кривая, кривизна, распределение квадратичное, угол заострения, коэффициент полноты.

Стаття надійшла до редколегії 12.04.2017

ДО ПИТАННЯ ДИНАМІЧНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Подано методику комп'ютерного геометричного моделювання процесу осаджування заготовок у вигляді прямих кругових циліндрів. Запропоновано відповідний математичний апарат, отримані обчислювальні результати проілюстровано на конкретних прикладах формоутворення. Обґрунтовано актуальність та важливість розглянутої технічної задачі в теоретичному і практичному плані для обробки тиском, геометричного моделювання та сучасних комп'ютерних інформаційних технологій. Окреслено перспективи подальшого розвитку проаналізованого напрямку наукових досліджень.

Ключові слова: динамічне геометричне моделювання, комп'ютерні інформаційні технології, обробка тиском, осаджування.

Нині технологічні процеси обробки тиском доволі розповсюджені в машинобудуванні для виготовлення різноманітних деталей. Це обумовлено ефективним забезпеченням даними технологіями потрібної кінцевої форми та розмірів створюваних виробів, необхідного змінювання механічних властивостей їх матеріалів.

Дослідження з математичного моделювання і проектування технології обробки тиском показують, що для відтворення процесів осаджування існує декілька підходів, які відрізняються прийнятими припущеннями [1]. Аналітичний розв'язок із використанням гіпотези про плоскі перерізи та рівномірний розподіл напружень призводить у випадку осаджування прямого кругового циліндра до відсутності виникнення його бочкоподібної бічної поверхні. Розв'язання ж даної задачі обчислювальними засобами (методом скінченних елементів) дозволяє відмовитись від гіпотези про однорідність деформації, краще врахувати умови тертя в зоні контакту з інструментом і, як наслідок, отримати більш точну математичну модель. Остання свідчить, що по мірі збільшення відносного обтискання заготовки та коефіцієнта тертя гіпотеза плоских перерізів стає все менш придатною, а розподіл деформацій має неоднорідний характер. Отже, числовий розв'язок враховує нерівномірність напружень і деформацій та виникнення бочкоподібної бічної поверхні. Однак і при цьому все ж таки залишаються певні проблемні моменти, які пов'язані з пружною складовою деформації, оскільки вихідна заготовка не є ідеально пластичним тілом, впливом історії навантажень і т. д. У виданні [1] зазначається, що наявна нерівномірність деформацій суттєво ускладнює обчислювальні процедури математичного моделювання процесів обробки тиском, у тому числі осаджування циліндричних заготовок.

Прогресивною тенденцією розвитку комп'ютерних інформаційних технологій є динамічне геометричне моделювання, тобто створення та використання змінюваних, у тому числі й у часі, комп'ютерних геометричних моделей, один із напрямків якого спирається на методологію структурно-параметричного формоутворення [2, 3]. У публікації [2] подано загальні теоретичні основи варіантного моделювання геометричних об'єктів методом поліпараметризації, а у праці [3] проаналізовано його практичне застосування для динамічного комп'ютерного відтворення технологічних процесів механічного різання.

Метою даної статті є поширення зазначеної методології на обробку тиском. При цьому головна ідея полягає в побудові комп'ютерних динамічних геометричних моделей, які певним чином узагальнюють результати фізичних або обчислювальних експериментів. Для прикладу взято відомості, що наведені у праці [4] стосовно осаджування прямого кругового циліндра та ілюструють нерівномірність його деформацій.

Запропоновану геометричну модель показано на рис. 1. Вихідний циліндр має радіус основи R та висоту H . Для осадженого тіла з певним відносним обтисканням

$$\varepsilon = (H - H') / H, \quad (1)$$

де H' – зменшена висота, застосовано позначення R'_{min} і R'_{max} відповідно для збільшених радіусів основ у контактних площинах і серединній поверхні (горизонтальній площині симетрії).

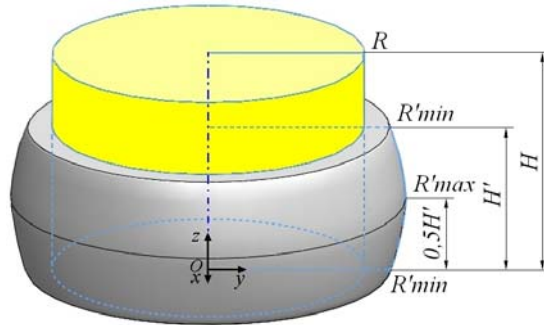


Рис. 1. Геометрична модель осаджування циліндра

Нижня та верхня частини бічної поверхні осадженого тіла, які симетричні відносно його серединної площини, формуються у прямокутній системі координат $Oxyz$ шляхом обертання навколо осі z дуг кривих другого порядку у векторній параметричній формі

$$\mathbf{r}_i(u) = \frac{(1-u)^2 \mathbf{r}_{0i} + w_1 2u(1-u) \mathbf{r}_{1i} + u^2 \mathbf{r}_{2i}}{(1-u)^2 + w_1 2u(1-u) + u^2}, \quad (2)$$

де $i \in \{n, v\}$ – індекси нижньої та верхньої частин; $\mathbf{r}_{0n} = (0, R'_{min}, 0)$, $\mathbf{r}_{1n} = (0, R'_{max}, 0)$, $\mathbf{r}_{2n} = (0, R'_{max}, H'/2)$, $\mathbf{r}_{0v} = (0, R'_{max}, H'/2)$, $\mathbf{r}_{1v} = (0, R'_{max}, H')$, $\mathbf{r}_{2v} = (0, R'_{min}, H')$ – радіус-вектори вершин характеристичних трикутників; $w_1 \geq 0$ – ваговий коефіцієнт вершин $\mathbf{r}_{1i}$; $u \in [0, 1]$ – параметр.

Як бачимо, твірні (2) лежать у координатній площині Oyz .

Під час пластичного деформування об'єм металевого виробу може як збільшуватися, так і зменшуватися, але ці зміни не перевищують 0,1 ... 0,25 % [4]. Тому ними нехтують і для розрахунків приймають умову сталого об'єму.

Для поданої вище динамічної геометричної моделі об'єм обчислимо як

$$\begin{aligned} V &= 2 \cdot \pi \int_0^{H'/2} y(z)^2 dz = 2 \cdot \pi \int_0^1 y(u)^2 \dot{z}(u) du = \\ &= 2 \cdot \pi \int_0^1 \frac{((1-u)^2 R'_{min} + ((1-2w_1)u^2 + 2w_1u) R'_{max})^2 u(1-u + w_1u) H'}{((1-u)^2 + 2w_1(1-u)u + u^2))^4} du. \end{aligned} \quad (3)$$

Згідно з виданням [4] досліджуваний процес осаджування має наступні геометричні параметри: $\varepsilon = 0$ % (вихідний циліндр) – висота $H=27$ мм, радіус $R=19$ мм; $\varepsilon=8$ % – $R'_{min}=19,4$ мм, $R'_{max}=20,1$ мм; $\varepsilon=22$ % – $R'_{min}=19,8$ мм, $R'_{max}=22,6$ мм; $\varepsilon=33,5$ % – $R'_{min}=22$ мм і $R'_{max}=24$ мм.

Відповідно до цих даних та виразів (1) і (3) потрібний об'єм деформованого тіла забезпечується належними величинами вагового коефіцієнта w_1 , що обчислюються мінімізацією цільової функції

$$F(w_1) = \left| \pi R^2 H - V(w_1) \right|, \quad (4)$$

екстремальне значення якої дорівнює нулю.

На підставі залежності (4) розраховано наступні значення для: $\varepsilon=0$ % – $w_1=0$; $\varepsilon=8$ % – $w_1=0,0903$; $\varepsilon=22$ % – $w_1=0,1649$; $\varepsilon=33,5$ % – $w_1=0,246$. При цьому об'єм $V=30621$ мм³. Відповідні приклади зображено на рис. 2.

Подальше динамічне комп'ютерне формоутворення реалізується на основі апроксимації величин R'_{min} , R'_{max} та w_1 для проаналізованого проміжку варіювання $\varepsilon=[0 \text{ %}; 33,5 \text{ %}]$.

Викладеною методикою осаджування показано важливість розглянутої задачі в теоретичному і практичному плані для обробки тиском, геометричного моделювання та сучасних комп'ютерних інформаційних технологій.

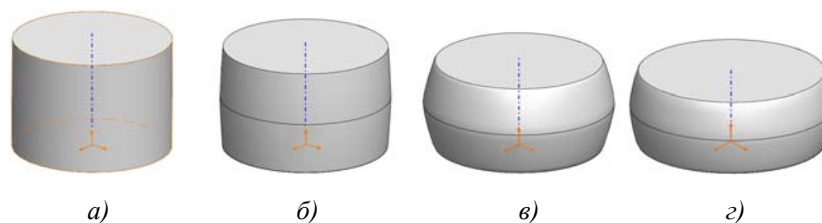


Рис. 2. Моделювання осаджування циліндра:

а) $\varepsilon = 0\%$; б) $\varepsilon = 8\%$; в) $\varepsilon = 22\%$; г) $\varepsilon = 33,5\%$

Перспективами подальших наукових досліджень можна вважати напрямки опрацювання різних за своєю формою й розмірами осаджуваних виробів та їх матеріалів.

Список використаних джерел

1. Рыбин Ю. И. Математическое моделирование и проектирование технологических процессов обработки металлов давлением / Ю. И. Рыбин, А. И. Рудской, А. М. Золотов. — СПб. : Наука, 2004. — 645 с.
2. Ванін В. В. Варіантне моделювання геометричних об'єктів методом поліпараметризації / В. В. Ванін, Г. І. Вірченко, С. Г. Вірченко // Проблеми інформаційних технологій. — № 2, 2014. — Херсон : ХНТУ, 2014. — С. 76—79.
3. Вірченко С. Г. До питання автоматизованого динамічного формоутворення об'єктів машинобудування / С. Г. Вірченко // Вісник Сумського нац. аграр. ун-ту. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»: наук. журнал. — Вип. 10/3 (31). — Суми : СНАУ, 2016. — С. 31—35.
4. Громов Н. П. Теория обработки металлов давлением: учебник для студентов вузов специальности «Обработка металлов давлением» / Н. П. Громов. — М. : Металлургия, 1978. — 360 с.

Serhiy VIRCHENKO

Kyiv

TO THE QUESTION OF DYNAMIC COMPUTER GEOMETRIC MODELING OF PRESSURE TECHNOLOGICAL PROCESSES

A new technique for computer-aided geometric modeling of the pressure processing of right circular cylinders is presented in this article. The corresponding mathematical apparatus was proposed. The calculation results were obtained. Specific examples of automated shaping were shown. This technical problem is relevant in theoretical and practical terms. The task is important for pressure processing, geometric modeling and modern computer information technologies. Perspectives for further development of this scientific research have been identified.

Key words: dynamic geometric modeling, computer information technologies, pressure processing, forging.

Сергей ВИРЧЕНКО

г. Киев

К ВОПРОСУ ДИНАМИЧЕСКОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

В статье представлена разработанная новая методика компьютерного геометрического моделирования процесса осадки заготовок в виде прямых круговых цилиндров. Предложен соответствующий математический аппарат, полученные вычислительные результаты проиллюстрированы на конкретных примерах автоматизированного формообразования. Обоснована актуальность и важность рассмотренной технической задачи в теоретическом и практическом плане для обработки давлением, геометрического моделирования и современных компьютерных информационных технологий. Определены перспективы дальнейшего развития проанализированного направления научных исследований.

Ключевые слова: динамическое геометрическое моделирование, компьютерные информационные технологии, обработка давлением, осадка.

Стаття надійшла до редколегії 31.03.2017

UDK 004.031.43

Andriy GLYBOVETS

andriy@glybovets.com.ua

ORCID 0000-0003-4282-481X

Mohammad ALHAWAWSHA

mhawawsha@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5587-3501

Kyiv

E-GOVERNMENT DEVELOPED SYSTEM PROTOTYPE ABOUT USA AND JORDAN

The use of the Information technology, in the improvement of the e-government is considered as another territory related with the use of the ICT for conveying the legislative administrations to the citizens of the country. The e-government framework contains different advancements including the web and wide area networks, mobile computing for providing constant government services for the natives. Demonstrated that the United Nations portrayed e-government as the application and use of the "Data and Communication Technology" for provisioning general society administrations and data to people in general. The following report consists of discussion about the features and challenges in implementing e government. In addition to that, this paper also proposes a new architecture for the e governments that may improve the functionalities of e government whereas reducing the overhead of maintain it.

Key words: E-government, system architecture, E-government services, E-government model, E-government of Jordan.

Introduction. The information and communication technology is developing rapidly in Jordan and offering the administration to convey numerous conveyance administrations with various qualities among E-government supported organizations. The Jordanian government has put vigorously in E-government activities throughout the last few years to change from the traditional government service delivery to the more viable and productive support of convey top customer driven and execution driven services.

With the increasing change and advancement in the internet technology the E-government has turned into a well-known concern for the government endeavors in numerous nations around the globe (Cordella&Tempini, 2015). Increasing number of governments have actualized and presented e-government systems in order to reduce the costs, enhancing administrations, saving time and expanding adequacy and proficiency for the services they provide to the citizens of that nation. E-government and web has rolled out a fundamental improvement in the entire society structure, qualities, culture and the ways of completing different tasks by using the capabilities of ICT (Information and Communication technology) as a tool to manage the routine operations. The reason for e-government is not just the change of customary data into bits and bytes and making it reachable by means of the web sites or giving government authorities PCs or computerizing old practices to an electronic stage, however it additionally asks for reexamining ways the administrative processes are completed today so that this procedures can be improved by integrating them with the internet.

E-government readiness. The EGDI or E-Government Development (Readiness) Index is a composite measure of the willingness and capacity of a certain country to utilize e-government for ICT-driven improvement. The EGDI takes considers the most essential factors to measure the readiness for e-government: (i) quality of the online services, (ii) Tele communication connectivity, and (iii) human capacity of the country.

The EGDI is measured using the following formula

$$= 1/3 * (OSI_{normalized} + TII_{normalized} + HCI_{normalized}).$$

In order to measure the success of the e government the following are the measurable goals and objectives.

Enhance the service delivery and the quality and speed of the interaction with the citizens and organizations and in addition among government elements.

Improve responsiveness to client needs by utilizing new methods of contact to give open segment data what's more, administrations.

Increase straightforwardness of government by expanding the accessibility of data and openness to administrations.

Save time and funds by enhancing effectiveness in government handling, to some extent through utilization of normal innovation measures, arrangements and a united design, and additionally adding to budgetary change inside people in general segment (Cordella&Tempini, 2015).

Create positive and encouraging consequences for Jordanian culture through the advancement of ICT abilities improvement inside government, organizations and family units that will reinforce Jordan's economy.

Challenges in the implementation of the E government. Most of the researches on E-government have concentrated on some certain factors that act as the challenges in the implementation of the E government. Some of this is centered on the implementation of the E-government in developing nations, and some of those issues are confronted by both the developing and developed nations. Jordan is one of the developing nations. In their research papers the key components and difficulties that influence adoption of the E government in Jordan can generally be sorted in four sections which are political components, social elements, organizational factors and technology.

Political variables: Implementing E-government in a country needs immense amount of funds for the project. Accordingly due to the lack of accessible financial assets the top leadership of the country continuously loses their eagerness to execute the E-government project (Cordella&Tempini, 2015).

Social elements: People who do not have access to the web get to will be not able preferred standpoint from online administrations which frame an imperative obstruction to E-government.

Organizational variables: Successful usage of E-government ought to include rebuilding the current authoritative model, parts, duties, preparing, and representative's needs, hence absence of worker preparing will be an extensive test.

Technological variables: Required data technology guidelines to accomplish the user's needs and to leave behind any equipment and framework obstructions that may defer the execution of E-government. A standout amongst the most noteworthy technological difficulties is PC security and data security. Security of E-government driven organizations is critical for accessibility and service delivery and in addition for Building confidences in the users (or citizens of the nation) the system. Also protection is a center test to E-government execution and acknowledgment, it concern sharing data among taking an interest government offices and uncovering or misusing private data.

In addition, they uncover other extra variables influence E-government appropriation, execution, and use in Jordan: enactment and legitimate system; human imperviousness to change, security and security issues; culture issues; confide in E-government; convenience and many-sided quality issues; web architecture issues; get to and IT expertise issues; operational cost; organizational issues; specialized foundation; ease of use, accessibility, furthermore, availability issues (Cordella&Tempini, 2015).

Recommendations to solve identified issues. Create ventures that are good with the country's telecom framework.

- It is important to use kiosks and mobile centers if media telecommunication density is comparatively low.

- Introduce telecom rivalry and lift directions on remote and other computerized advancements to quicken their organization.

- Build on the microenterprise model to bring availability to underserved territories and guarantee maintainability of the E-government system.

- Consider the administration's present utilization of innovation and gain from past triumphs and disappointments.

- Establish an activity system toward the start of the procedure to permit for a levelheaded and facilitate the success of the project (Venkatesh, Sykes&Venkatraman, 2014).

In addition to that it is important for the willing governments to must serve all individuals from the society independent of their physical abilities (incapacitated individuals: the individuals who are visually impaired, hard of hearing or generally crippled). Online administrations should be planned with proper interfaces to serve them.

Developed system in USA and Jordan. This E-government project was propelled by King Abdullah II in the year 2001; which is considered as a part of a bigger national IT project to develop web utilization in the country. The program tries to be a fundamental and dynamic member in the economic and social advancement using the ICT (information and communication technology) to empower easier access to government data and services for all the citizens (users) despite their geographic location or financial status or, professional abilities.

Proposed functionalities architecture and the of the e government system. The cloud technology is considered as a viable model for diminishment of aggregated estimation of information system ownership due to the use of the shared resource pool (for instance, PC limits, information storage systems, channel limit and memory) from which resources can be instantly apportioned and sent as per changes made to requirements of the users. The cloud administrations give a chance to clients to keep information (for instance, documents or email messages), utilize programming (for instance, web-based social networking, video and sound records, amusements, and so on.) (Cordella&Tempini, 2015). For organizations, including government offices, cloud administrations can be connected as substitutes to inside server farms.

Mainly there are three types of target audience for these e-government systems that can be recognized as the government, citizens of the country and the business organizations (Venkatesh, Sykes&Venkatraman, 2014). The Government is the essential supplier of every one of these applications, giving its citizens, representatives, state claimed projects and others, access to different applications to get different services.

G2G services: It is the online non-business interaction between the different Government authorities, organizations, and experts with the other Government departments, divisions, and experts.

G2B Services: G2B is the online noncommercial communication between the central and local government and the business sector of the concerned, as opposed individual citizen, with the motivation behind giving organizations data and counsel on e-business with the best-practices, Tenders (e-tenders) etc.

G2C Services: In G2C, the citizen's accesses the system to acquire the services provided from the government and to get the required items and administrations finish the necessities of the citizens.

After analyzing the different platforms, it suggested that the **e-government systems ought to be developed on cloud computing and service oriented architecture**. These two methodologies consolidated together have huge specialized, authoritative, social moreover, temperate focal points. The national government must have an entire perspective of electronic government. This view must be advanced from the worldwide perspective to guarantee interoperability at the level of the entire state. Interoperability is required to empower powerfully making various services covering the entire target audience. The cloud computing has additionally sociological effect. It permits inventive IT answers for be quickly accessible to all open workplaces, divisions and offices paying little heed to their areas or level of specialized abilities.

Again in case of Service oriented design for the proposed system does not require to reengineer the existing framework yet it enables existing structure of the system to be along with new abilities keeping in mind the end goal to manufacture a collection of government services that can then be utilized as the reason for a wide range of target audiences. Along these lines, the web administrations can be produced as freely coupled utilizing to different programming dialects, whatever convention, or any stage. This encourages the supplier of business applications as an administration open to anyone, at whatever time, at wherever, and utilizing any stage (Cordella&Tempini, 2015). In our proposition are utilizing a cloud computing to Platform as a service (PaaS) keeping in mind the end goal to open areas organization their administrations over distributed computing. The advantage of this system using the cloud computing will be:

The government does not have to buy new software, hardware license to use them in implementing their E government services.

Public sector organizations can easily access the system to get the government services they require.

Government can set the approach and work process to consume the provided services

Reduced cost to provide the services from the government to the citizens and organizations of the country.

Easy to manage monitor and maintain the IT infrastructure used to provide the services.

The service oriented architecture technique puts an accentuation on reusability by isolating the interface of a function from its different internal implementation (Venkatesh, Sykes&Venkatraman, 2014). This type of detachment makes benefit introduction a fitting technique for both heterogeneous and distributed structures. Subsequently, it gives all around characterized interfaces for customer applications and isolates the

interfaces from their executions and we can set of standards and arrangements to expend the administration. It encourages collaboration and correspondence among administrations and effective utilization of heterogeneous, topographically appropriated assets. Web Services are required to actualize SOA. The web administrations design has three parts: a supplier, a requestor, and a registry (Cordella&Tempini, 2015). The supplier makes the web administration and makes it accessible to customers who need to utilize it. A requestor is a customer application that expends the web benefit.

Our proposed E government system will consist of three layers. **The front end layer** which will contain all the client interfaces, for example, sites and portals of the different government departments, e-government portals and so on. These websites and portals are the significant points of access to request and get the services offered by the government.

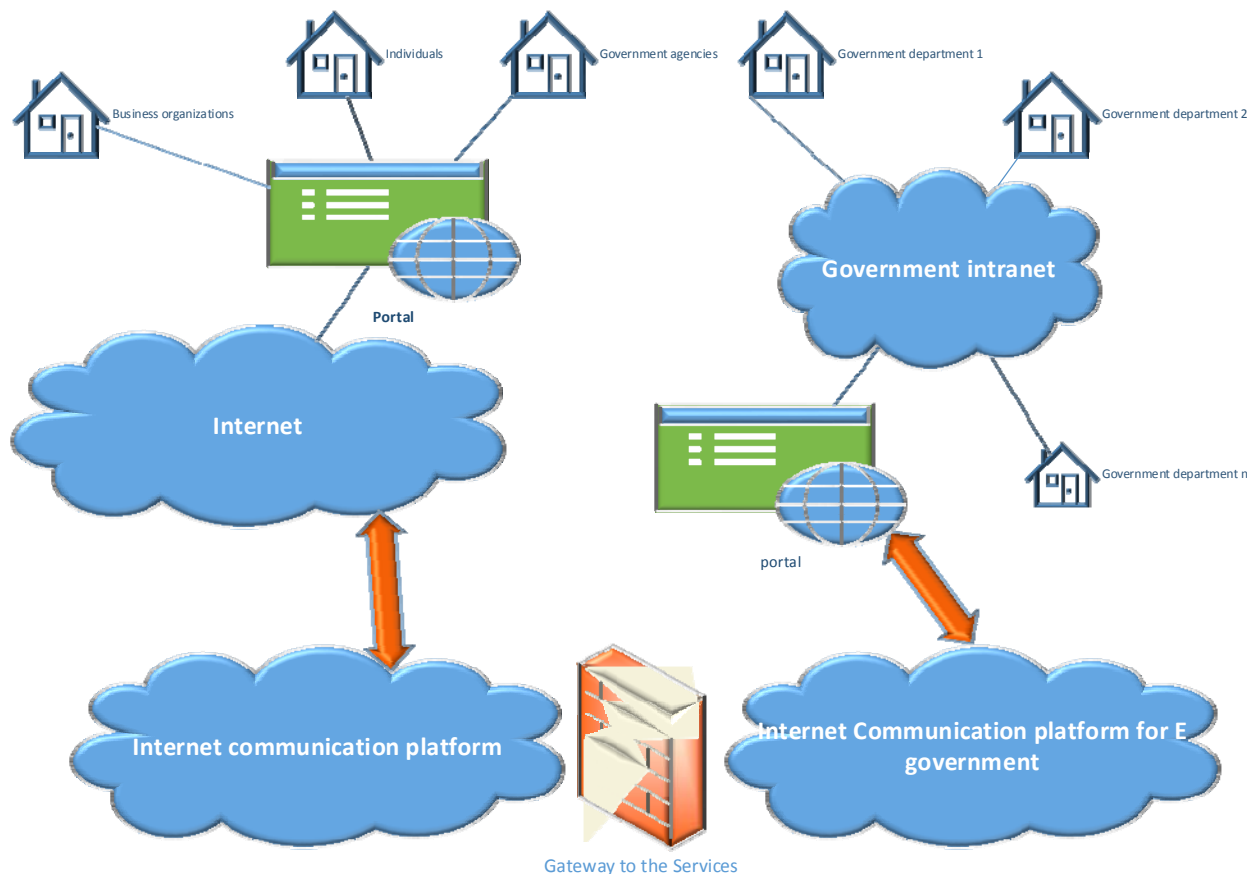


Figure 1: Proposed architecture for new E-government system
(Source: Created by author using Visio)

The next layer or the middle layer of the architecture will consist of different gateways, integration bus and interaction mechanisms. A client collaboration toolbox builds up mass communication between clients with various e-government supported infrastructures. The integration bus is the e-government empowering framework. In its initial stage, it will give combination stage and access to shared government services, such as shared information, security, tax payment services, furthermore, notification engine (Venkatesh, Sykes & Venkatraman, 2014). The next phases of the integration bus will give platform to access to shared government services, like shared information, security and notification engine. Later stages of the integration bus will give different advance services, like registry and e-forms incorporation for the government services.

The end layer consists of the government agencies related to IT and network infrastructures. These agencies responsible for the clustered systems, servers, mainframes and midrange systems that provide data services to users (citizens or the organizations of the country).

Conclusion. The requests and changes in the public demand for the government services will push governments to go facilitate as the basic advantages of executing e-government are really derived from the incorporation of basic procedures crosswise over various levels of government as well as various elements of government. By having comparative offices crosswise over various levels of governments and also by having

distinctive organizations with various usefulness converse with each other, nationals will see the government as an incorporated data base for all its services. Any citizen of the country can get in touch with one purpose of government and finish any level of legislative transaction—using the one stop services. Likewise, from the perspective of all levels of government, this could dispose of redundancies and irregularities in their data bases for residents.

References

1. Bakunzibake, P., Grönlund, Å., & Klein, G. O. (2016). E-Government Implementation in Developing Countries: Enterprise Content Management in Rwanda. In 15th IFIP Electronic Government (EGOV)/8th Electronic Participation (ePart) Conference, Univ Minho, Guimaraes, Portugal, September 5-8, 2016 (pp. 251-259). IOS Press.
2. Chatfield, A. T., & AlAnazi, J. (2015). Collaborative governance matters to e-government interoperability: An analysis of citizen-centric integrated interoperable e-government implementation in Saudi Arabia. *International Journal of Public Administration in the Digital Age (IJPADA)*, 2(3), 24—44.
3. Cordella, A., & Tempini, N. (2015). E-government and organizational change: Reappraising the role of ICT and bureaucracy in public service delivery. *Government Information Quarterly*, 32(3), 279—286.
4. Elbahnasawy, N. G. (2014). E-government, internet adoption, and corruption: an empirical investigation. *World Development*, 57, 114—126.
5. Irani, Z. (2014). E-government Implementation Factors: A Conceptual Framework. *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 10(2), 241.
6. Jaeger, P. T., Gorham, U., Bertot, J. C., Taylor, N. G., Larson, E., Lincoln, R., ... & Wentz, B. (2014). Connecting government, libraries and communities: Information behavior theory and information intermediaries in the design of LibEGov. org. *First Monday*, 19(11).
7. Khamallag, M. M., Kamala, M. A., & Tassabehji, R. (2016). Digital Government Implementation in Chaotic Environment-Case Study of Libya.
8. Moon, M. J., Lee, J., & Roh, C. Y. (2014). The evolution of internal IT applications and e-Government studies in public administration: Research themes and methods. *Administration & Society*, 46(1), 3—36.
9. Norris, D. F., & Reddick, C. G. (2013). Local e - government in the United States: Transformation or incremental change?. *Public Administration Review*, 73(1), 165-175.
10. Solinthone, P., & Rummyantseva, T. (2016). E-Government Implementation. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 79, p. 01066). EDP Sciences.
11. Venkatesh, V., Sykes, T. A., & Venkatraman, S. (2014). Understanding e-Government portal use in rural India: role of demographic and personality characteristics. *Information Systems Journal*, 24(3), 249—269.
12. Wilson, S. C. (2014). e-Government legislation: Implementation issues for programs for low-income people. *Government Information Quarterly*, 31(1), 42—49.
13. Zheng, Y., Schachter, H. L., & Holzer, M. (2014). The impact of government form on e-participation: A study of New Jersey municipalities. *Government Information Quarterly*, 31(4), 653—659.
14. Ziemia, E., & Papaj, T. (2013, June). A Pragmatic approach to the e-government maturity in Poland-implementation and usage of SEKAP. In *European Conference on e-Government* (p. 560). Academic Conferences International Limited. 67788.

Андрій ГЛИБОВЕЦЬ, Mohammad ALHAWAWSHA
м. Київ

ЕЛЕКТРОННИЙ УРЯД РОЗРОБИЛО ПРОТОТИП СИСТЕМИ ПРО США І ЙОРДАНІЮ

Інформаційні та комунікаційні технології стрімко розвиваються в Йорданії. Йорданський уряд активно розвиває Е-уряд протягом останніх кількох років, і планує найближчого часу перейти від традиційної моделі надання послуг до більш продуктивної на основі сучасних інформаційно комунікаційних технологій. Основною проблемою є відсутність цілісної моделі Е-уряду.

Е-уряд на даний момент впроваджується в багатьох країнах по всьому світу (Cordella&Tempini, 2015). Практичний досвід впровадження підтверджує значне зниження витрат, підвищення якості адміністрування, економію часу і підвищує професіоналізм послуг, які вони надають громадянам цієї країни. Розгортання платформ Е-уряду цих країн призвело до кардинального поліпшення у всій структурі суспільства.

Ця стаття присвячена аналізу готовності (EGDI) країн до впровадження Е-уряду та проблем пов'язаних з впровадженням. Проведено аналіз впроваджених систем в США та Йорданії. На основі проведеного аналізу запропоновано комплексну архітектуру системи Е-уряду.

Ключові слова: Е-уряд, архітектура системи, сервіси Е-урядування, модель Е-урядування, Е-уряд Йорданії.

ЭЛЕКТРОННОЕ ПРАВИТЕЛЬСТВО РАЗРАБОТАЛО ПРОТОТИП СИСТЕМЫ О США И ИОРДАНИИ

Информационные и коммуникационные технологии стремительно развиваются в Иордании. Иорданский правительство активно развивает Э- правительство в течение последних нескольких лет, и планирует ближайшее время перейти от традиционной модели предоставления услуг в более продуктивной на основе современных информационно коммуникационных технологий. Именно поэтому они нуждаются в комплексной модели Е-правительства.

Е-правительство сейчас внедряется во многих странах по всему миру (Cordella&Tempini, 2015). Практический опыт внедрения подтверждает значительное снижение затрат, повышение качества администрирования, экономию времени и повышает профессионализм услуг, которые они предоставляют гражданам этой страны. Развертывание платформ Е-правительства в этих странах привело к кардинальному улучшению во всей структуре общества.

Эта статья посвящена анализу готовности (EGDI) стран к внедрению Э-правительства и проблем, связанных с внедрением. Проведен анализ внедренных систем в США и Иордании. На основе проведенного анализа предложена комплексная архитектура системы Е-правительства.

Ключевые слова: Э-правительство, архитектура системы, сервисы Э-правительства, модель Э-правительства, Э-правительство Иордании.

Стаття надійшла до редколегії 10.04.2017

УДК 539.3+514.18

Ярослав ЖУК

y.zhuk@i.ua

м. Київ

Віктор СІЧКО

Andrew-mdu@ukr.net

Лариса ВАСІЛЬЄВА

Andrew-mdu@ukr.net

м. Миколаїв

Ігор УМРИХІН

zatak90@mail.ru

м. Київ

ЧИСЕЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ ТРИВАЛОГО ДЕМПФЕРА З ФІЗИЧНО НЕЛІНІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ГАРМОНІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ З УРАХУВАННЯМ ВНУТРІШНІХ ВТРАТ

Чисельне вивчення вимушених коливань тришарового демпфера з фізично нелінійних матеріалів при гармонічному навантаженні з урахуванням внутрішніх втрат.

Ключові слова: коливання, демпфер, гармонічне навантаження, втрати.

У техніці проблема контролю коливань механічних систем зумовлена тим, що в машинах, будівлях і механізмах існують джерела коливального збудження. Це двигуни або різноманітне технологічне устаткування. Вони викликають небажану вібрацію в об'єктах, яка може істотно впливати на міцність і стійкість механізмів, приводити до утворення тріщин, втрати працездатності конструкцій та спричиняти негативний вплив на людей.

Ефективні системи віброзахисту відіграють суттєву роль у забезпеченні працездатності приладів та устаткування, які працюють в умовах нестационарного і циклічного навантаження [1, 2]. Поглинання механічної енергії, яке відбувається в матеріалі та конструкції при знакозмінному деформуванні, сприяє зменшенню амплітуд коливань і зниженню небажаного впливу. Так, наприклад, для віброізоляції гіроскопічних та трубопровідних систем на судах, в літальних апаратах і будівлях часто використовуються в'язкопружні та в'язкопластичні демпфери [1, 3], в яких в'язке або сухе середовище викликає непружний опір. При великих амплітудах і низькій частоті коливань як віброізолятори часто використовуються матеріали або пристрої, механічна реакція яких аналогічна поведінці пружнопластичних або пружнов'язкопластичних матеріалів. У випадку високих швидкостей навантаження перевагу віддають в'язкопружним демпферам.

У реальних демпферуючих пристроях реалізуються деформації розтягу-стиску, згину або кручення, а як матеріали широко використовуються алюмінієві сплави. У звичайних металів і сплавів значні демпферуючі властивості в матеріалі спостерігаються лише в тому випадку, коли він переходить в область феноменологічної пластичності. При цьому механічна поведінка матеріалу стає істотно нелінійною.

Таким чином, необхідною умовою контролю (гасіння) коливань механічних систем є не тільки розуміння деталей динамічної поведінки систем під дією збуджуючих сил, а й якнайточніше описання нелінійної поведінки матеріалів, що складають демпфер. Для дослідження вказаного класу зв'язаних термомеханічних процесів необхідно використовувати термодинамічно узгоджені та експериментально обґрунтовані моделі для описання поведінки матеріалів. У даній статті з цією метою застосовується модель термов'язкопластичності Боднера-Партома [4, 5], конкретизація параметрів якої проведена в роботі [6].

Тришарові демпфуючі елементи мають ряд переваг. Вони часто використовуються для розв'язання різноманітних задач вібро- і шумоізоляції, особливо стосовно коливань металевих

тонкостінних конструкцій [2]. Такі пристрої можна легко використати як опори існуючих конструкцій для забезпечення високих характеристик в широких діапазонах температур і частот коливань [3]. Ці демпфери звичайно відносяться до одного з двох типів в залежності від того, чи виникають в демпфуючому матеріалі деформації розтягу, стиску або поперечного зсуву.

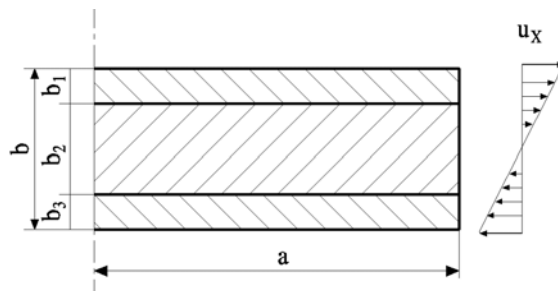


Рис. 1. Геометрія і навантаження тришарового демпфера із фізично нелінійних матеріалів

Найбільш ефективними є тришарові силові елементи у вигляді балок, пластинок, панелей и оболонок. У даній роботі досліджується задача про вимушені коливання і дисипативний розігрів тришарового в'язкопластичного демпфера $|x| \leq a, |y| \leq b$ в умовах плоского напруженого стану. Демпфер перебуває під дією кінематичного згину на торцях, який змінюється за гармонічним законом (рис. 1). Вважається, що центральний і зовнішні шари демпфера-балки виготовлені з різних в'язкопластичних матеріалів. На міжшаровій границі виконуються умови ідеального теплового і механічного контакту. Виготовлення такої конструкції з металевих матеріалів не викликає значних труднощів і позбавлено недоліку зниження міцності у процесі експлуатації клейових з'єднань за рахунок старіння клею.

Постановка зв'язаної задачі про циклічне деформування і дисипативний розігрів в'язкопластичного демпфера-балки складається із співвідношень Коші, рівняння квазістатичної рівноваги (1), рівняння балансу енергії (2), визначальні рівняння поведінки матеріалу, які будуть конкретизовані нижче, початкові (3), а також механічні і теплові умови на зовнішній границі (4), (5)

$$\nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} = 0, \text{ в } V, \quad (1)$$

$$c_V \dot{\theta} + 3\alpha\theta K_V (\text{tr} \dot{\boldsymbol{\varepsilon}} - 3\alpha\dot{\theta}) - D' - k\Delta\theta = r, \quad (2)$$

$$\theta(0) = \theta_0, \quad (3)$$

$$u_x = \pm \bar{\varepsilon} y \sin \omega t, \quad \sigma_{xy} = 0, \quad |x| = a; \quad \sigma_{yy} = \sigma_{xy} = 0, \quad |y| = b, \quad (4)$$

$$-k\nabla\theta = \gamma(\theta - \theta_0), \quad |x| = a, |y| = b. \quad (5)$$

В'язкопластична поведінка матеріалу описується за допомогою моделі Боднера-Партома, в рамках якої повна деформація постає у вигляді суми пружної, непружної та теплової складових

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \boldsymbol{\varepsilon}^e + \boldsymbol{\varepsilon}^p + \boldsymbol{\varepsilon}^\theta, \quad (6)$$

$$\boldsymbol{\varepsilon}^\theta = \mathbf{I} \int_{\theta_0}^{\theta} \alpha(\theta') d\theta'. \quad (7)$$

Модель також містить співвідношення закону Гука для пружної деформації (8), закон течії (9) і рівняння еволюції для параметрів ізотропного і кінематичного зміцнення (10), (11)

$$\mathbf{s} = 2G(\mathbf{e} - \boldsymbol{\varepsilon}^p), \quad \text{tr} \boldsymbol{\sigma} = 3K_V \text{tr}(\boldsymbol{\varepsilon} - \boldsymbol{\varepsilon}^\theta); \quad (8)$$

$$\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^p = \frac{D_0}{\sqrt{J_2}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{Z^2}{3J_2} \right)^n \right] \mathbf{s}; \quad Z = K + D; \quad (9)$$

$$\dot{K} = m_1 (K_1 - K) \dot{W}_p - A_K K_1 \left[(K - K_2)/K_1 \right]^{r_K}, \quad K(0) = K_0; \quad (10)$$

$$\dot{\boldsymbol{\beta}} = m_2 (D_1 \mathbf{u} - \boldsymbol{\beta}) \dot{W}_p - A_D K_1 \left[(\boldsymbol{\beta} : \boldsymbol{\beta})^{1/2} / K_1 \right]^{r_D} \mathbf{V}, \quad \boldsymbol{\beta}(0) = \mathbf{0}, \quad (11)$$

де

$$J_2 = \mathbf{s} : \mathbf{s} / 2, \quad \dot{W}^p = \boldsymbol{\sigma} : \dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^p, \quad \mathbf{u} = \mathbf{s} / (\mathbf{s} : \mathbf{s})^{1/2}, \quad \mathbf{V} = \boldsymbol{\beta} / (\boldsymbol{\beta} : \boldsymbol{\beta})^{1/2}, \quad D = \boldsymbol{\beta} : \mathbf{u}.$$

У рівняннях (1) – (11) прийняті наступні позначення: $\boldsymbol{\varepsilon}$ і $\boldsymbol{\sigma}$ – тензори деформації та напруження відповідно; $\boldsymbol{\varepsilon}^e$, $\boldsymbol{\varepsilon}^p$ і $\boldsymbol{\varepsilon}^\theta$ – пружна, непружна і теплова складові відповідно тензора деформації; $\mathbf{e}$ і $\mathbf{s}$ – девіатори тензора деформації та напруження; K і $\boldsymbol{\beta}$ – параметри ізотропного і кінематичного зміцнення відповідно; θ – температура; G і K_V – модуль зсуву і об'ємний модуль відповідно; D' – швидкість дисипації енергії; k – коефіцієнт теплопровідності; c_V – коефіцієнт теплоємності при сталому об'ємі; α – коефіцієнт лінійного теплового розширення; r – потужність джерел тепла; γ – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні тіла; θ_0 – температура зовнішнього середовища; D_0 , D_1 , K_0 , K_1 , K_2 , m_1 , m_2 , A_K , A_D , r_K , r_D і n – параметри моделі. Згідно з формулюванням моделі коефіцієнти D_0 , D_1 , K_1 , m_1 , m_2 , r_K і r_D не залежать від температури, а K_0 , K_2 , A_K , A_D , K_V і G є функціями температури. У (1) – (11) – одиничний тензор відповідного рангу; $\mathbf{a} : \mathbf{b}$ – згортка тензорів $\mathbf{a}$ і $\mathbf{b}$; $\text{tr} \mathbf{a}$ – слід тензора $\mathbf{a}$.

Матеріалами шарів балки вибрані алюмінієвий сплав АМг-6 і сталь 12ХН3А. Їх термомеханічні властивості й константи узагальненої теорії течії Боднера-Партома взяті з роботи [7].

Чисельна реалізація задачі проводиться в рамках подвійного ітераційного процесу. Перший із них – внутрішній, пов'язаний з інтегруванням рівнянь еволюції, а другий – зовнішній – з розв'язанням задач квазістатичної рівноваги і теплопровідності. Рівняння еволюції інтегруються неявним методом Ейлера, в якому використовується правило «середньої точки». Система нелінійних трансцендентних рівнянь, що виникає на кожному кроці за часом, розв'язується методом простої ітерації. Для прискорення збіжності застосовується процедура Стефенса-Ейткена. Задачі рівноваги і теплопровідності розв'язуються за допомогою методу скінченних елементів.

Мета розрахунків полягає у виявленні закономірностей зв'язаних процесів в циклічно деформованих неоднорідних в'язкопластичних тілах, визначенні демпфуючих характеристик тришарової балки-демпфера та оцінка її ефективності для різної компоновки шарів.

Геометричні розміри вибрані наступними: $a = 0,15$ м, $b = 0,15 \cdot 10^{-1}$ м, $b_1 = b_3 = 0,3 \cdot 10^{-2}$ м, $b_2 = 0,24 \cdot 10^{-1}$ м, де b_i , $i = 1, 2, 3$ – товщини шарів (рис. 1). При розв'язанні задачі використані дві можливі компоновки: 1) зовнішні шари алюмінієві, а середній – сталевий (А–Ст–А); 2) зовнішні шари сталеві, а середній – алюмінієвий (Ст–А–Ст). Частота збудження дорівнює 1 Гц.

Розглядалися наступні термомеханічні характеристики: розмахи σ_{iN}^a і $\varepsilon_{i1,2}^a$ інтенсивностей напружень і пластичних деформацій в точках з координатами $x = 0,3 \cdot 10^{-1}$ м, $y = 0,146 \cdot 10^{-1}$ м (величини з індексом 1), $x = 0,3 \cdot 10^{-1}$ м, $y = 0,1 \cdot 10^{-1}$ м (величини з індексом 2), які належать відповідно першому та другому шарам; середні по об'єму V тіла пластичні потужності $\bar{D}'$; максимальні за період коливань значення середньої по об'єму накопиченої енергії W_e і температура вібророзігріву θ в точці з координатами $x = 0,0$ м, $y = 0,15 \cdot 10^{-1}$ м. Відповідні вирази для цих величин наведені нижче

$$\sigma_{iN}^a = \max_{T_N} \sigma_i, \quad (12)$$

$$\varepsilon_{iN}^{pa} = \max_{T_N} \varepsilon_i^p, \quad (13)$$

$$\bar{D}'_N = \frac{1}{VT} \iint_V \mathbf{s} : \dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^p dt dV, \quad (14)$$

$$W_{eN} = \frac{1}{V} \max_{T_N} \int_V \left[\frac{1}{18K_V} (\text{tr} \boldsymbol{\sigma})^2 + \frac{1}{4G} \mathbf{s} : \mathbf{s} \right] dV, \quad (15)$$

де індекс N вказує номер циклу.

Результати розрахунків для компоновки А–Ст–А при параметрі навантаження $\bar{\varepsilon} = 0,1 \cdot 10^{-1}$ наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунків для компоновки А–Ст–А

N	$\bar{D}'_N$, МПа/с	W_{eN} , МПа	σ_{i1N} , МПа	ε_{i1N}^p , %	σ_{i2N} , МПа	ε_{i2N}^p , %	θ , °С
1	3,608	0,759	152,4	0,627	438,7	0,316	21,77
2	4,691	0,860	180,9	0,548	159,2	0,288	23,51
5	4,656	0,917	193,1	0,528	461,1	0,291	29,02
10	4,625	0,924	193,3	0,542	461,1	0,299	35,95
15	4,613	0,925	193,3	0,555	461,1	0,305	42,54
20	4,611	0,926	193,3	0,568	461,1	0,312	49,06

Результати дослідження напружено-деформованого стану при компоновках А–Ст–А і Ст–А–Ст наведені відповідно на рис. 2 та 3. На них лініями 1 і 2 показані розподіли розмахів інтенсивності напружень та інтенсивності пластичної деформації відповідно в перетині $y = 0$.

Порівняння двох компоновок демпфера показує, що найбільші по поперечному перетину напруження досягаються в сталевих шарах, коли вони є зовнішніми. Розподіл розмахів інтенсивностей напружень має стрибок на поверхні контактів матеріалів для обох компоновок. Розмахи інтенсивності пластичних деформацій розподілені неперервним чином і досягають максимуму на зовнішніх поверхнях балки.

Розподіл стаціонарної температури за товщиною демпфера в перетині $y = 0$ показано лінією 3 на рис. 2. Воно характеризується високим ступенем однорідності. Така однорідність пояснюється достатньо високою теплопровідністю механічних матеріалів шарів. У випадку гумометалевих або полімерних конструкцій ситуація, напевно, буде іншою.

Для порівняння демпфуючої здатності двох вказаних вище компоновок (А–Ст–А і Ст–А–Ст) розглянуті наступні енергетичні характеристики: $\bar{D}'_N$, W_{eN} і коефіцієнт поглинання $\psi_L = \bar{D}'_N / W_{eN}$. Результати для сьомого стабілізованого циклу представлені в таблицях 2 і 3. У таблиці 3 індексами позначені номери шарів.

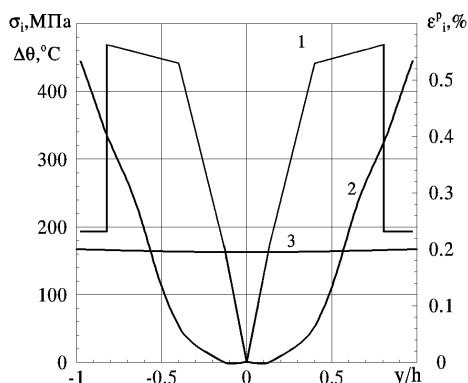


Рис. 2. Напружено-деформований стан при компоновці А–Ст–А

Таблиця 2

Результати сьомого стабілізованого циклу

Компоновка	ψ_L , с ⁻¹	$\bar{D}'$, МПа/с	W_e , МПа
А–Ст–А	5,04	4,65	0,922
Ст–А–Ст	8,02	4,76	0,593

Таблиця 3

Результати сьомого стабілізованого циклу

Компоновка	$\psi_{L1,3}$, с ⁻¹	ψ_{L2} , с ⁻¹	$\bar{D}'_2$, МПа/с	$\bar{D}'_{1,3}$, МПа/с	$W_{e1,3}$, МПа	W_{e2} , МПа
А–Ст–А	9,85	4,01	0,672	3,30	0,07	0,82
Ст–А–Ст	11,53	3,76	1,779	1,19	0,15	0,32

З цих даних випливає, що компоновка Ст–А–Ст характеризується більшим коефіцієнтом поглинання. З енергетичної точки зору це означає, що для демпферування вимушених коливань більш вигідною є схема, коли достатньо товстий шар «м'якого» матеріалу підкріплюється з двох сторін тонкими шарами більш «жорсткого» матеріалу. Цей результат узгоджується із загальноприйнятою практикою проектування демпферуючих конструкцій [1, 2].

Список використаних джерел

1. Нашиф А. Демпфирование колебаний / А. Нашиф, Д. Джоунс, Дж. Хендерсон; пер. с англ. — М. : Мир, 1988. — С. 448.
2. Кобелев В. Н. Расчет трехслойных конструкций : справочник / В. Н. Кобелев, Л. М. Коварский, С. И. Тимофеев. — М. : Машиностроение, 1984. — С. 304.
3. Тиба К. Динамические характеристики трубопроводных систем, опирающихся на вязкоупругие и упругопластические демпферы / Тр. амер. об-ва инж.-механиков. Современное машиностроение. Сер Б. — 1990. — № 7. — С. 33—38.
4. Bodner S. Constitutive equations for elastoviscoplastic strain hardening material / S. Bodner, Y. Partom. Trans. of ASME. J. Appl. Mech. — 1975. P. 385—389.
5. Джеймс И. Х. Экспериментальное сравнение нескольких современных вязкопластических моделей материала при повышенной температуре / Теоретические основы инженерных расчетов. — 1988. — № 1. — С. 52—58.
6. Сенченков И. К. Термомеханический анализ одной модели термовязкопластического деформирования материалов / И. К. Сенченков, Я. А. Жук // Прикл. механика. — 1997. — № 2. — С. 41—48.
7. Сенченков И. К. Концентрация напряжений и деформаций в надрезанном цабондре из вязкопластического материала при гармоническом нагружении / И. К. Сенченков, Я. А. Жук // Прикл. механика. — 1999. — № 2. — С. 15—22.

Yaroslav ZHUK, Viktor SICHKO, Larusa VASILIEVA, Ihor UMYKHIN
Mykolaiv

NUMERICAL RESEARCH OF DISSIPATION ON THERMOMECHANICAL BEHAVIOR OF THREE LAYERED PHYSICALLY NONLINEAR DAMPER UNDER MONOHARMONIC STATIC DEFORMATION

The numeric study of forced three layered beam of physically nonlinear materials under monoharmonic deformation is investigated with the account of inner losses.

Keywords: three layered, damper, monoharmonic deformation, losses.

Ярослав ЖУК, Виктор СИЧКО, Ларуса ВАСИЛЬЕВА, Игорь УМРИХИН
г. Николаев

ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО ДЕМПФЕРА ИЗ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ С УЧЕТОМ ВНУТРЕННИХ ПОТЕРЬ

Численное исследование вынужденных колебаний трехслойного демпфера с физически нелинейных материалов при гармонической нагрузке с учетом внутренних потерь.

Ключевые слова: колебания, демпфер, гармонические нагрузки, потери.

Стаття надійшла до редколегії 13.03.2017

АНАЛІЗ ПИТАНЬ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ НА ПРИКЛАДАХ ЗАХИЩЕНИХ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Розглянуто основні сучасні проблеми захисту інформації. Приведено поняття захищеності операційних систем. Розглянуто основні механізми захисту інформаційних систем. Проведено порівняльний аналіз, розглянутих операційних систем.

Ключові слова: інформаційна безпека, захищена операційна система, захист інформації.

Вступ. Глобальна інформатизація світу призвела до проникнення комп'ютерів та комп'ютерних систем в повсякденні процеси роботи всього людства. На поточний час не можливо уявити життя без електронної пошти, інформаційних ресурсів мережі Інтернет, банківських систем online-платежів, електронних інформаційних ресурсів та банків даних, тощо. Більшість важливої інформації зберігається саме в електронному виді.

Людство залежить від надійності роботи комп'ютерних та обчислювальних систем. І така залежність продовжую зростати. Питання забезпечення безпеки інформації про повсякденному використанні електронних систем стає надзвичайно важливим.

Серед операційних систем, що використовуються на комп'ютерах, найбільш поширеними є операційні системи сімейства «Microsoft Windows». А чи цілком захищена інформація в ОС від «Microsoft»? Чи існує можливість, при правильних налаштуванні, додатково встановленому програмному забезпеченні, досягти оптимального захисту інформації? Чи можливо отримати математичну оцінку захищеності інформації – з урахуванням можливостей механізмів захисту операційної системи, важливості та вартості інформації на комп'ютері?

У відкритих ОС більш гнучкі налаштування механізмів та компонент захисту. При цьому потребують набагато більше знань та навичок для правильного налаштування та використання. Це призводить до необхідності висококваліфікованого налаштування відкритих систем. Як наслідок безпека у відкритих операційних системах залежить від рівня кваліфікації не лише програмістів, а й адміністратора системи.

Побудова методів та методик математичного оцінювання та доведення захищеності інформації в середовищі закритих і відкритих ОС – потребує реального розгляду та опрацювання.

Метою дослідження є:

- Аналіз систем захисту інформації, проведення оцінки захищеності;
- Розробка пропозицій щодо математичних моделей з налаштування методів захисту ОС для досягнення заздалегідь обґрунтованих параметрів надійності та безпеки.

Виклад основного матеріалу. Вважається, що операційні системи та інформаційно-телекомунікаційні системи, такі як локальні мережі – внутрішні та зовнішні, не можуть бути цілком захищеними. Якою б сучасною та бездоганною, з першого погляду, системою захисту не була б оснащена операційна система та інформаційно-телекомунікаційна система, завжди знайдеться спосіб для несанкціонованого доступу до інформації.

Але при правильному підході до реалізації та експлуатації системи, її компонент – можливо максимально зменшити ризик втрати чи витоку інформації, яка оброблюється та зберігається в системі, забезпечити максимальну працездатність системи навіть за критичних обставин.

Будемо вважати операційну систему – *захищеною*, якщо вона забезпечує збереженість інформації та цілісність даних власними засобами, без використання допоміжного програмного забезпечення. Визначення не претендує на завершеність, лише на більш чітке розуміння термінів, що використовуються.

Основними завданнями захищених операційних систем є:

- Забезпечення захисту свого власного середовища від несанкціонованого доступу, підміни компонент та даних;

- Захист інформації, що обробляється, накопичується та зберігається в середовищі захищеної операційної системи, від несанкціонованого доступу.

У сучасних операційних системах розробниками реалізовано певний перелік механізмів забезпечення безпеки – алгоритми шифрування інформації, автентифікації при доступі до інформації, захисту від несанкціонованого доступу тощо. Комбінація цих механізмів, їх можливості цілком залежать від фантазії розробника ОС або програмного забезпечення.

Можливо довго дискутувати з питання щодо повноти та достатності даних механізмів. Цілком зрозуміло, що механізми забезпечення безпеки більш сильно реалізовані в операційних системах серверного застосування – Linux, BSD. Це пов'язано з галуззю призначення даного типу ОС – серверне застосування в середовищі відкритих систем – Інтернет.

В той же час в операційній системі Windows більш повно реалізовано механізми забезпечення безпеки для використання програмного забезпечення користувачів.

Основні механізми забезпечення безпеки в операційній системі:

1. Ідентифікація – один з компонентів найбільш поширеного способу доступу до інформації – реєстрації. Суть ідентифікації полягає, в тому що у кожному користувачеві при реєстрації, присвоюється унікальний ідентифікатор. За цим ідентифікатором можливо визначити ідентичність користувача;

2. Автентифікація – використовується для підтвердження доступу до інформації, що прив'язана або надається за унікальним ідентифікатором. Зазвичай автентифікація відбувається способом надання:

- Унікального предмету або атрибуту (електронний ключ, старт-карта, криптографічний сертифікат тощо);

- Пароллю (найбільш розповсюджений вид автентифікації);

- Біометричних даних (голос, відбитки пальців, підпис, форма долоні тощо)

3. Контроль цілісності та автентичності даних – використовується для контролю важливих складових системи (наприклад: системних файлів) на пошкодження, або спотворення. Необхідний механізм для виявлення порушень та забезпечення стабільної роботи системи;

4. Резервне копіювання – виконується для забезпечення можливості відновлення оригіналу інформації або важливих компонент системи на випадок спотворення або пошкодження;

5. Розмежування доступу до інформації – виконується шляхом обов'язкової авторизації користувачем в системі. Використовується для надання авторизованому користувачу доступу і прав на користування інформацією та функціями системи, встановлених адміністратором системи;

6. Шифрування – використовується для шифрування важливої інформації на носії. Для зашифровки використовується криптографія. Система активує односторонню функцію, яку не важко обчислити, але дуже важко підібрати зворотну дію;

7. «Firewall» (пакетний фільтр) – використовується для контролю вхідного та вихідного трафіку. Забезпечує контроль за заданими правилами;

8. Аудит – використовується для спостереження. Система веде протоколювання:

- дій користувачів системи (авторизація, використання системних функцій);

- помилки та повідомлення системи;

- помилки та повідомлення програмного забезпечення;

- помилки та повідомлення центру безпеки.

Слід зазначити, що наявність механізмів захисту не призводить до позитивної відповіді на питання щодо можливості надання будь яких гарантій захищеності інформації в середовищі ОС. Насамперед необхідно визначити комплекс вимог до механізмів захисту інформації, забезпечення надійності та безпеки роботи програмного забезпечення користувачів в середовищі ОС, обґрунтувати підходи до забезпечення безпеки під час життєвого циклу.

Саме питання щодо забезпечення надійності та безпеки роботи ОС в процесі життєвого циклу є одним з найменш досліджуваних питань. З часом компоненти програмного забезпечення (та й апаратного забезпечення комп'ютеру) можуть втрачати свої властивості за рахунок різних процесів:

- накопичення даних в кешах програм;

- виявлення помилок в роботі апаратного та програмного забезпечення;

– збоїв та відмов компонент апаратного забезпечення, інформація про які не доступна пересічному користувачеві.

Найчастіше саме накопичення таких прихованих помилок призводить до фатальної відмови програмного та апаратного забезпечення.

За результатами розгляду питань захисту інформації у сучасних операційних системах виникає питання щодо необхідності побудови математичних методів та моделей для оцінки захищеності інформації в середовищі операційних систем. Математичні методи та моделі повинні передбачати наступне:

- оцінку методів захисту інформації, які наявні в середовищі ОС;
- оцінку ризиків втрати інформації, що обробляється, зберігається, накопичується в середовищі ОС, з урахуванням значимості та вартості втрати або пошкодження інформації;
- оцінку якості програмного забезпечення користувача, яке функціонує в середовищі ОС, механізмів захисту інформації, які використовується програмним забезпеченням користувача;
- оцінку можливостей організації надійної та безпечної взаємодії між користувачем, адміністратором ОС та самим середовищем ОС.

Побудова таких математичних методів та методик дозволить:

- проводити оцінку ризиків при створенні та використанні складних інформаційних та телекомунікаційних систем;
- створювати інтегровані інформаційні системи з впровадженням виважених рішень з використанням механізмів захисту інформації;

Висновки. Аналіз питань захисту інформації у сучасних інформаційних та телекомунікаційних системах призводить до необхідності створення математичних методів оцінювання захищеності інформації, яка обробляється, накопичується, зберігається в середовищі ОС. Це досить складне завдання, яке потребує значного наукового опрацювання.

Слід також зазначити, що дане дослідження не є вичерпним та не претендує на завершеність. Основний висновок, який можливо зробити – дослідження необхідно продовжувати.

Список використаних джерел

1. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.dstszi.gov.ua/dstszi/control/uk/index>.
2. Компанія «АТМНІС» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://atmnis.com/files/user_files/BBOS.pdf.
3. Компанія «Майлінкс» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://mylinux.ua/press-release5>.
4. Компанія ТОВ НДІ «Автопром» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://avtoprom.kiev.ua/rproduct2.html>.
5. Нестеров С. А. Інформаційна безпека та захист інформації : учеб. посібник / С. А. Нестеров. — СПб. : Видавництво політехн. ун-ту, 2009. — 126 с.
6. Макаренко С. І. Інформаційна безпека: навчальний посібник для студентів вузів / С. І. Макаренко. — Ставрополь : СФ МДГУ імені М. А. Шолохова, 2009. — 372 с.

Andrii ZERKO, Oleksandr OKSIUK
Kyiv

ANALYSIS OF DATA SECURE IN OPERATING SYSTEMS ON EXAMPLES OF PROTECTING OPERATING SYSTEMS

Considered the main current problems of data secure. Considered to concept of protecting operating systems. The basic components for protecting operating systems described. Analyzed and compared chosen operating systems on object of secure. Key words: information security, secure operating system protection.

Андрей ЗЕРКО, Александр ОКСИЮК
г. Киев

АНАЛИЗ ВОПРОСОВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ПРИМЕРАХ ЗАЩИЩЕННЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены основные современные проблемы защиты информации. Приведены понятия защищенности операционных систем. Рассмотрены основные механизмы защиты информационных систем. Проведен сравнительный анализ, рассмотренных операционных систем.

Ключевые слова: информационная безопасность, защищенная операционная система, защита информации.

Стаття надійшла до редколегії 13.03.2017

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РІВНЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В УМОВАХ РІЗНОЇ СТРУКТУРИ ЕКСПЕРТНИХ СВІДОЦТВ

У роботі розглянуті міри, що дозволяють кількісно оцінити рівень невизначеності та конфлікту для групи експертних оцінок, сформованих в рамках нотації математичної теорії свідочств. Розглянуті міри, використовують ентропію як міру невизначеності, та функції довіри, правдоподібності та пігністичної ймовірності. Такі міри дозволяють виявляти різних види конфлікту, що виникають при взаємодії фокальних елементів всередині групи свідочств і дозволяють оцінити якість одержуваних свідочств. В роботі досліджено зв'язок між значеннями розглянутих мір і структурою експертних свідочств.

Ключові слова: невизначеність, конфлікт, міра протиріччя, теорія свідочств.

Постановка проблеми. Прийняття рішень являє собою творчий інтелектуальний процес, важливе місце в якому займає досвід і знання фахівців (експертів), і базується на системному використанні сучасних математичних методів аналізу експертних оцінок. При аналізі групових експертних оцінок ефективні результати можуть бути отримані при правильному виборі та застосуванні методів аналізу експертної інформації, що в свою чергу, дає можливість отримувати ефективні результати при моделюванні відповідних предметних і проблемних галузей знань. Такий вибір повинен враховувати різні форми незнання, під якими розуміють ситуації, коли необхідна інформація або відсутня, або недостатня, або представлена у невідповідній формі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки з'явився ряд публікацій [1-3], де автори виділяють наступні форми незнання: неповнота – ситуації, при яких деякі дані невідомі, але вся доступна інформація повна і коректна; нечіткість – ситуації, при яких достовірність інформації не викликає сумнівів, проте ця інформація не точна; невизначеність – ситуації, при яких вся доступна інформація може бути істинною або хибною, і може бути оцінена з використанням ймовірнісних оцінок.

До теперішнього часу аналіз зазначених форм незнання виконувався методами теорії ймовірностей та теорії нечітких множин. Однак теорія ймовірностей призначена для моделювання та оцінки елітерної (*aleatory*) або об'єктивної невизначеності, тобто невизначеності, безпосередньо пов'язаної із самою аналізованою випадковою величиною, в той час як існує і інший вид невизначеності – епістемічна (*epistemic*) чи суб'єктивна, тобто невизначеність, пов'язана з обсягом та достовірністю інформації, на підставі якої визначають ймовірнісні оцінки таких подій. До того ж на практиці можуть бути ситуації, в яких одночасно присутні різні форми незнання, наприклад, комбінація невизначеності та неточності. Наприклад, при проведенні експертизи не обґрунтовано були обрані методи виявлення та (або) аналізу експертної інформації (фактор породжує ситуацію неточності одержуваних даних); при проведенні аналізу експертної інформації не була врахована (не була надана) інформація про компетентність експертів (фактор породжує ситуацію невизначеності щодо отриманих даних). Такі комбінації форм незнання можуть бути промодельовані методами теорії свідочств Демпстера–Шейфера (ТДШ) [5, 12].

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження підходів, які використовуються для опису та числового вимірювання невизначеності в теорії свідочств, і аналіз залежності рівня конфлікту і міри протиріччя свідочств від їх структури.

Виклад основного матеріалу. Припустимо задана основа аналізу $\Omega = \{\omega_i \mid i = \overline{1, n}\}$, що являє собою множину вихідних даних (вичерпних та взаємовиключних) [5, 12].

Основу теорії свідочств складають три базові функції ($\forall X \subseteq \Omega$) [12, 4]:

- основна маса ймовірності (*basic belief assignment*) $m: 2^\Omega \rightarrow [0,1]$:

$$\sum_{X \subseteq \Omega} m(X) = 1; \quad m(\emptyset) = 0; \quad (1)$$

- функція довіри (*belief function*) $Bel: 2^\Omega \rightarrow [0,1]$:

$$Bel(X) = \sum_{B \subseteq X} m(B); \quad (2)$$

- функція правдоподібності (*plausibility function*) $Pl: 2^\Omega \rightarrow [0,1]$:

$$Pl(X) = \sum_{B \cap X \neq \emptyset} m(B), \quad (3)$$

де 2^Ω – показникова множина, що є сукупністю всіх підмножин Ω , включаючи порожню множину $\emptyset$.

В роботі [9] авторами було виділено дві форми невизначеності в теорії свідочств: не специфічність (*non-specificity*) та конфлікт (*conflict*).

Перший вид невизначеності – не специфічність (*non-specificity*), залежить від кардинальності сформованих фокальних елементів, та дозволяє визначити наскільки основні маси ймовірності фокальних елементів є неточними.

В [6] запропонована міра, в основу якої покладена ентропія Хартлі [7], що дозволяє кількісно визначити міру не специфічності:

$$N(m) = \sum_{X \subseteq \Omega, X \neq \emptyset} m(X) \log_2(|X|), \quad 0 \leq N(m) \leq \log_2(|\Omega|). \quad (4)$$

Міра $N(m)$ отримала назву зважена ентропія Хартлі (*Weighted Hartley entropy*). Міра $N(m)$ приймає мінімальне значення для одноелементних фокальних елементів (синглетонів), та досягає максимуму при $X = \Omega$, $m(X) = m(\Omega) = 1$.

В свою чергу в [14] Ягер запропонував міру, що дозволяє кількісно оцінити якість свідочств:

$$S(m) = \sum_{X \subseteq \Omega, X \neq \emptyset} \frac{m(X)}{|X|}, \quad \frac{1}{|\Omega|} \leq S(m) \leq 1. \quad (5)$$

Міра (5) отримала назву міра специфічності.

Другий вид невизначеності, що отримав назву конфлікт, диссонанс, виникає, коли дві (чи більше) гіпотези (свідочства) суперечать одна одній. У [10], під конфліктом розуміється протиріччя, що виникає між двома (або більше) функціями основної маси ймовірності m_1 та m_2 .

В даний час існує значна кількість мір, що дозволяють оцінити значення конфлікту всередині групи свідочств, більшість з яких є розширенням ентропії Шеннона [13]:

- міра конфлікту, в основі якої лежить функція довіри [14]

$$Ds(m) = - \sum_{X \in 2^\Omega} m(X) \log_2(Pl(X)); \quad (6)$$

- міра конфлікту, в основі якої лежить функція правдоподібності [8]

$$C(m) = - \sum_{X \in 2^\Omega} m(X) \log_2(Bel(X)); \quad (7)$$

- міра конфлікту, в основі якої лежить функція пігністичної ймовірності [10]

$$E(m) = - \sum_{X \in 2^\Omega} m(X) \log_2(betP(X)), \quad (8)$$

де $betP(X) = \sum_{B \in 2^\Omega, B \neq \emptyset} \frac{|X \cap B|}{|B|} m(B)$, $\forall X: |X| > 1$; при $|X| = 1$ маємо $betP(X) = \sum_{B \in 2^\Omega, X \subseteq B} \frac{1}{|B|} m(B)$ [11].

В [10] визначено поняття протиріччя (*contradiction*). Міра протиріччя є числовим еквівалентом того, наскільки значення основної маси ймовірності фокальних елементів суперечать один одному, в рамках виділеної групи свідочств, і дозволяє охарактеризувати величину конфлікту всередині групи свідочств.

Міра протиріччя фокального елементу X визначається як відстань між вектором $m(\cdot)$ фокальних елементів групи свідочств та значенням m_X

$$Contr_m(X) = d(m, m_X), \quad (9)$$

де $\forall X_i, X_j \subseteq \Omega$

$$m_{X_j}(X_i) = \begin{cases} 1, & i = j, i = \overline{1, s}; \\ 0, & i \neq j. \end{cases}$$

Міра протиріччя групи експертних свідочств може бути розрахована як зважене значення міри (9) для всіх фокальних елементів групи, $Contr_m \in [0, 1]$:

$$Contr_m = \sum_{X \in 2^\Omega} m(X) d(m, m_X). \quad (10)$$

Проаналізуємо на числових прикладах залежність визначених мір невизначеності від структури експертних свідочств.

Припустимо, що задана основа аналізу $A = \{A_j \mid j = \overline{1, 4}\}$. Множина $X = \{B_i \mid i = \overline{1, s}\}$, $s = 2^{|A|}$, являє собою сукупність фокальних елементів $B_i \subseteq A$, що виділені на основі однієї групи свідочств. Розглянемо докладніше ситуації, при яких свідочства, утворюють різні види структур.

1. Експертні свідочства із роздільною структурою:

$$\forall B_i, B_j \subseteq X: B_i \cap B_j = \emptyset, \quad (11)$$

$$B_1 = \{A_1\}, B_2 = \{A_2\}, B_3 = \{A_3\}, B_4 = \{A_4\}.$$

$$\text{Група свідочств 1: } m_1(B_1) = 0,5; \quad m_1(B_2) = 0; \quad m_1(B_3) = 0,5; \quad m_1(B_4) = 0.$$

$$Contr_{m_1}(B_1) = 0,5; \quad Contr_{m_1}(B_3) = 0,5;$$

$$\text{Група свідочств 2: } m_2(B_1) = 0,1; \quad m_2(B_2) = 0; \quad m_2(B_3) = 0,9; \quad m_2(B_4) = 0.$$

$$Contr_{m_2}(B_1) = 0,9; \quad Contr_{m_2}(B_3) = 0,1;$$

$$\text{Група свідочств 3: } m_3(B_1) = 0,1; \quad m_3(B_2) = 0,1; \quad m_3(B_3) = 0,8; \quad m_3(B_4) = 0.$$

$$Contr_{m_3}(B_1) = 0,85; \quad Contr_{m_3}(B_2) = 0,85; \quad Contr_{m_3}(B_3) = 0,17;$$

$$\text{Група свідочств 4: } m_4(B_1) = 1/3; \quad m_4(B_2) = 1/3; \quad m_4(B_3) = 1/3; \quad m_4(B_4) = 0.$$

$$Contr_{m_4}(B_1) = 0,58; \quad Contr_{m_4}(B_2) = 0,58; \quad Contr_{m_4}(B_3) = 0,58;$$

$$\text{Група свідочств 5: } m_5(B_1) = 0,2; \quad m_5(B_2) = 0,3; \quad m_5(B_3) = 0,1; \quad m_5(B_4) = 0,4.$$

$$Contr_{m_5}(B_1) = 0,67; \quad Contr_{m_5}(B_2) = 0,59; \quad Contr_{m_5}(B_3) = 0,74; \quad Contr_{m_5}(B_4) = 0,5;$$

$$\text{Група свідочств 6: } m_6(B_1) = 0,25; \quad m_6(B_2) = 0,25; \quad m_6(B_3) = 0,25; \quad m_6(B_4) = 0,25.$$

$$Contr_{m_6}(B_1) = 0,61; \quad Contr_{m_6}(B_2) = 0,61; \quad Contr_{m_6}(B_3) = 0,61; \quad Contr_{m_6}(B_4) = 0,61.$$

Фокальні елементи групи свідочств, що мають однакові значення функції основної маси ймовірності $m(\cdot)$, мають рівні значення міри протиріччя (9). Значення міри (9) збільшується по мірі зменшення значення основної маси ймовірності $B_i \subseteq A$.

В умовах рівномірного розподілу значень функції основної маси ймовірності $\forall B_i \subseteq A$, значення міри (10) збільшується по мірі збільшення кількості сформованих фокальних елементів (групи свідочств 1, 4, 6).

При однакової кількості фокальних елементів, значення міри (10) завжди більше при умові рівномірного розподілу значень функції m .

Значення мір (4) – (10) для роздільної структури експертних свідочств наведені у таблиці 1.

Міра (4) безпосередньо пов'язана із кардинальністю фокальних елементів, і досягає мінімального значення $N(m) = 0$, якщо всі фокальні елементи $B_i \subseteq A$ є синглетонами ($\forall B_i: |B_i| = 1$). Для наведеного прикладу максимальне значення міри може сягнути $\max(N(m)) = \log_2(|A|) = \log_2(4) = 2$.

Таблиця 1

Значення мір невизначеності для свідочств із роздільною структурою

	$m_1(\cdot)$	$m_2(\cdot)$	$m_3(\cdot)$	$m_4(\cdot)$	$m_5(\cdot)$	$m_6(\cdot)$		$m_1(\cdot)$	$m_2(\cdot)$	$m_3(\cdot)$	$m_4(\cdot)$	$m_5(\cdot)$	$m_6(\cdot)$
N	0	0	0	0	0	0	E	1	0,47	0,92	1,58	1,85	2
S	1	1	1	1	1	1	C	1	0,47	0,92	1,58	1,85	2
Ds	1	0,47	0,92	1,58	1,85	2	$Contr_m$	0,5	0,18	0,31	0,58	0,59	0,61

Дані таблиці 1 свідчать про те, що міра $S(m)$ досягає максимального значення ($\forall B_i : S(m) = 1$), це обумовлено тим, що всі фокальні елементи є синглетонами.

Що стосується мір (6)–(8), то для кожної групи свідочств виконується умова $E(m) = Ds(m) = C(m)$. Міри (6)–(8), є чутливими до кількості виділених фокальних елементів $B_i \subseteq A$, і до відповідних значень $m(B_i)$. При однакової кількості виділених фокальних елементів для різних груп експертних свідочств, значення мір (6)–(8) будуть більше при виконанні умови $\forall i, j : m(B_i) = m(B_j)$ (групи свідочств 1 та 2). Значення мір (6)–(8) буде зростати по мірі збільшення кількості фокальних елементів у групі, що мають однакові значення функції m (груп свідочств 1, 4, 6), і досягнуть максимуму, за умови рівномірного вибору всіх альтернатив (група свідочств 6). Таким чином, рівень невизначеності, що пов'язана із множиною A буде максимальним, якщо: $\forall (B_i, B_j \subset A) : m(B_i) = m(B_j), |B_i| = |B_j| = 1$.

2. Експертні свідочства із сумісною структурою

$$B_1 \cap B_2 \cap \dots \cap B_i \cap \dots \cap B_s \neq \emptyset. \quad (12)$$

2.а Різна кардинальність фокальних елементів:

$$B_1 = \{A_1\}, \quad B_2 = \{A_1, A_2\}, \quad B_3 = \{A_1, A_3, A_4\}.$$

$$\text{Група свідочств 1: } m_1(B_1) = 1/3; \quad m_1(B_2) = 1/3; \quad m_1(B_3) = 1/3;$$

$$Contr_{m_1}(B_1) = 0,42; \quad Contr_{m_1}(B_2) = 0,45; \quad Contr_{m_1}(B_3) = 0,51;$$

$$\text{Група свідочств 2: } m_2(B_1) = 0,5; \quad m_2(B_2) = 0; \quad m_2(B_3) = 0,5;$$

$$Contr_{m_2}(B_1) = 0,41; \quad Contr_{m_2}(B_3) = 0,58;$$

$$\text{Група свідочств 3: } m_3(B_1) = 0; \quad m_3(B_2) = 0,5; \quad m_3(B_3) = 0,5;$$

$$Contr_{m_3}(B_2) = 0,43; \quad Contr_{m_3}(B_3) = 0,56;$$

$$\text{Група свідочств 4: } m_4(B_1) = 0,1; \quad m_4(B_2) = 0; \quad m_4(B_3) = 0,9;$$

$$Contr_{m_4}(B_1) = 0,73; \quad Contr_{m_4}(B_3) = 0,66;$$

$$\text{Група свідочств 5: } m_5(B_1) = 0,9; \quad m_5(B_2) = 0; \quad m_5(B_3) = 0,1;$$

$$Contr_{m_5}(B_1) = 0,08; \quad Contr_{m_5}(B_3) = 0,66.$$

Наведені розрахунки демонструють, що при рівномірному розподілі значень функції m та різної кардинальності фокальних елементів однієї групи свідочств, значення міри (9) збільшується із збільшенням кардинальності фокального елементу (групи свідочств 1, 2).

За наявності конфліктуючих значень функції m (групи свідочств 4, 5), значення міри (9) збільшується із збільшенням основної маси ймовірності фокального елементу. Якщо $|B_i| \leq |B_j|$, $m(B_i) > m(B_j)$ і $m(B_i) + m(B_j) = 1$, то значення $Contr_m(B_i)$ і $Contr_m(B_j)$ розрізняються у значній мірі (група свідочств 5), якщо $|B_i| < |B_j|$, $m(B_i) < m(B_j)$ і $m(B_i) + m(B_j) = 1$, то значення $Contr_m(B_i)$ і $Contr_m(B_j)$ розрізняються у не значній мірі (група свідочств 4).

Значення мір (4) – (10) для сумісних експертних свідочств, які мають різну кардинальність, наведені у таблиці 2.

Міра $Ds(m)$ приймає значення 0 для всіх груп свідочств через те, що $\forall (B_i \subset A) : Pl(B_i) = 1$. Міра $C(m)$ дозволяє ідентифікувати конфлікт між $m(B_i)$ та $m(B_j)$, при умові $B_i \not\subset B_j$. Найбільшого

значення міра $C(m)$ досягає для групи свідочів 3, оскільки $m_3(B_2) = m_3(B_3)$, і $m_3(B_2)$ знаходяться у конфлікті із $m_3(B_3)$ ($|B_2| < |B_3|$, $B_2 \not\subset B_3$). Достатньо високе значення міра $C(m)$ приймає для 1 групи свідочів через те, що існує конфлікт між $m_1(B_2)$ та $m_1(B_3)$, але $C(m_1) < C(m_3)$ за рахунок фокального елемента B_1 ($(B_1 \subset B_2) \vee (B_1 \subset B_3)$, $m_1(B_1) = m_1(B_2) = m_1(B_3)$).

Таблиця 2

Значення мір невизначеності для свідочів із сумісною структурою (ситуація 2.а)

	$m_1(\cdot)$	$m_2(\cdot)$	$m_3(\cdot)$	$m_4(\cdot)$	$m_5(\cdot)$		$m_1(\cdot)$	$m_2(\cdot)$	$m_3(\cdot)$	$m_4(\cdot)$	$m_5(\cdot)$
N	0,862	0,79	1,292	1,43	0,16	E	0,737	0,5	0,5	0,33	0,14
S	0,611	0,67	0,417	0,4	0,93	C	0,918	0,5	1	0,33	0,14
Ds	0	0	0	0	0	$Contr_m$	0,46	0,49	0,5	0,67	0,14

Міра $E(m)$ дозволяє врахувати всі індивідуальні конфлікти, що виникають усередині групи свідочів, приймаючи до уваги кардинальність фокальних елементів, залучених у конфлікт. Міра $E(m)$ досягає найбільшого значення для групи свідочів 1 (існує три індивідуальних конфлікти між $m_1(B_1)$ та $m_1(B_2)$ зі ступенем $|B_2 - B_1|/|B_2| = 1/2$; $m_1(B_1)$ і $m_1(B_3)$ зі ступенем $|B_3 - B_1|/|B_3| = 2/3$; $m_1(B_2)$ і $m_1(B_3)$ зі ступенем $|B_3 - B_2|/|B_3| = 1/3$).

Найменшого значення міри $C(m)$ та $E(m)$ досягають для групи свідочів 5, оскільки виділено 2 фокальних елемента B_1 і B_3 , $B_1 \subset B_3$, найбільше значення основної маси ймовірності має фокальний елемент B_1 .

Для груп експертних свідочів 2, 4, 5 значення мір $C(m)$ та $E(m)$ однакові, оскільки $\forall(B_i \subset A): Bel(B_i) = bet(B_i)$.

2.6 Однакова кардинальність фокальних елементів:

$$B_1 = \{A_1, A_2\}, \quad B_2 = \{A_1, A_3\}, \quad B_3 = \{A_1, A_4\}.$$

Група свідочів 1: $m_1(B_1) = 0,5$; $m_1(B_2) = 0,5$; $m_1(B_3) = 0$;

$$Contr_{m_1}(B_1) = 0,41; \quad Contr_{m_1}(B_2) = 0,41;$$

Група свідочів 2: $m_2(B_1) = 1/3$; $m_2(B_2) = 1/3$; $m_2(B_3) = 1/3$;

$$Contr_{m_2}(B_1) = 0,47; \quad Contr_{m_2}(B_2) = 0,47; \quad Contr_{m_2}(B_3) = 0,47;$$

Група свідочів 3: $m_3(B_1) = 0,1$; $m_3(B_2) = 0,9$; $m_3(B_3) = 0$;

$$Contr_{m_3}(B_1) = 0,73; \quad Contr_{m_3}(B_2) = 0,08;$$

Група свідочів 4: $m_4(B_1) = 0,9$; $m_4(B_2) = 0,1$; $m_4(B_3) = 0$;

$$Contr_{m_4}(B_1) = 0,08; \quad Contr_{m_4}(B_2) = 0,73.$$

Група свідочів 5: $m_5(B_1) = 0,2$; $m_5(B_2) = 0,4$; $m_5(B_3) = 0,4$;

$$Contr_{m_5}(B_1) = 0,57; \quad Contr_{m_5}(B_2) = 0,43; \quad Contr_{m_5}(B_3) = 0,43.$$

Значення міри (9) для фокальних елементів груп свідочів, що задовольняють умові (12), менше, ніж для фокальних елементів груп свідочів, що задовольняють умові (11), за умови рівномірного розподілу значень функції $m()$.

Значення мір (4) – (10) для сумісних експертних свідочів, що мають однакову кардинальність, наведені у таблиці 3.

Для кожної групи експертних свідочів, значення мір (6) – (8) задовольняють умові $Ds(m) \leq E(m) \leq C(m)$, оскільки $Bel(B_i) \leq betP(B_i) \leq Pl(B_i)$. Міра $Ds(m)$ набуває значення 0 для всіх груп експертних свідочів оскільки $\forall(B_i \subset A): Pl(B_i) = 1$. Міри $E(m)$ та $C(m)$ досягають найменшого значення для групи експертних свідочів 3.

Міра $E(m)$ досягає найбільшого значення для групи експертних свідочів 5, а міра $C(m)$ – для групи експертних свідочів 2.

Значення мір невизначеності для свідочств із сумісною структурою (ситуація 2.6)

	$m_1(\cdot)$	$m_2(\cdot)$	$m_3(\cdot)$	$m_4(\cdot)$	$m_5(\cdot)$		$m_1(\cdot)$	$m_2(\cdot)$	$m_3(\cdot)$	$m_4(\cdot)$	$m_5(\cdot)$
N	1	1	1	1	1	E	0,42	0,86	0,15	0,153	0,87
S	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	C	1	1,59	0,47	0,469	1,52
Ds	0	0	0	0	0	$Contr_m$	0,41	0,47	0,15	0,15	0,47

Висновки і перспективи досліджень. В роботі розглянуті міри, що характеризують кількість невизначеності, пов'язаної із фокальними елементами, сформованими в межах однієї групи свідочств, та відповідними їм значеннями основних мас ймовірності. Розглянуті міри дозволяють чисельно оцінити конфлікт і ступінь суперечливості (протиріччя) окремих фокальних елементів і груп свідочств в цілому, що дозволяє говорити про якість отриманих свідочств. В роботі досліджено зв'язок між значеннями розглянутих мір і структурою експертних свідочств. Проаналізовано тенденції зміни рівня конфлікту і міри протиріччя свідочств в залежності від їх структури та кардинальності фокальних елементів всередині групи свідочств.

Список використаних джерел

1. Вагин В. Н. Знание в интеллектуальных системах / В. Н. Вагин // Новости искусственного интеллекта. — 2002. — № 6. — С. 8—18.
2. Душкин Р. В. Об одном подходе к автоматизированному извлечению, представлению и обработке знаний с НЕ-факторами / Р. В. Душкин, Г. В. Рыбина // Изв. РАН. ТИСУ. — 1999. — № 5. — С. 84—96.
3. Рыбина Г. В. Модели, методы и программные средства для построения интегрированных экспертных систем: автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук: 05.13.11 / Г. В. Рыбина. — М., 2004. — 44 с.
4. Beynon M. J., Curry B., and Morgan P. [2000], «The Dempster-Shafer theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modelling». *Omega*, Vol. 28, No. 1, PP. 37—50.
5. Dempster A. P. [1968a], «A generalization of Bayesian inference». *Journal of the Royal Statistical Society*, Ser. B, 30, PP. 205—247.
6. Dubois D., and Prade H. [1985], «A note on measures of specificity for fuzzy sets», *International Journal of General Systems*, Vol. 10, No. 4, PP. 279—283.
7. Hartley R. V. L. [1928], «Transmission of information». *The Bell System Technical Journal*, 7 (3), PP. 535—563.
8. Hohle U. [1982], «Entropy with respect to plausibility measures». *Proceedings of 12th IEEE International Symposium on Multiple-Valued Logic*, PP. 167—169.
9. Klir G. J. [1994], «Measures of uncertainty in the Dempster-Shafer theory of evidence», *Advances in the Dempster-Shafer Theory of Evidence*, John Wiley and Sons, New York, R. R. Yager and M. Fedrizzi and J. Kacprzyk edition, PP. 35—49.
10. Smarandache F., Martin A., and Osswald C. [2011], «Contradiction measures and specificity degrees of basic belief assignments». *Proc. of 14th International Conference on Information Fusion*, Chicago, USA, PP. 475—482.
11. Smets P. [1991], «Constructing the pignistic probability function in a context of uncertainty», *Uncertainty in Artificial Intelligence*, Vol. 5, PP. 29—39.
12. Shafer G. [1976a], *A Mathematical Theory of Evidence*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
13. Shannon C. E. [1948], «The mathematical theory of communication». *The Bell System Technical Journal*, 27 (3&4), PP. 379—423, 623—656.
14. Yager R. R. [1983], «Entropy and specificity in a mathematical theory of evidence». *International Journal of General Systems*, Vol. 9, No. 4, PP. 249—260.

Igor KOVALENKO, Alyona SHVED

Mykolayiv

A STUDY OF THE DYNAMICS OF THE LEVEL OF UNCERTAINTY UNDER DIFFERENT STRUCTURES OF EXPERT EVIDENCES

This article considers several measures that allow to quantify the level of uncertainty and conflict appearing while confronting several experts. These measures are based on entropy approach by using basic belief assignment and belief, plausibility or pignistic probability function, and used to identify different types of conflict arising from the interaction of focal elements inside the group of evidence, and allow to estimate the quality of the evidence. The interrelation between the considered measures and structure of expert evidence are studied.

Keywords: uncertainty, conflict, non-specificity, Evidence theory.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ УРОВНЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЕ ЭКСПЕРТНЫХ СВИДЕТЕЛЬСТВ

В работе рассмотрены меры, позволяющие количественно оценить уровень неопределенности и конфликта для группы экспертных оценок, сформированных в рамках нотации математической теории свидетельств. Рассмотренные меры, используют энтропию как меру неопределенности, и функции доверия, правдоподобности и пигмистической вероятности. Такие меры позволяют выявлять различные виды конфликта, которые возникают при взаимодействии фокальных элементов внутри группы свидетельств и позволяют оценить качество получаемых свидетельств. В работе исследована связь между значениями рассматриваемых мер и структурой экспертных свидетельств.

Ключевые слова: неопределенность, конфликт, мера противоречивости, теория свидетельств.

Стаття надійшла до редколегії 05.04.2017

КОДИРОВАНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ИСКАЖЕНИЙ ПРИ ПЕРЕСЫЛКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОЧИТАТЕЛЬНОЙ И ПЕРЕСТАНОВОЧНОЙ СИСТЕМ КОДИРОВАНИЯ

Предлагаемый метод кодирования заключается в том что применяется в коде фиксированное количество единиц например 4 или 6 в заключении от длины слова 16, 32 или 64 бита. Любое число десятичное или двоичное с нерешенным количеством единиц можно перекодировать в двоично-перестановочное с фиксированным количеством единиц, тогда если пропадет или появится любое количество единиц это будет обнаружено, переспрошено и исправлено.

Ключевые слова: кодирование, искажение, пересылка информации, система.

Постановка проблемы. В эпоху бурного развития технологий, проблемы информационной защиты встают наиболее остро. Использование автоматизированных систем обработки информации и управления обострило защиту информации, от несанкционированного доступа. Основные проблемы защиты информации в компьютерных системах возникают из-за того, что информация не является жёстко связанной с носителем. Её можно легко и быстро скопировать и передать по каналам связи. Информационная система подвержена как внешним, так и внутренним угрозам со стороны нарушителей.

Решение проблем защиты электронной информации базируется в основном на использовании криптографических методов. Притом современные методы криптографического преобразования сохраняют исходную производительность автоматизированной системы, что является немаловажным. Это является наиболее эффективным способом, обеспечивающим конфиденциальность данных, их целостность и подлинность. Использование криптографических методов в совокупности с техническими и организационными мероприятиями обеспечивают надежную защиту от широкого спектра угроз.

Анализ последних исследований и публикаций. Информационную безопасность в системах образования следует рассматривать в контексте общих вопросов безопасности информационных систем с опорой на соответствующие законодательные акты. Проблемы комплексной защиты информационных систем активно прорабатываются зарубежными и отечественными специалистами [4]. К вопросам информационной безопасности систем открытого образования относятся исследования безопасности личности в сети Интернет, в частности, защита от разнообразных технологий мошенничества и защита от материалов, которые нежелательны с точки зрения общественной морали и нормального развития человека. Исследователи анализируют процесс развития новых информационных технологий и считают, что наступило время контролируемого приспособления коммуникативной реальности к образовательной практике [5]. Первоочередное внимание уделяется информационной безопасности в общеобразовательных учебных заведениях на основе внедрения комплекса технических, административных и воспитательных мероприятий и предлагается функциональная модель обеспечения информационной безопасности старшеклассника в компьютерно ориентированной учебной среде [6]. Обращается внимание на необходимость формирования компетентности в области информационной безопасности. Большое значение уделяется проблемам борьбы и сотрудничества в информационной сфере [7], которые, на наш взгляд, распространяются и на сферу образовательных услуг, и на научные исследования. Проблемы информационной безопасности дистанционного взаимодействия субъектов учебного процесса рассматриваются и в контексте психологической безопасности личности [8]. В специальных трудах по исследованию информационной безопасности в системе непрерывного образования [9] очерчены вопросы несанкционированного доступа к учебным

ресурсам и персональным данным участников учебного процесса, проблемы защиты учебных ресурсов и программного обеспечения от повреждений, проблемы обеспечения надежности функционирования информационных систем учебного назначения, подчеркивается необходимость системного подхода к защите информации.

Результаты, предложения. Традиционно для защиты от искажений при пересылке информации применяется контрольная сумма проверки на четкость, в случае если потерялась одна единица или появилась вместо нуля то такое искажение обнаруживается, а если два то не обнаруживается. Применяется для надежности повторение по несколько раз или переспрос.

Предлагаемый метод заключается в том что применяется в коде фиксированное количество единиц например 4 или 6 в заключении от длины слова 16, 32 или 64 бита. Любое число десятичное или двоичное с нерешенным количеством единиц можно перекодировать в двоично-перестановочное с фиксированным количеством единиц, тогда если пропадет или появится любое количество единиц это будет обнаружено, переспрошено и исправлено. Для этого выведена формула для нумерации сочетаний:

$$N_c = n_1 + C_{2-1}^2 + C_{n_3-1}^3 + C_{n_4-1}^4 \dots,$$

где n_1, n_2, n_3, n_4 – это номера мест по возрастанию в сочетаниях, в нашем случае это номера разрядов двоичного числа, где стоят единицы например

1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0
 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
 n_1, n_2, n_3, n_4, n_5
 3 5 7 8 11

Таким образом любое сочетание из пяти элементов имеет свой порядковый номер N_c , а так как нумерация сплошная то она представляет собой натуральный ряд положительных чисел и следовательно любому натуральному числу соответствует своё сочетание. Такая нумерация возможна при задании алгоритма следования, он должен быть таков что всегда в примере изменяется младший номер числа (увеличивается на единицу), когда перед ним уже есть такой номер, то увеличивается впереди стоящий, а младший возвращается к N_1 например 3,5,7..., 4,5,7..., 1,6,7... 2,6,7..... (5,6,7.... 1,2,8).

Как показано в конце примера когда впереди несколько номеров подряд, то старший из них увеличивается на единицу, а младшие сколько бы их не было возвращаются в начало.

Такая нумерация дает нам возможность любое натуральное число изобразить в виде двоичного числа с фиксированным количеством единиц, например, пятью. Возможен и обратный переход от сочетания к числу, но описание алгоритма сложное. Для отыскания сочетания по номеру необходимо из номера вычесть ближайший младший C_{x-1}^5 и записать $x_5 = n_5$ затем из остатка вычесть C_{x-1}^4 и т.д. Оставшееся число будет $x_1 = n_1$. Для этого нужно применять таблицу которая намного упростит и отыскание номера и отыскание сочетания по номеру.

n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	
1					
2	0				
3	1	0			
4	3	1	0		
5	6	4	1	0	
6	10	+ 10	5	1	
7	15	20	15	6	
8	21	35	35	21	
9	28	56	70	56	
10	36	84	126	126	

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & & & 1 & & \\
 & & & & 1 & 1 & \\
 & & & 1 & 2 & 1 & \\
 & & 1 & 3 & 3 & 1 & \\
 & 1 & 4 & 6 & 4 & 1 & \\
 1 & 5 & 10 & 10 & 5 & 1 & \\
 1 & 6 & 15 & 20 & 15 & 6 & 1
 \end{array}$$

Рис. 1 Таблица отыскание номера и отыскание сочетания по номеру

Таблица легко строится, так как первый столбик есть натуральный ряд, второй нарастающая сумма первого, третий столбик нарастающая сумма второго и т.д. Кроме того каждый элемент ниже в столбике есть сумма двух предыдущих как показано на обведенных блоках. А вообще эта таблица есть

деформированный треугольник Паскаля, где первый столбец есть второй слева наклонный, но сдвинутый на одно число вверх относительно третьего. Пользоваться таблице необходимо по следующим правилам: для нахождения номера сочетания необходимо в столбике n_5 взять число состоящее в строке напротив значения $n_5=11$ в столбике n_1 затем число в столбике n_4 согласно приведенного примера и т.д.

$$3\ 8\ 7\ 8\ 11\ \text{и}\ 252 + 35 + 20 + 6 + 3 = 316.$$

Обратная операция отыскания сочетания по номеру, из номера сочетания вычесть ближайшее меньшее в столбике n_5 , а напротив него в столбике n_1 прочесть значение $n_5=11$ затем из остатка вычесть ближайшее меньшее в n_4 и прочесть в столбике n_1 значение $n_4=8$ и т. д.

Таблицу можно применять в программе по перекодировке. Таблицу по приведенному примеру можно расширить как вправо так и вниз для любых сочетаний, её можно применять в Excel для полуавтоматической работы. Одновременное же исчезновение и появления одинакового количества единиц в двух позициях хотя и возможно, выразить его намного меньше. В случае же еще больших жестких требованиях к достоверности передаваемой информации, где связано с жизнью людей или большими финансовыми потерями в банковской сфере можно применить перестановочную систему кодирования. Тогда каждое двоичное слово передаваемой информации будет перекодировано в перестановочную комбинацию, например из пяти числе от 1 до 5 4,2,1,5,3. Для этого разработан алгоритм нумерации перестановок, как и в случае нумерации сочетаний и алгоритм обратного перехода. Хотя этот алгоритм несколько сложение. Для начала его нужно объяснить с помощью таблицы.

Как известно, количество перестановок из n элементов равно n фактору $P_n=n!$, из $1=1$ из $2=2$ из $3=3$, $1*2*3=6$

Если например элементов 5, то перестановок равно 120. Если первая из них 5 4 3 2 1 N_1 , то последняя N_{120} будет 1 2 3 4 5, чтобы перенумеровать промежуточные сочетания посмотрим таблицу. Чем старше число у последнего элемента справа, тем больше номер перестановки. Для того чтобы перестановка из 3 элементов стало

$$6 = 3! = 1 * 2 * 3 = (1*2)*3=(2!)3=0*(2!) = 1*(2!) = 2*(2!) = 3*(2!)$$

n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	
n	1	0	0	0	N_1
$\bar{n}$	2	2	6	24	N_2
$\bar{\bar{n}}$		4	12	48	N_3
Np			18	72	N_4
				96	N_5

Рис. 2 Алгоритм обратного перехода

По горизонтали n_1 - n_5 - номер позиции по вертикали номер в списке по возрастанию из числа оставшихся $n_5=3$ из списка 1,2, 3, 4, 5 этот элемент номер 3 и поэтому мы взяли $48=(4!)*2$ остались 4,2,1,5 по возрастанию из оставшихся 1 2 4 5 элементом 5 имеет номер 4 поэтому берем следующей столбик 18 $(3!)*3$ из оставшихся 4,2,1 по возрастанию его номер 1 – 1,2,4/1,2,3 поэтому берем 0. Из оставшихся двух 4,2 2 – имеет номер по возрастанию 1 берем 1, если бы было 4,2 то взяли бы 2. Так как из одного элемента сочетания не существует то первая колонка пустая. Таким образом порядковый номер перестановки равен 67.

$$Np=N_{n5}=(4!)+N_{n4}(3!)+N_{n3}(2!)+N_{n2}(1!)$$

Как и в любой системе исчисления впереди стоящее нули не изменяют значение числа так и здесь, в перестановках 6 4 5 3 2 1 равносильна 3 1 2 имеет одинаковый номер и её можно сократить

6, 4, 5, ~~3, 2, 1~~
3, 3, 3
3, 1, 2

Можно и проделать обратную операцию расширить до необходимого размера 3,1,2 прибавляем справа + 3,1,2,4,3,2,1

4,4,4
7 5 6 4 3 2 1

Обратная операция получения перестановкам по её номеру производится по той же таблице. Из номера перестановки вычисляется ближайшее меньшее значение в правой колонке. Против значения берется номер элемента. Даже из разницы вычитается ближайшее меньшее значение в следующей колонке левее, а вот номер будет соответствовать номеру по возрастанию из оставшихся, из списка, из которого выбирается истинный номер из-за этого и затруднен вывод формулы перехода, в которой может быть путаница, поэтому лучше пользоваться таблицей задав её программно. Такая система перекодировки не допускает не выявленных искажений так как при искажении или появляется два одинаковых элемента или элемент с номером не входящим в список во втором случае возможно автоматическое исправление, а в первом короткий переспрос, что бы выяснить какой элемент истинный.

С помощью перестановочного и сочетательных систем перекодировка возможно применение метода криптографии для защиты от несанкционированного доступа. Таков, например метод многослойного сочетательного перекодирования. Любое двоичное слово перекодируется, как сочетание определяется номер сочетания с соответствующим количеством единиц в этом слове на соответствующих позициях. Затем этот номер перекодится в двоичную систему и снова по единицам производится определения номера и т. д. 10,20 раз и каждый раз запоминается количество единиц например $^1a_2 = ^1a_c = ^2a_2 = ^2a_c \dots ^na_c$

7 5 12 10 5

вместо 1a_2 пишем 7,15,12,10... na_c

$$Np = N_{n5} * (4!) + N_{n4}(3!) + N_{n3}(2!) + N_{n2} + N_{n1}(1!)$$

N – номер по возрастанию из оставшихся

$$P = N_{n5} = Np(< / -) (4!) * N_{n5} = R_1$$

$$N_{n4} = R_1(< / -) (3!) N_{n4} = R_2$$

$$N_{n3} = R_2(< / -) (2!) N_{n3} = R_3$$

$$N_{n2} = R_3(< / -) (1!) (N_{n2}) = R_2$$

$$N_{n1} = R_2$$

(<) – знак ближайшего меньшего

R – разница

N_{n4} – номер элемента стоящего на четвертом месте (слева на право)

(<) – ближайшее меньшее

P – перестановочная.

Половину этих значений передаём корреспонденту как ключ. При связи передаём ему оставшееся значение a_c^n он производит обратную операцию и сообщает исходное a_2 известное нам и таким образом производится идентификация корреспондента.

Результаты исследования. Само же закрытие информации можно вести на переменном преобразовании информации по сочетательной или перестановочной системам, по наперед обусловленному алгоритму изменения, и постороннему наблюдателю информация будет не доступна как достоверная.

Список используемой литературы

1. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти : монографія / В. Ю. Биков В. — К. : Атіка, 2009. — 684 с.
2. Манако А. Ф. К. М. Синица КТ в обучении: взгляд сквозь призму трансформаций [Электронный ресурс] // Образовательные Технологии и Общество. — 2012. — Том 15. — № 3. — С. 392—413. — Режим доступа: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v15_i3/pdf/6.pdf. — Заголовок с экрана.
3. Про Доктрину інформаційної безпеки України : затверджено Указом Президента України від 8 липня 2009 року № 514/2009. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/514/2009>.
4. Єсін В. І. Безпека інформаційних систем і технологій : навчальний посібник / В. І. Єсін, О. О. Кузнецов, Л. С. Сорока. — Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. — 632 с.
5. Максименко С. Д. Цивілізаційні процеси і розвиток особистості / С. Д. Максименко [Електронний ресурс] // Проблеми сучасної психології: збірник наукових праць КІПНУ імені Івана Огієнка, Інституту психології імені Г. С. Костюка НАПН України. — 2012. — Вип. 15. — С. 3—18. — Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/pspl/2012_15/3-18.pdf.
7. Спірін О. М. Методика забезпечення он-лайн безпеки старшокласників у навчально-виховному процесі школи [Електронний ресурс] / О. М. Спірін, В. Н. Ковальчук // Інформаційні технології і засоби навчання. — 2011. — № 1(21). — Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/ITZN/2011_1/Kovalchuk.pdf.
8. Ананьїн В. О. Інформаційна безпека як чинник захисту особистості в сучасних умовах / В. О. Ананьїн, О. О. Пучков // Гілея (науковий вісник). — 2009. — Вип. 29.

9. Застело А. О. Інформаційно-психологічна безпека дистанційної освітньої взаємодії / А. О. Застело // Науковий вісник Миколаївського державного університету імені В. О. Сухомлинського. Серія: Психологічні науки. — 2011. — Т. 2. — Вип. 7. — С. 143—147. — Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Soc_Gum/Nvmd/psych/2011_7/29.pdf.
10. Федорус О. М. Проблеми захисту інформації в умовах масової безперервної освіти для всіх / О. М. Федорус // Сучасна освіта і наука в Україні: традиції та інновації: Матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної заочної конференції «Сучасна освіта і наука в Україні: традиції та інновації». — Т. 1 (м. Харків, 30—31 січня 2021 р.). — Харків : 2012. — С. 120—123. — Режим доступу: http://novaosvita.com.ua/wpcontent/uploads/2011/10/Kharkiv_XII_OSVITANAUKA_PART1.pdf.
11. Колгатін О. Г. Сучасні погляди на етику автоматизованої педагогічної діагностики / О. Г. Колгатін // Інформаційні технології і засоби навчання: електронне наукове фахове видання [Електронний ресурс] / Ін-т інформ. технологій і засобів навчання АПН України, Ун-т менеджменту освіти АПН України; гол. ред. : В. Ю. Биков. — 2009. — № 4(12). — Режим доступу <http://www.ime.edu.ua/em12/content/09kogdra.htm>. — Заголовок з екрана.
12. Остроухов В. До проблеми забезпечення інформаційної безпеки України / Володимир Остроухов, Валентин Петрик // Політичний менеджмент. — 2008. — № 4. — С. 135—141. — Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/pome/2008_4/PDF/Ostroukhov.pdf.

Victoria KONDRATIIVA, Dmitry CHAIKA

Mykolaiv

ENCODING TO PROTECT AGAINST CORRUPTION DURING SHIPMENT WITH THE USE OF SOCIETATILE AND PERMUTATION CODING SYSTEMS

The proposed coding method is that used in the code a fixed number of units e.g. 4 or 6 in conclusion, word length 16, 32, or 64 bits. Any number of decimal or binary with the outstanding number of units can be recoded into a binary permutation with a fixed number of units, then if you go missing or will appear any number of units it is found peresproshennoe and fixed.

Keywords: encoding, distortion, shipment information system.

Вікторія КОНДРАТЬЄВА, Дмитро ЧАЙКА

м. Миколаїв

КОДУВАННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД СПОТВОРЕНЬ ПРИ ПЕРЕСИЛАННІ З ЗАСТОСУВАННЯМ СОЧИТАТЕЛЬНОЇ І ПЕРЕСТАНОВОЧНОЇ СИСТЕМ КОДУВАННЯ

Пропонований метод кодування полягає в тому, що застосовується в коді фіксовану кількість одиниць наприклад 4 або 6 в ув'язненні від довжини слова 16, 32 або 64 біта. Будь-яке десяткове число або двійкове з невирішеним кількістю одиниць можна перекодувати в двійково-перестановочне з фіксованою кількістю одиниць, тоді якщо пропаде чи з'явиться будь-яка кількість одиниць це буде виявлено, переспрошено і виправлено.

Ключові слова: кодування, перекодування, пересилання інформації, система.

Стаття надійшла до редколегії 30.03.2017

МЕТОД ПРОГРАММНОГО ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ОТОБРАЖЕНИЯ ЕЕ НА ОПОРНОЙ ГАММЕ ВЫРАБАТЫВАЕМОЙ ГЕНЕРАТОРОМ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Рассматривается новый программный метод хранения информации на основе генератора псевдо-випадкових чисел. Генератор построен на кольцевом регистре сдвига.

Ключевые слова: генератор псевдослучайных чисел, опорная гамма, кольцевой регистр сдвига.

Постановка проблемы. Современный мир – это бесконечный поток информации и с каждым днем ее количество только увеличивается. По данным всемирной Сети за последние три десятилетия было произведено больше информации, чем за предшествующие 5000 лет. Ее не просто много, ее слишком много. По этому справедливо задаться вопросом о хранении информации и ее восстановлении.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время, практически все организации сталкиваются с проблемой критического нарастания объемов информации. Рост данных ставит перед техническим персоналом любой компании задачу построения современной системы хранения данных. По данным исследования, проведенного компанией Meta Group (Стэмфорд, шт. Коннектикут), объем информации, аккумулируемой компаниями, удваивается каждые 18 месяцев [11]. Как это ни удивительно, большинство компаний пока относятся к вопросу создания структуры хранения данных не слишком серьезно. «Пока что большинство компаний действуют импульсивно. Осознавая рост объема информации, они просто увеличивают число серверов и расширяют объем дискового пространства. Лишь немногие подходят к проблеме стратегически», – говорит Джефф Хайн, руководитель подразделения профессионального обслуживания компании Berkshire Computer Products (Хопкинтон, шт. Массачусетс) [11].

Согласно с Н. А. Борисовым, А. А. Лукиным хранение и накопление информации вызвано многократным ее использованием, применением постоянной информации, необходимостью комплектации первичных данных до их обработки [3]. Для предотвращения потери информации разрабатываются различные механизмы ее хранения, которые используются на всех этапах работы с ней [1]. Хранение информации включает выбор формы компьютеризации или другого способа сохранения первичных данных для долговременного и многократного использования [2].

Мир современных технологий предлагает две основные возможности хранения информации внешняя и внутренняя память. Альтернативой является «облачное» хранение данных. Александр Яковлев, менеджер по маркетингу продукции FTS, исследует резервное копирование данных и восстановление информационной системы из «облака» [10]. Но такая система требует значительных капиталовложений в оборудование и развития информационных технологий. По этому возникает проблема создания альтернативной системы, т. е. программного метода хранения информации, не требующего значительных затрат.

Результаты, предложения. Как известно, компьютерная техника делиться на две части – аппаратную и программную. Некоторые устройства могут быть выполнены как аппаратным так и программным способом вплоть до построения программным методом виртуального компьютера в программном пространстве реального компьютера [2].

До сих пор все виды памяти представлялись только аппаратными средствами так как для хранения одного бита информации необходим какой-то физический элемент – конденсатор или триггер на

кристалле микросхем или намагниченный участок на магнитном диске или отражающий свет на лазерном диске. Программного метода хранения не существует [6].

Тем не менее существует всем известный пример программного хранения информации – это генератор псевдослучайных чисел (ГПСЧ) в дальнейшем – генератор (ПСЧ).

Генератор (ПСЧ) представляет собой программу выполненную аппаратным способом, хотя возможно его задание программным способом.

Программа его функционирования примитивна и проста, их существует несколько разновидностей. Отличительной особенностью такого генератора является то, что он может на своем выходе выдавать информацию, объем которой намного больше объема памяти, необходимой для его функционирования. А именно он выдает информацию длиной 2^n , где n – количество функциональных элементов в его устройстве. Так при $n=50$ длина будет $2^{50}=10^{15}$ бит. Под длиной понимается количество двоичных знаков (единиц и нулей) в последовательности выдаваемой генератором (ПСЧ).

Хотя генераторы существуют многоразрядные мы будем рассматривать одноразрядный генератор (ПСЧ). Не взирая на то что информация генератора (ПСЧ) бессмысленная, важно то, что она не хранилась до этого в генераторе, а синтезирована в нем в процессе работы генератора. Она как бы свернута в нем и при работе генератора саморазворачивается. Такое название генератор (ПСЧ) получил потому что через 2^n тактов работы информация выдаваемая генератором повторяется в отличии от настоящего генератора случайных чисел, информация которого не повторяется никогда. Примером такого генератора может служить обычный лототрон с шариками используемый для розыгрыша числовых лотерей или рулетка. Существуют и электронные генераторы (СЧ). В них в изменяемом полупроводниковом диоде сжимается флуктуация колебаний тока возникаемого от бебиового движения электронов. Эти колебания усиливаются усилителем и далее подсчитываются количество колебаний за определенный период времени например за 1 мск, если количество четное ставится 0, а если нечетное ставится 1 и таким образом получают двоичную гамму. Далее ее можно преобразовать в любые коды необходимые для использования в компонентах.

Конечно, было бы заманчиво для любой полезной информации заданного объема синтезировать генератор (ПСЧ), который после запуска выдавал бы нам эту информацию. Так как нанотехнологии уже приближаются к своему пределу 10^{10} м, то есть размеру атома.

Конечно, создавать генератор для наперед заданной информации это неосуществимая утопия, но если использовать генератор (ПСЧ) как источник одноразрядной двоичной гаммы опорного носителя, на который мы сможем наложить полезную информацию, именно потому, что эту гамму не нужно хранить в памяти компьютера, а синтезировать каждый раз, когда это будет необходимо.

Рассмотрим работу генератора (ПСЧ) на конкретном примере генератора построенного на кольцевом регистре сдвига представляющего собой цепочку одноразрядных ячеек памяти, в которых может быть записан 0 и 1.

Цепочка замкнута в кольцо (рис. 1).

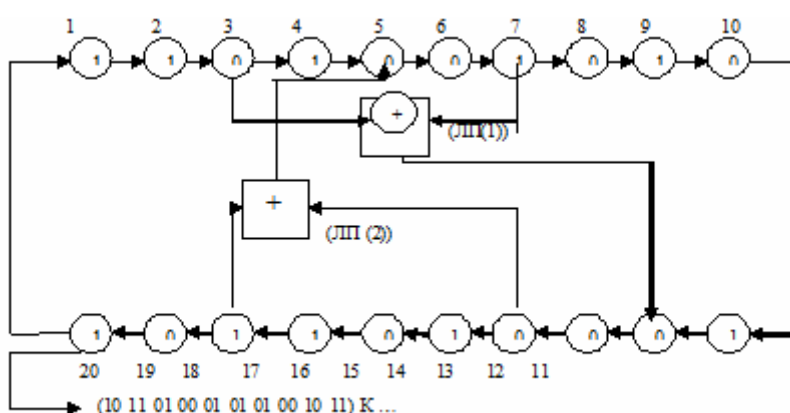


Рис. 1. Генератор (ПСЧ) построенный на кольцевом регистре сдвига

После каждого такта сдвига информация, которая содержится в ячейке, переписывается в ячейку с номером большим на единицу. Таким образом информация предварительно записанная в ячейки

этого кольца будет двигаться по часовой стрелке и через 20 тактов сдвига снова возвращается на свое первоначальное положение. Это похоже на гирлянду бегущих огней если представить вместо единиц в ячейках светящиеся лампочки. Если будем снимать ячейки № 20 информацию то она будет повторяться через каждые 20 тактов сдвига.

Этот кольцевой регистр сдвига еще не является генератором (ПСЧ) для этого в его схему необходимо ввести так называемые логические перемины (ЛП) (не менее 2), которые представляют собой устройство которое контролирует информацию в 2 заданных ячейках и в зависимости от этой информации управляют информацией в третьей ячейке например как в рис. 1. ЛП1 между тактами сдвига считывают информацию в ячейках №3 и №7, складываем ее по модулю 2 $1+1=0$, $1+0=1$, $0+1=1$, $0+0=0$ (то есть двоичное сложение без переноса) и в зависимости от результата управляем информацией в ячейке № 12 при этом если результат сложения (1) то информация не изменяется и если результат (0) то информация в ячейке инвертируется, то есть изменяется на противоположную (0) на (1) а (1) на (0). Таким образом информация записывается перед запуском генератора (ПСЧ) в кольцо регистра (желательно чтобы подряд не шло более трех единиц или нулей) будет в процессе сдвига видоизменяться и на выходе из ячейки № 20 будет выходить не повторяющаяся последовательность единиц и нулей длиной $2^{20} \approx 0^6$. Такую последовательность в дальнейшем будем называть двоичной гаммой

Информация на выходе не повторится через 2^{20} в лучшем случае может случиться что она повторится ранее например через 2^{10} тактов, это будет зависеть от информации записанной в кольцо регистра сдвига и от алгоритма работы логических перемины и каким ячейкам они будут присоединяться. В любом случае 2^{20} тактов могут быть разбиты на несколько периодов которые в сумме будут составлять 2^{20} . Так как в конечном итоге все зависит от кода в кольце, если через какое то количество тактов повторится уже появившийся код то и последовательность повторится именно с этого момента, а кодов длиной 20 может быть 2^{20} . При неблагоприятных обстоятельства в кольце регистра он может быстро вырождаться так как появляется много идущих подряд нулей и /или единиц и гамма быстро повторится. Поэтому необходимо для нашего генератора применять поворотный код, который дает гарантированную длинную двоичную гамму.

Выбрана именно такая схема генератора ПСЧ потому что он обладает одним важным качеством необходимым нам – это обратимость то есть такой генератор (ПСЧ) рекуррентный. При изменении направления вращения в кольцевом регистре сдвига он будет выдавать двоичную гамму в обратном направлении то есть когда информация из ячеек будет переписываться с номером меньшим на 1 от данной то вращение информации в кольце будет против часовой стрелки а логические перемины будут возвращать информацию в первоначальное состояние и коды в кольце будут меняться в обратном направлении. Кроме того код в кольце является идентификатором места на двоичной гамме, поэтому не нужно ставить ни каких счетчиков если нужно отметить какое то место на гамме чтобы потом быстро вернуться на это место то не нужно прогонять генератор (ПСЧ) до этого места достаточно обнулить информацию в кольце регистра сдвига и записать туда код соответствующий этому месту на гамме и генератор начнет выдавать гамму с этого места.

Обратить гамму в противоположном направлении нам необходимо будет когда будем отображать двоичную гамму полезной информации на двоичной гамме генератора (ПСЧ) или будем начинать с конца полезной двоичной гаммы, а чтобы восстановить полезную гамму необходимо будет двигаться от конца гаммы генератора к это началу а так как эту гамму мы в памяти компьютера хранить не будем а просто запустим генератор в обратную сторону.

Так как уже было сказано выше мы будем двоичную гамму полезной информации отображать на двоичной гамме генератора (ПСЧ). После чего полезную информацию мы удалим из памяти компьютера, двоичную гамму генератора также хранить не нужно, остается лишь код кольца регистра сдвига на котором мы закончили работу.

Как же мы можем восстановить полезную двоичную гамму и куда же она делась? В этом и заключается отображение полезной двоичной гаммы на двоичной гамме генератора (ПСЧ).

Назовем двоичную гамму генератора для краткости опорной гаммы. В выбранном начале этой опорной гаммы установим курсор в виде подчеркивания длиной два двоичных разряда установленных сверху над гаммой. Под курсором всегда будет два разряда гаммы. Курсор на полезной гамме сдвигается на соседнюю дистанцию и процедура отображения повторяется пока не кончится

полезная гамма. При этом курсор на опорной гамме уходит все дальше по опорной гамме в право. Процесс восстановления происходит в обратном порядке, информация под курсором на опорной гамме складывается с информации соответствующей длине шага и получаем два разряда полезной гаммы. К сожалению нам не известно длина шага и у нас осталось только место положения курсора на опорной гамме. Для того чтобы предположить предыдущие места курсора на опорной гамме мы используем избыточность то есть будем отображать информацию полезной гаммы одновременно на двух разных гаммах тогда при восстановлении полезной гаммы не зная предыдущее место курсора на верхней гамме мы сделаем шаги всех четырех длин и каждый раз информацию под курсором сложим по модулю 2 с кодом длины шага и получим таким образом четыре варианта. Такой же курсор установим на полезной гамме (рис. 2).

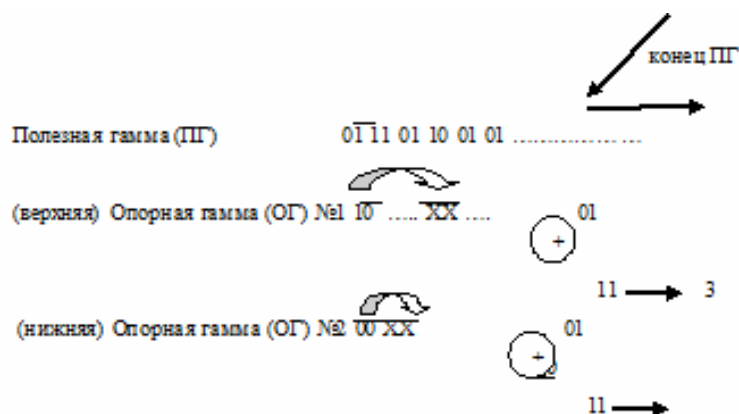


Рис. 2. Отображение информации полезной гаммы одновременно на двух разных гаммах

Полезная информация будет управлять перемещением курсора по опорной гамме, при этом перемещение курсора будет зависеть и от информации под курсором на опорной гамме.

Для этого информация под курсором на полезной гамме складывается (по модулю 2) с информацией под курсором на опорной гамме в результате сложения возможно 4 варианта 01, 10, 11, 00, что будет соответствовать длине шага курсора по опорной гамме на 1, 2, 3, 4 дистанции (1 дистанция – 2 разряда) в приведенном примере на рис. 2 это 3 дистанции.

После этого курсор на опорной гамме перемещается в установленную позицию неопределенности и с каждым шагом в обратном направлении по восстановлению полезной гаммы дерево неопределенности 0 будет увеличиваться. Для борьбы с неопределенностью будем применять многоуровневую избыточность.

Первый уровень мы уже применили у нас была полная неопределенность теперь есть частичная ситуативная.

Второй уровень будет заключаться в следующем: каждый ряд полезной информации перекодируем двумя разрядами 1→01, 0→10. Тогда 2 кода 00 и 11 у нас будут избыточными и когда при восстановлении на опорной гамме будут ситуативно появляться эти коды мы их воспринимать не будем и неопределенность существенно уменьшится, но это будет зависеть от ситуации.

Поэтому применим еще прежний уровень избыточности каждый разряд полезной информации перекодированный двумя разрядами мы будем отображать на опорной гамме по 3 раза подряд. То же самое мы сделаем и на нижней опорной гамме в результате чего мы отбираем информацию только ту что совпадает на верхней и нижней опорных гаммах так как мы одну и ту же информацию под курсором на полезной гамме отображаем на опорных гаммах. А определив информацию мы определим и предыдущие позиции курсоров (рис. 3).

(верхняя) Опорная гамма (ОГ) $0\overline{1}.00.01.\overline{10}$
 (нижняя) Опорная гамма (ОГ) $11.\underline{01}.\underline{11}.11$

Рис. 3. Управление перемещением курсора по опорной гамме

В приведенном примере верхней и нижней опорных гаммах предлагаемая информация совпадает только 01. При этом предыдущее место курсора на нижней опорной гамме определенно абсолютна, а на верхней 2 варианта, то есть возникла неопределенность. В дальнейшем при восстановлении необходимо будет на верхней опорной гамме использовать оба варианта, а там снова будет возникать неустраняемая неопределенность так как эти ситуации будут устраняться еще в процессе отображения. Естественно что это только теория, на практике будут возникать трудности которые необходимо будет преодолевать но эти проблемы будут относиться к программированию. Так, например необходимо иметь 2 опорные гаммы значит необходимо создавать 2 генератора (ПСЧ), но можно обойтись и одним тогда нужно будет расслоить опорную гамму одного генератора взяв в ней разряды через 1 нечетное для первой а четное для второй. Но при этом уменьшится быстродействие, оно и так будет очень низким из-за большой избыточности перекодирования, утроенных две части + незначительная информация ($2 \cdot 3 \cdot 2 = 12$). Для текстовой информации это не существенно, а вот для аудио и видео это значит, что для восстановления 1 часа аудио информации нужна неопределенность на тех ветках, где информация не повторится три раза и более или менее эти ветки можно отследить как не достоверные.

Но главное что в процессе отображения проделав некоторое количество шагов отображения мы будем возвращаться или проверять, как глубоко уходит дерево неопределенности если оно не исчезает совсем, то есть не остается 100 % достоверная информация на определенном количестве шагов применяются дополнительные меры избыточности, небольшие блоки информации, например, числа, имеют номера и они меняются местами. В самых блоках на определенных местах находятся участки с наперед известной незначащей информацией, которую можно менять по заданому алгоритму, тем самым находить ситуации, когда неопределенность устраняется. Таким образом, при восстановлении информации не будет возникать тупиковых ситуаций неопределенности 12 часов, что неприемлемо. Это можно устранить только параллельной работой 12 процессоров или создавать специальные процессоры содержащие устройство отображения- восстановления в необходимых количествах. Процесс отображения будет еще медленнее из-за постоянных возвратов для проверки определенности восстановления. Как уже говорилось для поиска необходимых мест начал глав и разделов необходимо отмечать эти места, запоминая коды кольца регистра сдвига и формируя каталоги с такими кодами.

Результаты исследования. Но, не взирая на все трудности, мы получим принципиально новый вид памяти не требующий носителя, где можно хранить колоссальные массивы информации. Можно сразу ожидать возражения, что информация не сжимается и на одной и той же гамме нельзя записать множество различных видов информации. На что можно возразить, что действительно это так, но мы не будем отображать на одной и той же гамме если возьмем генератор $2^{100} \approx 10^{30}$ бит. Этого хватит на многие годы, чтобы отображать каждый раз на новом участке, кроме того мы можем применять смешанные опорные гаммы, когда к гамме генератора через каждые 10 разрядов будем подмешивать один разряд полезной информации из участка далеко стоящего вправо от курсора, тогда каждой отображаемой информации будет соответствовать единственная на структуре гамма и противоречие будет устранено.

Список используемых источников

1. Akulov L. G., Naumov V. Yu. Storage and protection of computer information. — Volgograd : Volgograd GTU, 2015. — 260 p.
2. Beshenkov S. A., Lyskova Y. V., Rakitina E. A. Information and information processes. — Omsk, 2010. — 180 p.
3. Borisov N. A. Lukin A. A. computer Information network. — M. : EMPA them. A. S. Griboedov, 2012. — 63 p.
4. Bykov A. He who owns the information, or the Staff as a weak element of the security system company // Kadrovik. — 2014. — № 5. — P. 12—14.
5. Dorokhov V. E. Computer network. — M. : EMPA them. A. S. Griboedov, 2011. — 120 p.
6. Kaplunova N. I., Sharygin V. V., Khmel'nyts'kyi S. V. The Concept of development of information resources. // Under the editorship of S. B. Khmel'nitsky. — SPb. : European University at Saint-Petersburg, 2011. — 280 p.
7. Sokolov A. V., Stepanyuk O. M. Methods of information security of objects and computer networks. — M., 2011. — 200 p.
8. Topilin Ya. The regulations on licensing system of access to the information resources of the organization that contain personal data (employees, customers, citizens). — 2013. — № 1. — S. 18 24.
9. Shubin A. S. Our Secret crying out loud.... // Protection inform. Insider. — 2012. — № 1. — S. 19—27.
10. <http://www.aq.ru/about/press-center/news/udobnee-hranit-i-bystrye-schityvat>.
11. <http://www.citforum.ru/cfin/articles/problcorpinf.shtml>.

Victoria KONDRATIIVA, Dmitry CHAIKA
Mykolaiv

**METHOD OF SOFTWARE STORE INFORMATION
THROUGH REFLECTION OF HER ON THE REFERENCE TONES GENERATED
BY THE GENERATOR OF PSEUDO-RANDOM NUMBERS**

Describes a new software method for storing information based on the pseudorandom number generator. The generator is built on the ring shift register.

Key words: pseudo-random number generator, a reference gamma, a circular shift register.

Вікторія КОНДРАТЬЄВА, Дмитро ЧАЙКА
м. Миколаїв

**МЕТОД ПРОГРАМНОГО ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ
ЗА ДОПОМОГОЮ ВІДОБРАЖЕННЯ ЇЇ НА ОПОРНІЙ ГАММІ,
ЯКА ВИРОБЛЯЄТЬСЯ ГЕНЕРАТОРОМ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ**

Розглядається новий програмний метод зберігання інформації на основі генератора псевдовипадкових чисел. Генератор побудований на кільцевому регістрі зсуву.

Ключові слова: генератор псевдовипадкових чисел, опорна гамма, кільцевий регістр зсуву.

Стаття надійшла до редколегії 12.04.2017

МОДЕЛЮВАННЯ ЯВИЩА РЕДУКЦІЇ ПОРОХОВИХ ГАЗІВ У ДУЛЬНОМУ ЗРІЗІ

Пропонується математичну структуру для визначення редукції дульних характеристик потоку за часом, що надає можливість реалізації "безкульового" моделювання процесу витоку порохових газів з дульного отвору під час пострілу, з метою проведення експериментальних досліджень газодинамічної ефективності профілювання внутрішньої порожнини глушника шуму пострілу для стрілецької зброї.

Ключові слова: характеристики потоку, дульний зріз, редукція тиску, швидкоплинні явища.

Постановка проблеми. Більшість досліджень швидкоплинних явищ та процесів відбувається із застосуванням пакетів FEM аналізу, не є винятком і дослідження балістичних процесів пострілу. Балістичні процеси умовно поділяють на внутрішні та зовнішні. Перші відбуваються до вильоту кулі зі ствола та характеризуються перетворенням енергії горіння пороху в потенціальну енергію потоку з подальшим перетворенням її у кінетичну енергію кулі. Зовнішня балістика розглядає політ кулі та вплив на неї навколишніх факторів взаємодії від дульного зрізу і до потрапляння її у мішень включаючи процеси, якими характеризується її повне зупинення.

У балістиці, найбільш проблемними є дослідження явищ на дульному зрізі ствола зброї, де відбувається перехід від внутрішньої балістики до зовнішньої. Дослідження явищ та процесів, що їх характеризують, мають особливе значення у вирішенні прикладних задач розробки новітніх пристроїв безшумної стрільби. Моделювання швидкоплинних у часі процесів внутрішньої балістики є складною ресурсномісткою задачею, що характеризується високими значеннями температурних полів (2500–3000 K) та повного тиску, що може сягати 3200–4500 атм, для стрілової зброї [2, 3]. Моделювання всіх явищ внутрішньої балістики при кожному корельованому дослідженні пострілу з типової зброї є неефективним використанням часового та машинного ресурсу, а тому потребує спрощення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують графіки спаду тиску після вильоту кулі, але вони узагальнюючі для ряду стрілецької зброї, а тому відповідають лише критерію якості, тобто характеру процесу без кількісних величин. Для визначення тиску порохових газів на дульному зрізі у заданий момент часу поширено використовується формула Бравина (1), що визначає характер тенденції спаду та потребує подальшого уточнення коефіцієнтів для кожного окремо калібру з заданим патроном [1, 3]:

$$P_d^* = P_0^* e^{-bt}, \quad (1)$$

де P_0^* – дульний тиск у момент вильоту кулі зі ствола, атм; b – емпіричний коефіцієнт; t – момент часу, с.

У джерелах [4, 5] подається формула розрахунку емпіричного коефіцієнту b , як його прямо пропорційна залежність від площі дульного отвору і дульного тиску у момент вильоту кулі, та обернено пропорційна – від коефіцієнту інерції порохових газів і швидкості потоку газів за кулею у момент її вильоту зі ствола. Відповідний математичний запис залежності виглядає наступним чином:

$$b = \frac{SP_{d0}}{(\beta - 0,5)\omega v_d}, \quad (2)$$

де S – площа прохідного перерізу ствола, мм²; p_{d0} – дульний тиск у момент вильоту снаряда зі ствола, Па;

$\beta \approx \frac{1300}{v_d}$ – коефіцієнт дії інерції порохових газів; v_d – швидкість порохових газів у дульному

зрізі у момент вильоту снаряда зі ствола; ω_d – масова швидкість потоку.

У [4] пропонується ряд допущень, які спрощують використання наведеної вище формули, наприклад, що швидкість потоку v_d дорівнює швидкості кулі у момент вильоту її з дула. В свою чергу, в результаті проведення ряду газодинамічних досліджень було виявлено, що на протязі основного часу витоку порохових газів спад швидкості потоку у дульному зрізі сягає 15–20 % від швидкості кулі у дульному зрізі в залежності від її калібру.

Ряд проведених досліджень з моделювання пострілу та витоку порохових газів зі стволів калібрів .338, .300 та .223 з подальшим апроксимуванням їх графіків падіння характеристик у дульному зрізі виявив, що запропонована залежність (2) недостатньо точно корелює графікам дослідно отриманих характеристик (див. рис. 1). У часовому співвідношенні, графіки на рис.1 показують, що редукція потоку за формулою (2) проходить у 3-4 рази швидше ніж під час проведення дослідного розрахунку.

У зв'язку з цим, з метою проведення більш коректного моделювання процесу «без кульового» витікання потоку порохових газів з дульного отвору, що надає можливості реалізувати дослідження ефективності глушника, формула Бравіна потребує уточнень емпіричного коефіцієнта b та перегляду його математичної структури.

Метою роботи є розробка універсальної математичної структури для визначення емпіричного коефіцієнта для розрахунку редукції дульних характеристик потоку за часом.

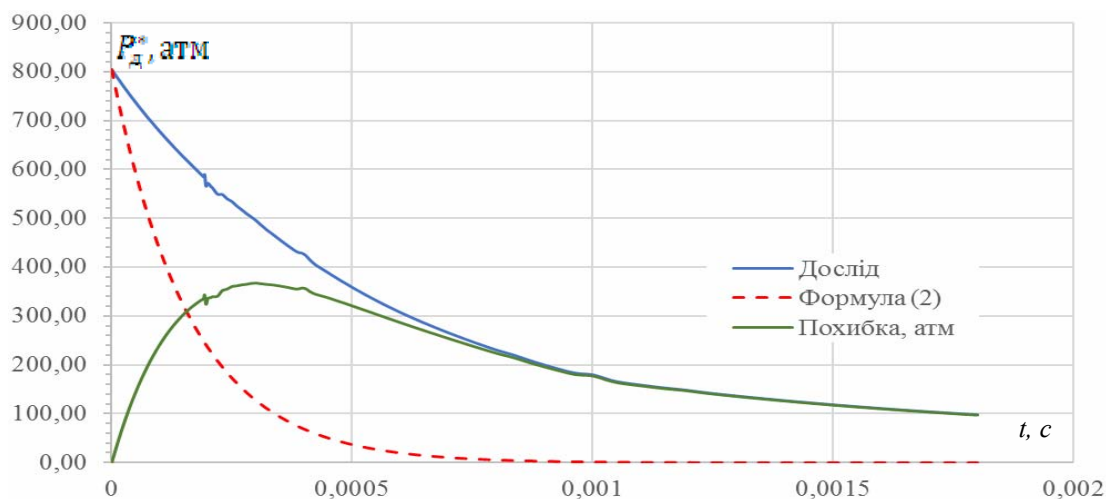


Рис. 1. Порівняння характеристик спаду повного тиску за часом у дульному зрізі

Основна частина. Газодинамічний розрахунок потоку реалізується з використанням часових залежностей редукції трьох дульних характеристик потоку: повного та статичного тисків, а також статичної температури. В свою чергу запропонована залежність (2) дозволяє дещо уточнити зміну повного тиску, але не має можливості встановити інші дві характеристики, тому є необхідність пошуку універсальної математичної структури опису означених вище часових залежностей зміни дульних характеристик.

Авторами пропонується залежність (3), що реалізувала достатню точність обумовлення процесу редукції параметрів потоку порохових газів.

$$b = \frac{\alpha \theta_0}{\beta + \gamma t}, \quad (3)$$

де θ_0 – дульний параметр потоку (P_0^* , P_0^{st} , T_0^{st}) у момент вильоту кулі зі ствола, атм, К; α – емпіричний коефіцієнт, що корегує швидкість редукції; β – інтегруючий коефіцієнт, що корегує пологість процесу; γ – фактор впливу часу на зміну характеристик; t – момент часу, с.

Як видно з наведеної формули (3) залежність було уніфіковано для визначення редукції параметрів повного і статичного тиску та параметру статичної температури у часі, що є необхідними для "безкульового" моделювання пострілу при дослідженнях зовнішньої балістики.

Дослідження потоку порохових газів проводилося із застосуванням пакетів FEM аналізу. Вирішувалася двовимірною задачею моделювання пострілу з карабіну Savage 110 BA з довжиною ствола 24"

та патроном. 338 Lapua Magnum. У ході розрахунку використовувалася динамічна сітка з 300 тис. розрахунковими елементами, де мінімальний розмір елементу склав 0.4 мм. Початкові умови: повний тиск 3900 атм, температура 2700 К, корельована маса кулі 10.5 гр. Число Куранта 1.5, та часовий шаг $5e-07$ с. Розрахунковий час процесу протяжністю у 2.2 мкс склав приблизно 4 доби машинного часу.

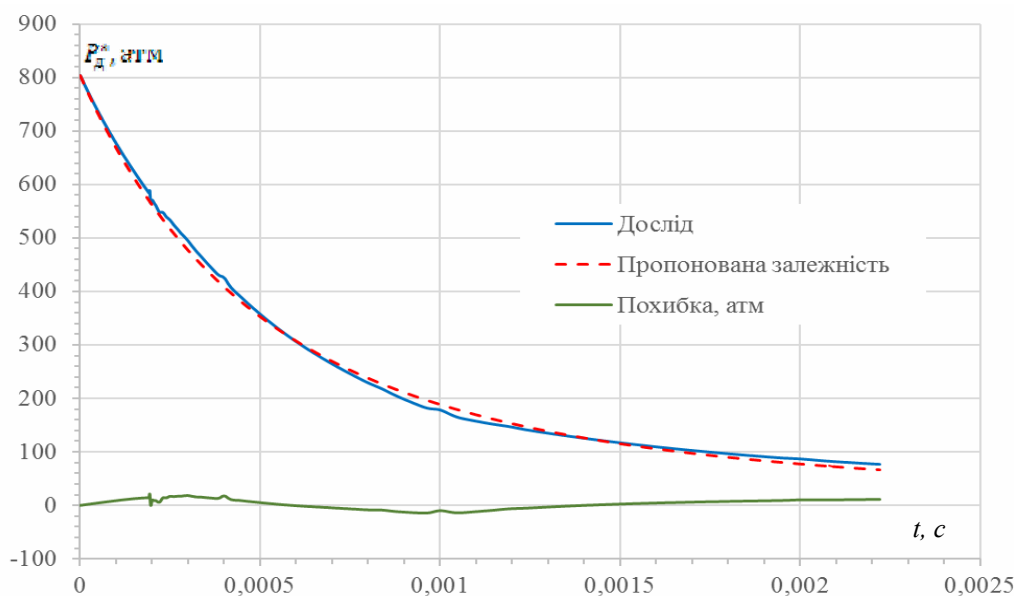


Рис. 2. Порівняння характеристик спаду повного тиску за часом у дульному зрізі

Провівши дослідження балістики для калібру .338 та проаналізувавши зняті графіки редукції цільових характеристик було отримано шукані коефіцієнти (3) з наступними значеннями:

- для повного тиску: $\alpha = 0,9$, $\beta = 0,38$, $\gamma = 120$;
- для статичного тиску: $\alpha = 0,9$, $\beta = 0,28$, $\gamma = 25$;
- для статичної температури: $\alpha = 0,5$; $\beta = 2,4$; $\gamma = 500$;

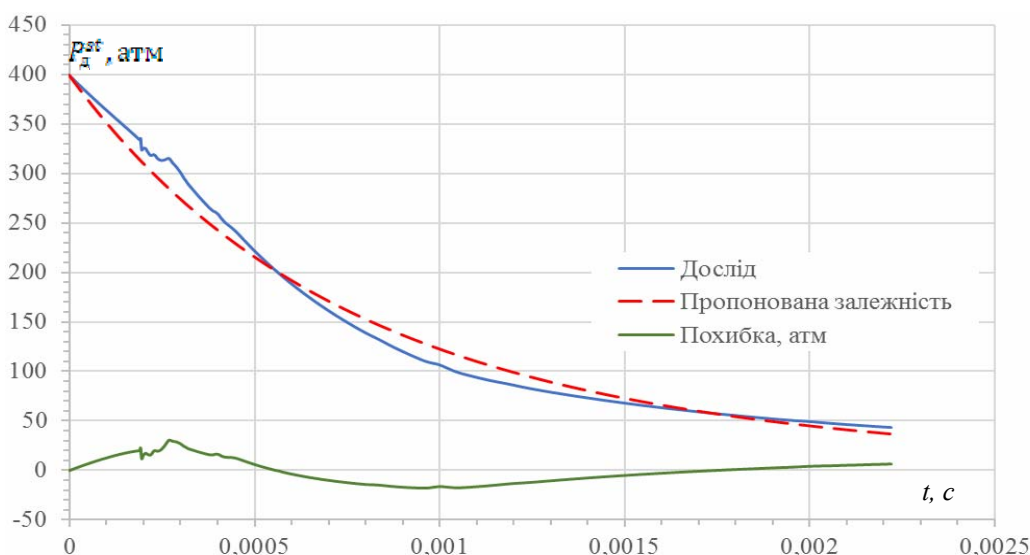


Рис. 3. Порівняння характеристик спаду статичного тиску за часом у дульному зрізі

На рис. 2–4 зображено порівняння редукції дульних характеристик повного і статичного тисків та статичної температури, значення яких були визначені за запропонованою залежністю (3), зі знятими значеннями з дослідного розрахунку.

Абсолютна похибка при визначенні редукції повного тиску для калібру. 338 патрон Lapua Magnum коливається у діапазоні 20 атм на досліджуваному інтервалі 0,0022 с (див. рис. 2), де за точку відліку

часу прийнято момент проходження дна кулі через дульний зріз. Середня похибка склала 2,5 атм, що у відносному значенні $\varepsilon_{\text{ср}}$ становить 0,5 %.

На рис. 3 відображено максимальну абсолютну похибку визначення статичного тиску, яка сягає 36 атм, що пов'язано з коливаннями характеристик потоку у дульному зрізі від впливу на нього кулі. Вплив кулі провокує появу ділянки графіку з лінійною залежністю редукції потоку та потребує складної структури опису характеристики. Тому з метою спрощення залежності вплив кулі пропонується нівелювати, оскільки наявність кулі спотворює процес, а самі пульсації мають незначний характер. Середнє значення похибки для визначення статичного тиску на дульному зрізі у заданий момент часу складає $-0,6$ атм, що у відносному значенні $\varepsilon_{\text{ср}}$ становить $-0,3$ %.

Подібний вплив кулі на зміну характеристик потоку спостерігається і на графіку редукції статичної температури (див. рис. 4). Середнє значення похибки для визначення статичної температури складає 7,9 атм, що у відносному значенні $\varepsilon_{\text{ср}}$ становить 0,72 %.

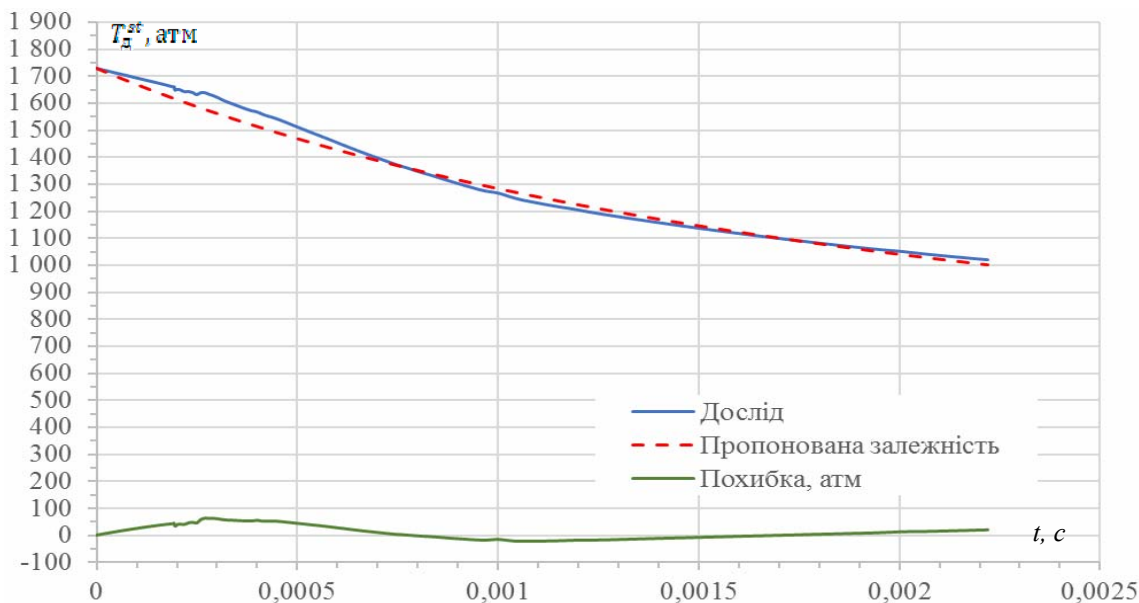


Рис. 4. Порівняння характеристик спаду статичної температури за часом у дульному зрізі

Проведений порівняльний аналіз побудованих графіків дозволяє стверджувати про достатньо високу адекватність отриманих розрахунковим способом характеристик потоку на дульному зрізі з використанням запропонованої авторами залежності (3). Запропоновану математичну структуру можливо використовувати при встановленні подібних характеристик потоку і для інших калібрів. Так наприклад, для калібру 300 з патроном 7,62x39 були встановлені наступні коефіцієнти зі зазначенням середньої відносної похибки:

- для повного тиску: $\alpha = 0,9$, $\beta = 0,21$, $\gamma = 53$, $\varepsilon_{\text{ср}} = 0,6$ %;
- для статичного тиску: $\alpha = 0,9$, $\beta = 0,084$, $\gamma = 30$, $\varepsilon_{\text{ср}} = 2,1$ %;
- для статичної температури: $\alpha = 0,9$, $\beta = 1,0$, $\gamma = 300$, $\varepsilon_{\text{ср}} = 0,5$ %.

Висновки та перспективи. В результаті проведених досліджень було винайдено математичну структуру, що уточнює значення емпіричного коефіцієнту b для формули Бравіна. Структуру було уніфіковано з метою застосування формули Бравіна для визначення інших часових залежностей редукції цільових характеристик потоку, що надало можливість реалізувати "безкульове" моделювання процесів витікання порохових газів з дульного отвору під час пострілу. Надалі планується уточнити значення коефіцієнтів α, β, γ для інших калібрів.

Список використаних джерел

1. Левинсон Я. И. Аэродинамика больших скоростей (газовая динамика) / под ред. Б. Я. Шумяцкого. — М. : Государственное издательство оборонной промышленности, 1950. — 352 с.
2. Оружие пехоты: Энциклопедия стрелкового оружия / Пер. с англ. Шант К. — М. : Омега, 2007. — 256 с.
3. Проектирование ракетных и ствольных систем / Под ред. Б. В. Орлова. — М. : Машиностроение, 1974. — 828 с.
4. Ручное огнестрельное оружие бесшумного боя / Н. А. Коновалов. — Днепропетровск : НАН Украины и НКА Украины, Институт технической механики, 2008. — 303 с.

5. Шмидт Э. М., Горднер Р. Э., Фанслер К. С. Поле течения при вылете снаряда из ствола, «Аэрокосмическая техника» // Материалы из журналов Американского института аэронавтики и астронавтики, тематический выпуск. Аэродинамика летательных аппаратов и их элементов. Т. 3, № 4, апрель. — 1985. — С. 126—128.

Dmitry KOTLYAR, Dmitry VOLIK

Mykolaiv

MODELING OF THE POWDER GAS REDUCTION PROCESS IN THE GUN MUZZLE

In the article is represented mathematic model for definition of gas flow parameters reduction near gun's muzzle which gives possibility to calculate gunpowder gases flow out of barrel without bullet motion modeling. That is done in order to perform experimental research of efficiency of profiling inner shape of sound suppressor for gun.

Key words: flow characteristics, muzzle cut, pressure reduction, short-term process.

Дмитрий КОТЛЯР, Дмитрий ВОЛИК

г. Николаев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ РЕДУКЦИИ ПОРОХОВЫХ ГАЗОВ В ДУЛЬНОМ СРЕЗЕ

Предлагается математическая структура для определения редукции дульных характеристик потока по времени, что предоставляет возможность реализации "беспулевого" моделирования процесса истечения пороховых газов из дульного отверстия во время выстрела, с целью проведения экспериментальных исследований газодинамической эффективности профилирования внутренней полости глушителя шума выстрела стрелкового оружия.

Ключевые слова: характеристики потока, дульный срез, редукция давления, быстротечные явления.

Стаття надійшла до редколегії 01.04.2017

УДК 514.18

Олена КРЕМЕНЧЕНКО

elena.krem.elena@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0160-7114

Єлизавета ЗАВАЛКО

asklepia2012@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4401-1388

Анатолій ХОМЧЕНКО

khan@chmnu.edu.ua

м. Миколаїв

КОГНІТИВНО-ГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЬНОГО РЯДУ СЕРЕНДИПОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ: ПАРИТЕТ ОБ'ЄМІВ

У статті представлено новий ряд моделей, які мають одну загальну специфічну властивість – паритет об'ємів. Завдяки комп'ютерній візуалізації аналізуються поверхні кутових вузлів, тому що саме на них навантаження від одиної масової сили є аномальним. Наведено різні інтерпретації інтегральних характеристик базисних поліномів: геометрична, фізична, ймовірнісна. Наявність нестандартних базисів відкриває необмежені можливості для створення модельного ряду скінченних елементів з наперед заданими інтегральними характеристиками.

Ключові слова: ізопараметричні апроксимації, модельний ряд, скінченний елемент серендипового сімейства, геометричний підхід, паритет об'ємів, нестандартні базисні функції, «приховані» параметри.

Серендипові скінченні елементи (ССЕ), в порівнянні з лагранжевими, спрощують та прискорюють процес обчислень і тим самим дозволяють ефективніше використовувати методи обчислювальної математики. Проте ці елементи ще недостатньо вивчені, тому дослідження їх властивостей є актуальним.

Сьогодні в теорії серендипових апроксимацій з'явилися нові підходи і нестандартні моделі [1], завдяки яким можна зменшити об'єм обчислень та підвищити точність. Історія ССЕ почалася з роботи Зенкевича, Ергатудіса та Айронса в 1968 р. [2]. У своїй роботі [3] Зенкевич звертає увагу на парадокс «від'ємних навантажень», але радить змиритись з фізично аномальним розподілом, адже математично локалізація навантажень виконана правильно. У 1982 р. вперше вдалося застосувати геометричний, а також ймовірнісно-геометричний підхід на ССЕ [4], що забезпечує математичну обґрунтованість і фізичну адекватність нових (альтернативних) моделей.

Розглянемо серендиповий скінченний елемент – квадрат розміром 2×2 , на границях якого рівномірно розташовано 12 вузлів (бікубічна інтерполяція).

Інтерполяційний поліном зручно записати в формі Лагранжа:

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^{12} N_i(x, y) \cdot f_i, \quad (1)$$

де $N_i(x, y)$ – базисні функції, які мають наступні властивості:

$$N_i(x_k, y_k) = \begin{cases} 1, & i = k, \\ 0, & i \neq k, \end{cases} \sum_{i=1}^{12} N_i(x, y) = 1. \quad (2)$$

Матричний метод, що панує в МСЕ, передбачає складання і рішення СЛАР з матрицею 12×12 . В результаті ми отримаємо лише стандартний базис.

Функція кутової поверхні $N_1(x, y)$ стандартної моделі:

$$N_1(x, y) = \frac{1}{32} (1-x)(1-y)(9x^2 + 9y^2 - 10). \quad (3)$$

Комп'ютерну візуалізацію та лінії нульового рівня стандартного кутового елемента показано на рисунку 1.

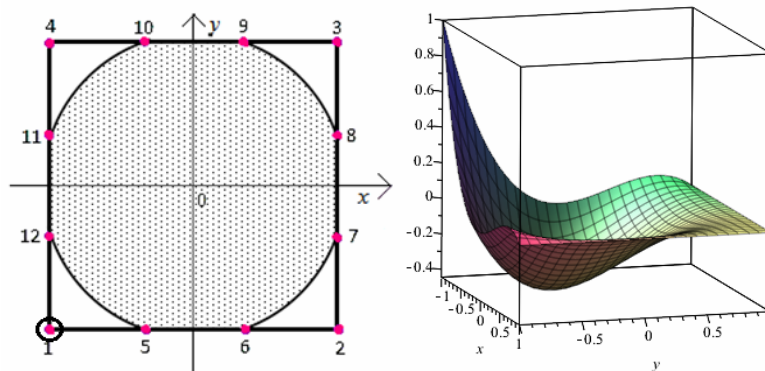


Рис. 1. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ стандартної моделі

Вузлові навантаження від одиничної масової сили визначаються за формулою інтегрального середнього:

$$\gamma_i = \frac{1}{S} \iint_{\omega} N_i(x, y) dx dy, \quad (4)$$

де $N_i(x, y)$ – базисна функція відповідної моделі; ω – область інтегрування; S – площа області ω .

Навантаження на кутові вузли стандартного елемента серендипової сім'ї згідно з формулою (4):

$$\gamma_i = -\frac{1}{8}, \quad i = 1, 2, 3, 4;$$

Формула (4) є теоремою про середнє значення в інтегральному обчисленні, тобто γ_i – середня апліката, а це означає, що сумарний об'єм, який обмежується проміжними поверхнями є надлишковим, зменшити його можна за допомогою балансування.

Множина нестандартних базисів утворюється за допомогою зваженого усереднення:

$$\bar{N}_1(x, y) = \alpha \cdot N_1^{st}(x, y) + (1 - \alpha) \cdot N_1^{alt}(x, y). \quad (5)$$

Проінтегрувавши формулу (5) отримаємо,

$$\bar{\gamma}_1(x, y) = \alpha \cdot \gamma_1^{st} + (1 - \alpha) \cdot \gamma_1^{alt}. \quad (6)$$

Задаючи номер вузла та навантаження на нього, можна створювати новий базис з наперед заданими характеристиками, маючи лише стандартний та будь-який альтернативний.

На рисунках 2–10 представлено лінії нульового рівня та комп'ютерну візуалізацію модельного ряду нестандартних моделей, наведено формули відповідно. Візуалізацію представлено в масштабованому вигляді.

$$N_1(x, y) = \frac{1}{256} (1 - x)(1 - y)(-8 - 9(x + y + x^2 + y^2 + 10xy + 9x^2y + 9xy^2)). \quad (7)$$

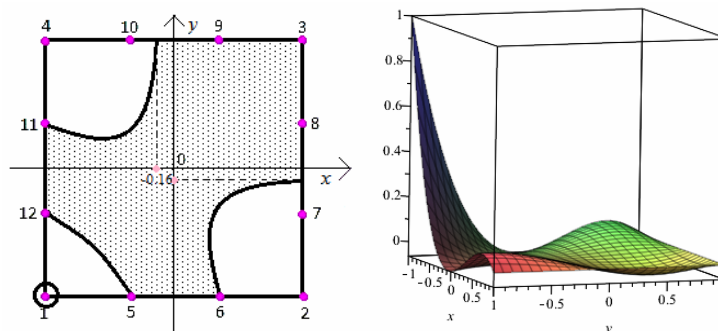


Рис 2. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ моделі А

$$N_1(x, y) = \frac{1}{256}(1-x)(1-y)(-8+9(x+y+x^2+y^2-2xy-3x^2y-3xy^2+4x^2y^2)). \quad (8)$$

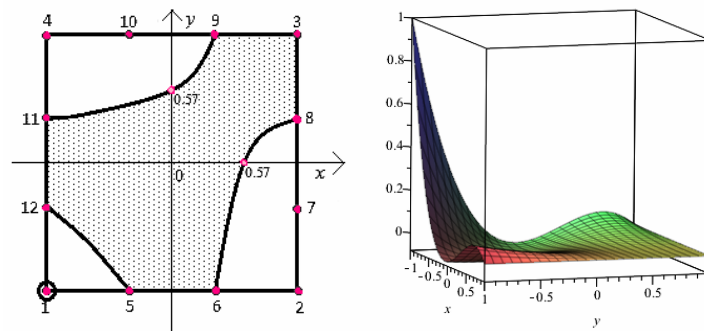


Рис. 3. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ моделі В

$$N_1(x, y) = \frac{1}{128}(1-x)(1-y)(-4-9(x+y+x^2+y^2+4xy+3x^2y+3xy^2-2x^2y^2)). \quad (9)$$

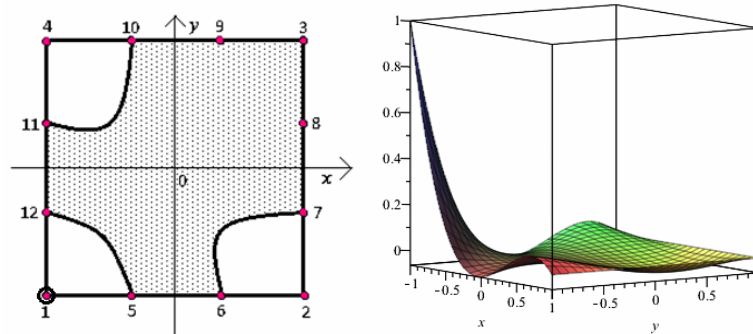


Рис. 4. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ моделі С

$$N_1(x, y) = \frac{1}{128}(1-x)(1-y)(1+3x)(1-3y)(-4-6x-3y-9xy). \quad (10)$$

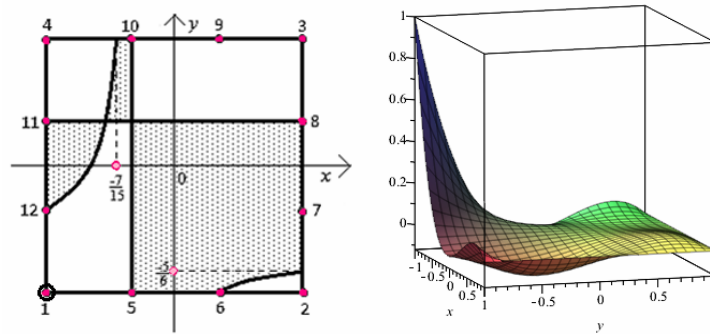


Рис. 5. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ моделі D

$$N_1(x, y) = \frac{1}{128}(1-x)(1-y)(1-3x)(1+3y)(-4-3x-6y-9xy). \quad (11)$$

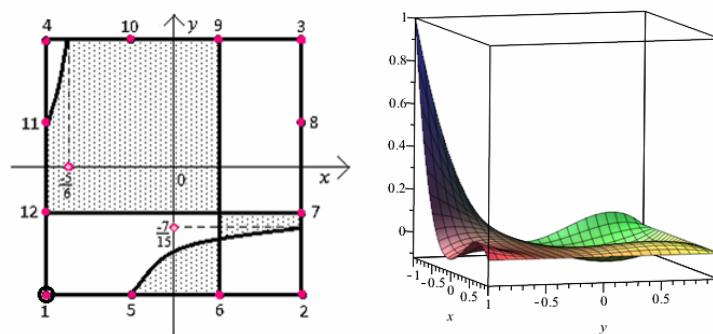


Рис. 6. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ моделі E

$$N_1(x, y) = \frac{1}{64}(1-x)(1-y)(-2+9(x^2-y^2+x+y-x^2y-xy^2)). \quad (12)$$

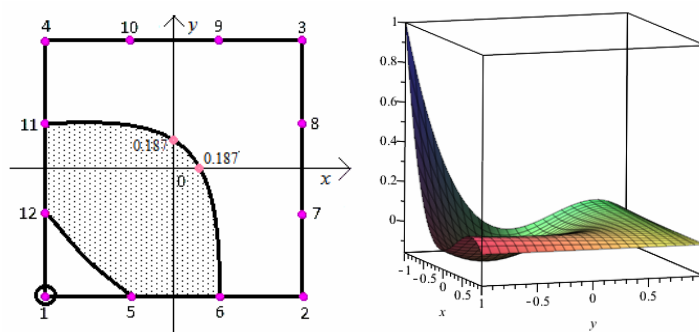


Рис. 7. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ моделі F

$$N_1(x, y) = \frac{1}{256}(1-x)(1-y)(-8-9(x^2+y^2+x+y-9x^2y-9xy^2-8xy-18x^2y^2)). \quad (13)$$

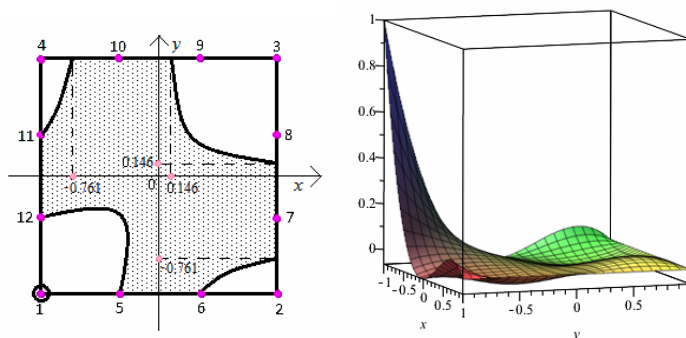


Рис. 8. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ моделі G

$$N_1(x, y) = \frac{1}{32}(1-x)(1-y)(9(x^2+xy+y^2+x+y)-1). \quad (14)$$

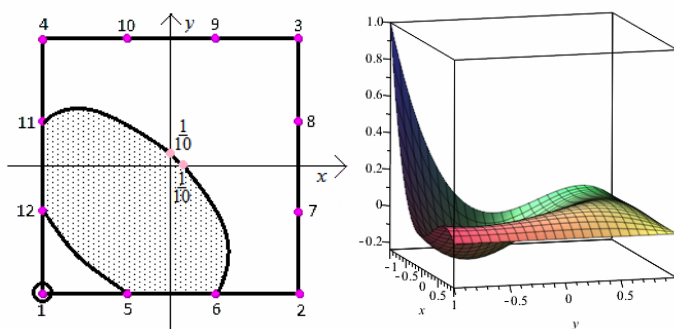


Рис. 9. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ моделі H

$$N_1(x, y) = \frac{1}{32}(1-x)(1-y)(3xy-1)(3xy+1). \quad (15)$$

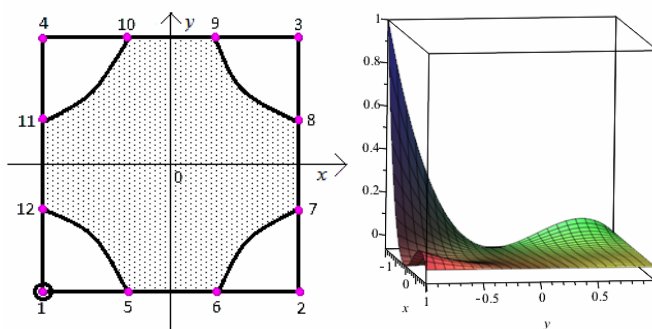


Рис. 10. Лінії нульового рівня та візуалізація кутової поверхні $N_1(x, y)$ моделі I

Зауважимо, що модельний ряд елементів з паритетом об'ємів побудовано вперше.

Скориставшись формулою (4) для всіх моделей цього ряду, отримаємо $\gamma_i = 0$, де $i = 1, 2, 3, 4$.

З ймовірнісної точки зору маємо функцію випадкового вектору з нульовим математичним сподіванням, а з фізичної – кутові вузли не приймають участі у розподілі навантажень від одиничної масової сили.

З геометричної точки зору це означає, що об'єм над і під лінією нульового рівня однаковий. Інакше кажучи, маємо паритет об'ємів—специфічну властивість.

Таким чином, наявність нестандартних базисів ізопараметричних апроксимацій відкриває необмежені можливості для створення модельного ряду СЕ з наперед заданими інтегральними характеристиками.

Список використаних джерел

1. Хомченко А. Н. Стереометрія ізопараметричних апроксимацій: нестандартні базиси / А. Н. Хомченко, О. С. Кременченко, Є. А. Завалко // Геометричне моделювання та інформаційні технології. — № 2. — Миколаїв : МНУ імені В. О. Сухомлинського, 2016. — С. 106—110.
2. Ergatoudis I. Curved isoperimetric «quadrilateral» elements for finite element analysis / I. Ergatoudis, B. M. Irons, O. C. Zienkiewicz // Int. J. Solids Struct.— 1968. — 4. — P. 31—42.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. — М. : Мир, 1975. — 541 с.
4. Хомченко А. Н. Некоторые вероятностные аспекты МКЭ / А. Н. Хомченко. — Ивано-Франковск, 1982. — 6 с. Деп. в ВИНТИ, № 1213.

Елена КРЕМЕНЧЕНКО, Елизавета ЗАВАЛКО, Анатолий ХОМЧЕНКО

г. Николаев

КОГНИТИВНО-ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЬНОГО РЯДА СЕРЕНДИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ: ПАРИТЕТ ОБЪЕМОВ

В статье представлен новый ряд моделей, которые имеют одно общее специфическое свойство - паритет объемов. Благодаря компьютерной визуализации анализируются поверхности угловых узлов, так как именно на них нагрузки от единичной массовой силы являются аномальными. Приведены различные интерпретации интегральных характеристик базисных полиномов: геометрическая, физическая, вероятностная. Наличие нестандартных базисов открывает неограниченные возможности для создания модельного ряда конечных элементов с наперед заданными интегральными характеристиками.

Ключевые слова: изопараметрические аппроксимации, модельный ряд, конечный элемент серендипового семейства, геометрический подход, паритет объемов, нестандартные базисные функции, «скрытые» параметры.

Elena KREMENCHENKO, Elizaveta ZAVALKO, Anatoly KHOMCHENKO

Mykolaiv

COGNITIVE-GRAPHIC ANALYSIS OF SERENDIPITY ELEMENTS: PARITY OF VOLUMES

The article presents a new lineup with a common specific feature - parity of volumes. With computer imaging analyses of the surface of the corner nodes, because their load from a single mass force is abnormal. Different interpretations of integral characteristics of basic polynomials: geometrical, physical, probabilistic are shown. Availability of non-standard basis-soffers unlimited abilities for creating a lineup of finite elements with predetermined integral characteristics.

Key words: isoparametric approximation, lineup, the finite element of serendipity family, geometric approach, parity of volumes, non-standard basis functions, "hidden" parameters.

Стаття надійшла до редколегії 01.04.2017

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ПОШТИ ВІД СПАМУ

У роботі досліджено методи фільтрації електронної кореспонденції, проаналізовано їх переваги та недоліки, рівень реалізації в поштових програмах, що дозволило визначити найбільш ефективні й перспективні з точки зору практичного застосування. Розглядаються такі методи фільтрації, як «чорні списки», авторизація поштових серверів, «сірі списки», статистичні методи фільтрації спаму, фільтри, що побудовані з використанням технологій штучного інтелекту. Наведено класифікацію методів спам-захисту, яка базується на двох основних підходах фільтрації – за способом посилки листа (формальні методи) та за його змістом (семантичні методи фільтрації). Визначено, що формальні методи вимагають постійного оновлення списків доступу, створюючи додаткове навантаження на користувача, завдяки чому вони були віднесені до малоефективних технологій фільтрації. Фільтри, побудовані з використанням семантичних методів, а саме з використанням нейромереж, вимагають навчання тільки на початковому етапі, довчаючись надалі самостійно, істотно знижуючи при цьому навантаження на користувача. В результаті проведеного дослідження встановлено, що розвиток, розробка семантичних методів, які базуються на використанні нейромереж, є актуальною задачею.

Ключові слова: фільтрація спаму, «чорні списки», «сірі списки», формальні методи фільтрації, семантичні методи фільтрації.

Постановка проблеми. Фахівці інформаційної безпеки змушені усе більше сил і часу приділяти боротьбі з SPAMом тому, що такі розсилення завдають серйозної шкоди інформаційним системам.

За останні роки було винайдено чимало способів боротьби з небажаною кореспонденцією. На жаль, зловмисники стежать за протидією поширенню SPAMа й винаходять всі нові прийоми для обходу фільтрів. До того ж нерідко фільтрація SPAM-листів приносить більше шкоди, чим користі: разом з рекламою не доходять до адресата й важливі ділові або особисті повідомлення. Таким чином, всі дослідження в області боротьби з незапитуваною кореспонденцією надзвичайно актуальні в цей час.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз, розробку методів розпізнавання спаму досліджено в роботах О. М. Певзнера, М.О. Семенової, А.М. Мироненка, Г. Робінсона, П. Грехама, Викас П. Дешпанде [1–6]. Кожен із методів має свої переваги та недоліки, для практичного застосування необхідно виконати їх класифікацію за функціональністю, сферою застосування, ефективністю тощо.

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз та класифікація методів розпізнавання спама для виявлення переваг й недоліків існуючих підходів фільтрації електронної кореспонденції й визначення перспективних підходів антиспамового захисту, які знаходяться в розробці.

Виклад основного матеріалу. Комплексний захист від спаму складається з наступних етапів: аналіз відправника; використання фільтрів; аналіз змісту листа. Технічно дані етапи базуються на двох основних підходах фільтрації SPAM – фільтрація за формальними ознаками повідомлення (за способом посилки й оформленню) й за його змістом (семантичні методи фільтрації) (рис. 1). Формальні методи включають фільтрацію за списками (поштових адрес, IP-адрес) та за формальними ознаками листа (наявність багатьох відправників, відсутність одержувача, формат, розмір тощо).

Фільтрація з використанням «чорних списків» у цей час є, мабуть, найпоширенішим способом. «Чорні списки» діляться на два види: статичні й динамічні. Статичні «чорні списки» представляють собою списки адрес електронної пошти й доменів. При виявленні листа, відправленого з одного з таких адрес або доменів, сервер блокує даний лист. Багато програм фільтрації електронної пошти

дозволяють поповнювати ці списки новими адресами, з яких ведеться розсилання SPAM-листів і підтримувати власні «чорні списки».

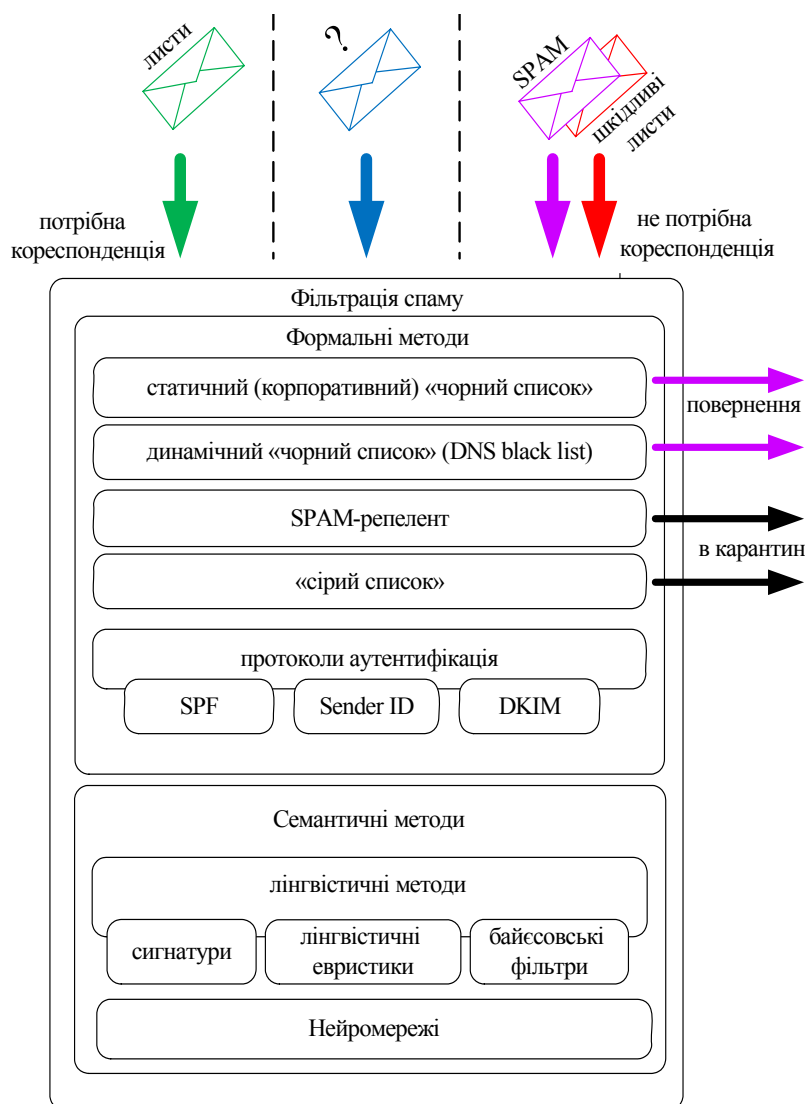


Рис. 1. Класифікація методів SPAM – фільтрації

Як правило, відновлення статичних «чорних списків» виконується вручну. Дана обставина є мінусом, тому що вимагає додаткових тимчасових ресурсів адміністратора.

Динамічні «чорні списки» (DNSBL – DNS black list) істотно відрізняються від статичних. DNSBL є мережною службою, яка надається провайдером «чорних списків». Ці провайдери відслідковують адреси IP (іноді й імена доменів), скомпрометовані зловмисниками. Поштові фільтри, що підтримують застосування динамічних «чорних списків», формують запит до провайдера «чорного списку», який містить адресу відправника, а також адреси поштових серверів, через які проходив лист шляхом до одержувача. Якщо при виконанні запиту з'ясується, що адреса є в «чорному списку» провайдера послуги, то висока ймовірність того, що лист є SPAMом. Звернення до служб динамічних «чорних списків» здійснюється через службу DNS для перевірки, чи не міститься в списках SPAMерів адреси IP, перераховані в заголовку листа.

Для постійного поповнення «чорних списків», як правило, використовуються наступні методи: поштові сервери-«пастки» (SPAM-traps). Ці сервери емулюють звичайний MTA (Mail transfer agent), записуючи при цьому IP-адреси комп'ютерів, що розсилають SPAM; скарги користувачів на SPAM-листи; автоматичне поповнення списків у результаті роботи інших фільтрів (наприклад, ймовірно-статистичних фільтрів Байєса).

Серед переваг даного методу фільтрації листів варто виділити: практично будь-який MTA вміє звертатися до DNSBL, для цього не потрібна установка додаткового програмного забезпечення; системному адміністратору немає необхідності брати участь в обслуговуванні й підтримці «чорних списків».

Недоліками підходу є: різні «чорні списки» мають різну ефективність. Щоб вибрати оптимальний набір таких списків, необхідний час на проведення досліджень; при зверненні до великої кількості «чорних списків» за допомогою DNS-запитів може різко зростати завантаженість каналу. На кожне вхідне з'єднання MTA буде відправляти один запит до кожного сервера «чорного списку», зазначеному у файлі конфігурації; деякі «чорні списки» вносять широкі діапазони адрес різних провайдерів і вимагають оплати за видалення; не виключена ймовірність помилок другого роду при аналізі листа.

Технологія фільтрації SPAM-репелент (spam-repellent) заснована на особливостях протоколу SMTP. В RFC 2821 сказано, що клієнт SMTP повинен чекати відгуку сервера при встановленні з'єднання протягом, принаймні, п'яти хвилин. У програмному забезпеченні розсилання SPAM-листів (SPAM-автомат) складно встановлювати такий тривалий період очікування. Використовуючи дану особливість SPAM-автомата, сервер-одержувач може навмисно поставити затримку перед відгуком, розраховуючи на те, що автомат перестане чекати або сервер, який ним використовується, встигне за час затримки потрапити в «чорні списки» DNSBL. У подібній ситуації SPAM-автомат може або завершити з'єднання, не дочекавшись відгуку, або почати передачу повідомлення негайно без очікування відгуку. В останньому випадку сервер-одержувач скидає з'єднання й ніяких даних не приймає. Основні труднощі полягають у виборі затримки. Дана технологія була реалізована в поштовому сервері «Kerio Mail Server», який дозволяє налаштувати величину затримки. Розроблювачі рекомендують вибирати максимальний час затримки рівний 30 с, при цьому сервер відфільтровує від 50 до 70 % SPAM-листів, що є перевагою даного методу.

Серед недоліків варто виділити наступне: не всі MTA підтримують технологію SPAM-репелент; SPAM-репелент не ефективний, якщо SPAM-листи пересилаються через відкритий поштовий ретранслятор, який перебуває в Інтернеті і є повноцінним MTA, і якщо в скриньку користувача перенаправляється пошта з іншої скриньки, не захищеної від SPAM-листів; не виключена ймовірність помилок другого роду при збільшенні затримки.

Принцип дії «сірих списків» (greylisting) як і SPAM-репелентів засновано на тактиці розсилання SPAM-листів: як правило, SPAM-листи розсилаються в дуже короткий час. Робота «сірих списків» полягає в навмисній затримці листів на короткий час. При цьому адреса й час пересилання заносяться в базу даних «сірого списку», а клієнтові SMTP відсилається повідомлення про тимчасову помилку. Згідно RFC 2821, клієнт SMTP повинен зберегти лист у черзі й повторити пересилання протягом п'яти днів. У загальному випадку інтервал очікування варто робити не меншим за 30 хвилин, однак підходи зі змінним часом очікування будуть давати переваги в тих випадках, коли клієнт SMTP може визначити причину невдачі передачі листа.

При використанні даної технології виникає досить серйозна проблема: «сірий список» може затримувати листи на інтервал часу аж до п'яти днів. Даний метод можна поліпшити, доповнивши його підтримкою одного із протоколів аутентифікації, наприклад, SPF, який дозволяє розпізнати підробку e-mail-адрес. Таким чином, ті листи, які задовольняють SPF можна не перевіряти на «сірі списки». Даний синтез дозволить скоротити час затримки більшої частини корисної кореспонденції. Переваги «сірих списків» – фільтрація до 50 % SPAMa.

Найпоширенішими технологіями аутентифікації на рівні SMTP є SPF (Sender Policy Framework), Sender ID і DKIM (DomainKeys Identified Mail).

SPF дозволяє власникові поштового домена сформулювати політики, тобто описати, у якому ступені він рекомендує довіряти тим або іншим серверам, що відправляють пошту від імені поштових адрес у цьому домені, а одержувачеві листа перевірити, чи відповідають два параметри: IP-адреса сервера відправника й адреса, зазначена в листі – політиці домена, якому ця адреса належить.

Суть технології полягає в наступному: в DNS-запис домена додається спеціальне поле типу .txt, що містить інформацію про сервери, яким дозволено або заборонено відправляти пошту від імені даного домена. Крім того, запис може містити опис політики поведінки для всіх сторонніх серверів. В SMTP-сесії при одержанні mail приймаюча сторона робить DNS-запит, одержує SPF-запис і порівнює

IP-адресу сторони, що посилає SMTP-сесії з SPF-політикою. Результатом є рекомендація із одержання або неодержання листа.

Недоліки використання SPF для фільтрації пошти: аналіз SPF-політики для прийнятої пошти вимагає модифікації ПЗ поштових серверів; при буквальному виконанні SPF-політики можуть бути відкинуті легітимні листи.

Технологія Sender ID була розроблена в Microsoft на основі технології SPF і є сумісною з нею. Даний метод аутентифікації відправників E-mail реалізований у сервісах Microsoft: Hotmail і MSN. Спочатку дана технологія мала назву Caller ID. Sender ID, як і SPF, використовує ті ж самі txt-записи ресурсів DNS. Основне розходження між SPF і Sender ID полягає в тому, що Sender ID перевіряє адреси «from», що містяться в тілі повідомлення e-mail, а не тільки адреси відправника рівня SMTP.

Ще однією технологією для аутентифікації e-mail відправників є DKIM (DomainKeys Identified Mail), яка є об'єднанням розробок DomainKeys фірми «Yahoo!» і Internet Identified Mail фірми «Cisco». DKIM працює як стандартна криптосистема. Власник поштового сервісу (відправник) генерує пару криптоключів (відкритий і закритий). При цьому допускається генерація декількох криптопар. Відкритий ключ публікується в записах DNS, а закритий зберігається на поштовому сервері, що підтримує DKIM. Кожне вихідне повідомлення забезпечується підписом, що зберігається в його заголовку. МТА на стороні одержувача за допомогою публічного ключа перевіряє, чи дійсно підпис було згенеровано доменом, зазначеним в адресі відправника. Дана технологія в цей час застосовується компанією «Google» для позначення всієї вихідної кореспонденції цифровим підписом DomainKeys.

Недоліками DKIM є: необхідність серверів і для вихідної і для вхідної пошти; додаткові накладні витрати на обробку поштових повідомлень; збільшення частоти перегляду записів DNS.

Семантичні методи передбачають розпізнавання за змістом листа (словосполучення, евристики, статистика) або розпізнавання за зразками листів (за сигнатурами). Для роботи семантичних методів використовуються фільтри здатні до самонавчання, при цьому необхідно здійснювати їх початкове навчання, тобто розсортовувати вручну листи для виявлення статистичних особливостей нормальних листів і SPAM. Таким чином, задача фільтрації SPAM, розглядається як задача класифікації – визначення належності об'єкта (електронного повідомлення) до одного з заздалегідь виділених класів (спам і «не спам») на підставі аналізу сукупності ознак, що характеризують даний об'єкт.

Теорема Байєса лежить в основі багатьох сучасних систем штучного інтелекту, призначених для роботи в умовах невизначеності. Такі системи дають ймовірнісну оцінку, тому звичайно не заміняють експерта, а забезпечують підтримку прийняття рішення.

Нехай $F_S(W_i)$ – кількість SPAM-листів, у яких зустрілося слово W_i , а $F_{NS}(W_i)$ – кількість корисних листів, у яких зустрілося слово W_i ; H_S – гіпотеза про те, що лист є SPAMом, H_{NS} – корисний лист. Тоді ймовірність того, що поява слова W_i у листі означає SPAM, обчислюється за формулою:

$$P(W_i | H_S) = \frac{F_S(W_i)}{F_S(W_i) + F_{NS}(W_i)},$$

а ймовірність того, що слово W_i не вказує на SPAM у листі:

$$P(W_i | H_{NS}) = \frac{F_{NS}(W_i)}{F_S(W_i) + F_{NS}(W_i)}.$$

Якщо вектор W включає всі m слів нового листа, то ймовірність того, що він SPAM, обчислюється за формулою Байєса таким чином:

$$P(H_S | W) = \frac{\prod_{j=1}^m P(W_j | H_S)}{\prod_{j=1}^m P(W_j | H_S) + \prod_{j=1}^m P(W_j | H_{NS})}.$$

Віднесення листа до SPAMу або корисних листів виконується з врахуванням заданого програмістом, адміністратором, користувачем поштової програми спам-фільтрації значення ймовірності, яке становить 0,6–0,8. Після ухвалення рішення щодо класифікації листа в базі даних обновляються ймовірнісні бази для слів, які входять до нього.

В основі фільтра лежить список ознак, за якими проводиться аналіз повідомлення і обчислюється умовна ймовірність спамності за кожного ознакою. Загальна ймовірність спаму повідомлення

визначається за одним з методів: 1) об'єднуються всі ймовірності за теоремою Байєса; 2) ймовірності комбінуються і перевіряються на скільки отримана множина схожа з випадковою (метод Фішера).

Основним недоліком Байєсівського класифікатора є припущення, що події, які відповідають наявності того чи іншого слова в електронному листі або повідомленні, є незалежними по відношенню один до одного, тобто всі слова статистично незалежні. Це спрощення в загальному випадку є невірним для природних мов таких як англійська, де ймовірність виявлення прикметника підвищується за наявності, наприклад, іменника.

Висновки і перспективи досліджень. Максимальний результат, досягнутий байєсовськими фільтрами складає близько 95 % відфільтрованого спаму. Існують безліч модифікацій, які дозволяють збільшити ефективність фільтра: метод градуйованої фільтрації «спаму», який забезпечує підвищення якості оцінок даних за рахунок врахування наступних параметрів – кількості листів, в яких зустрічалися слова певної категорії, частоти використання слів у листах певної категорії, використання слів, що вперше зустрілися в листі і не існували до цього в базі [6]; побудова фільтра на основі багатоваріантного перцептрона, що дозволяє враховувати семантичні зв'язки автоматично [4].

Перевага нейромережевого підходу перед наївним Байєсовським класифікатором полягає в тому, що не робиться ніяких попередніх припущень про характер небажаних повідомлень, а семантичні зв'язки враховуються автоматично. Малодослідженим залишається питання використання нейромереж, що добре зарекомендували себе в задачах розпізнавання образів, окремим випадком яких є фільтрація спаму. Таким чином, розвиток нейромережевого підходу стосовно фільтрації небажаних повідомлень є актуальним завданням.

Список використаних джерел

1. Graham P. A Plan for Spam / P. Graham, 2002. — Режим доступу: <http://www.paulgraham.com/spam.html>.
2. Robinson G. A Statistical Approach to the Spam Problem / G. Robinson // Linux Journal, 2003. — Issue #107. — Режим доступу: <http://www.linuxjournal.com/article/6467>.
3. Vikas P. Deshpande. An Evaluation of Naive Bayesian Anti-Spam Filtering Techniques / Vikas P. Deshpande, Robert F. Erbacher, Chris Harris // Proceedings of the 2007 IEEE Workshop on Information Assurance United States Military Academy, West Point, 2007. — NY 20—22 June. — Режим доступу: <http://digital.cs.usu.edu/~erbacher/publications/Bayes-Vikas2.pdf>.
4. Мироненко А. Н. Алгоритм контентной фильтрации спама на базе совмещения метода опорных векторов и нейронных сетей : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.19 «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность» / А. Н. Мироненко. — СПб., 2012. — 18 с.
5. Певзнер О. М. Моделивання та аналіз ефективності зниження спам-ризиків за допомогою марківської фільтрації // Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці та освіті» (Кривий Ріг, 26—28 квітня 2005 р.). — С. 156—164.
6. Семенова М. А. Модель и метод градуированной фильтрации «СПАМА»: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.19 «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность» / М. А. Семенова — СПб., 2009. — 20 с.

Kateryna KUZMA, Vasyl ZIVENKO

Mykolaiv

ANALYSIS OF METHODS OF EMAIL FILTERING FROM SPAM

In this work the methods of filtering e-mail, their strengths and weaknesses, the level of implementation in the e-mail programs have been analysed, that allowed to define the most effective and practical of them for use. Filtering techniques such as the «black list», the authorization of mail servers, «grey listing», statistical methods of filtering spam, filters, based on intellectual technologies are considered.

The classification of spam-protection methods based on two main approaches of filtering – way of sending a letter (formal methods) and analyzing the contents of the letter (semantic filtering methods) have been proposed. During research was determined that formal methods require constant updating access lists, creating an additional burden on the user, thus allowed to assign them to ineffective filtering technologies.

Filters based on neural networks require training initially, proceeding learning independently in a future, significantly lowering the burden on the user. In a result was proved that development of semantic methods based on the use of neural networks is an actual scientific research.

Key words: spam filtering, «black list», «grey listing», formal methods of filtering, semantic filtering methods.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОЧТЫ ОТ СПАМА

В работе исследованы методы фильтрации электронной корреспонденции, проанализированы их преимущества и недостатки, уровень реализации в почтовых программах, что позволило определить наиболее эффективные и перспективные с точки зрения практического применения. Рассматриваются такие методы фильтрации, как «черные списки», авторизация почтовых серверов, «серые списки», статистические методы фильтрации спама, фильтры, построенные с использованием технологий искусственного интеллекта. Приведена классификация методов спам-защиты, которая базируется на двух основных подходах фильтрации – по способу отправки письма (формальные методы) и по его содержанию (семантические методы фильтрации). Определено, что формальные методы требуют постоянного обновления списков доступа, создавая дополнительную нагрузку на пользователя, что позволило отнести их к малоэффективным технологиям фильтрации. Фильтры, построенные с использованием семантических методов, а именно с использованием нейросетей, требуют обучения только на начальном этапе, дообучаясь в дальнейшем самостоятельно, существенно снижая при этом нагрузку на пользователя. В результате проведенного исследования установлено, что развитие, разработка семантических методов, основанных на использовании нейронных сетей, является актуальной задачей.

Ключевые слова: фильтрация спама, «черные списки», «серые списки», формальные методы фильтрации, семантические методы фильтрации.

Стаття надійшла до редколегії 23.03.2017

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).

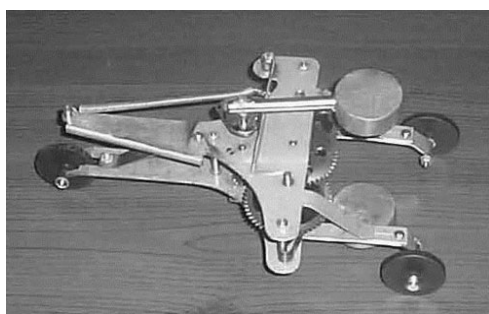


Рис. 1. Інерціоїд В. М. Толчина

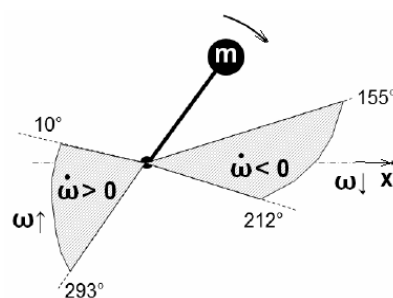


Рис. 2. Режим руху вантажу

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 поведінки інерціоїда спричинює необхідність припустити, що порушуються закони механіки Ньютона. Адже можливість створення зазначеного руху 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).

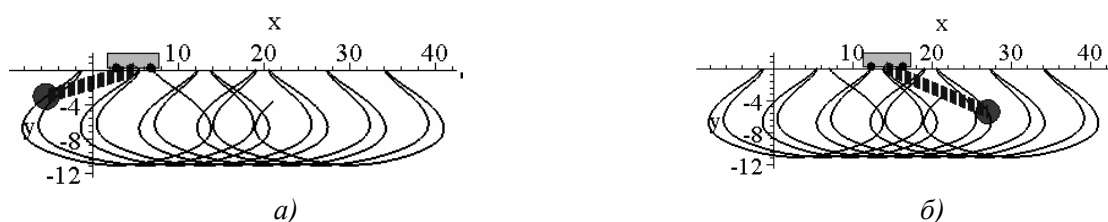


Рис. 3. Коливання 2d-пружинного маятника під візком [4]
при значеннях $m_1 = 150$; $m_2 = 40$; $k = 250$ і $d = 5$

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.

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]

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

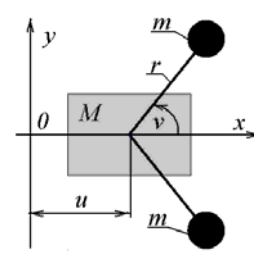


Рис. 4. Схема інерціоїда
В. М. Толчина

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

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

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

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

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

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:

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

Далі наведемо розрахунок інерціоїда В. М. Торчина з параметрами $M = 15$; $r = 1$; $m = 3$ і з початковими умовами $u_0 = 0$; $u'_0 = Du_0$; $v_0 = 0$; $v'_0 = Dv_0$.

Зазначені умови слід інтерпретувати так. Маятники починають рухатися з початку координат (умова $u_0 = 0$) і з положення перпендикулярно осі Ox (умова $v_0 = \pi/2$). Візку у напрямку осі Ox надається початкова швидкість значенням $u'_0 = Du_0$. А кутам відхилення маятників надається початкова швидкість значенням $v'_0 = Dv_0$. Зазначимо, що при від'ємному Dv_0 «верхній» маятник буде рухатися 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 $Du_0 = 1$; $Dv_0 = -1$.

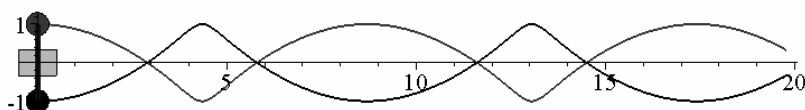


Рис. 5. Обчислені траєкторії руху вантажів маятників

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.

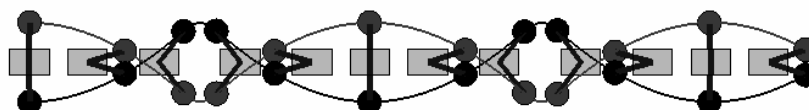


Рис. 6. Анімаційні кадри розрахованих фаз руху інерціоїда

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 коливної системи, яка складається з візка та підвішених до нього двох маятників. Для опису динаміки руху цієї коливної системи використаємо рівняння Лагранжа другого роду.

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:

$$\begin{aligned} (m_0 + m_1 + m_2) \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) - m_1 d_1 \cos(v(t)) \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) - m_2 d_2 \cos(w(t)) \left(\frac{d^2}{dt^2} w(t) \right) + \\ + m_1 d_1 \sin(v(t)) \left(\frac{d}{dt} v(t) \right)^2 + m_2 d_2 \sin(w(t)) \left(\frac{d}{dt} w(t) \right)^2 = 0. \\ -m_1 d_1 \cos(v(t)) \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + m_1 d_1^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) + m_1 d_1 g \sin(v(t)) = 0. \\ -m_2 d_2 \cos(w(t)) \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + m_2 d_2^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} w(t) \right) + m_2 d_2 g \sin(w(t)) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

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 інерції і значення початкових умов. При цьому головною «експлуатаційною» характеристикою також буде переривчастість переміщення візка праворуч.

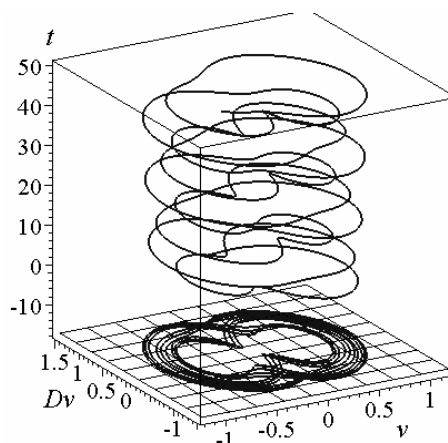


Рис. 8. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $v(t)$ для довільного значення m_2

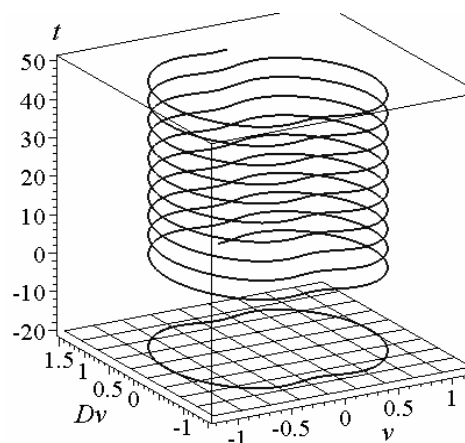


Рис. 9. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $v(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$

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 $m_2 = 2$.

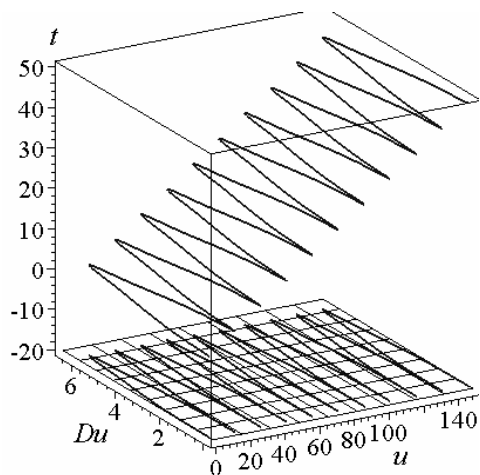


Рис. 10. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $u(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$

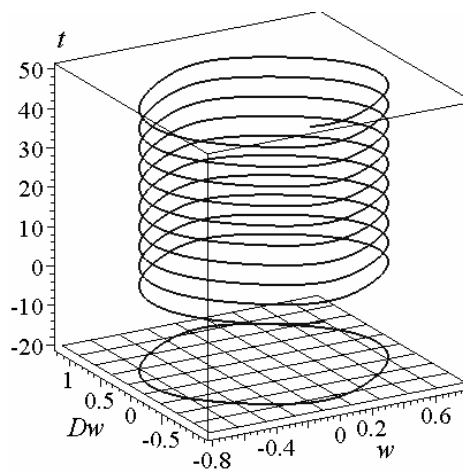


Рис. 11. Інтегральна крива і фазова траєкторія узагальненої координати $w(t)$ для значення параметра $m_2 = 2$

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 $u_0 = 0$; $u'_0 = 0$; $v_0 = 0$; $v'_0 = 1$; $w_0 = 1$ 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.

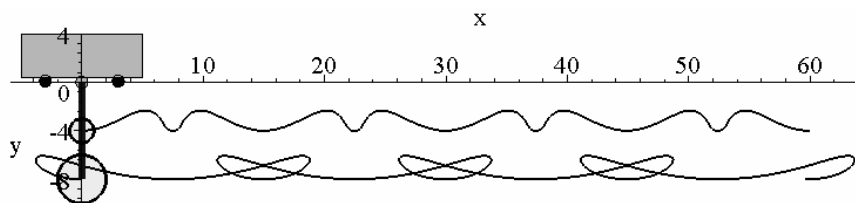


Рис. 12. Обчислені траєкторії руху вантажів маятників

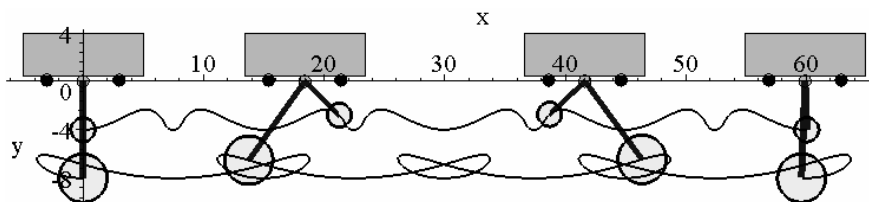


Рис. 13. Зображення деяких фаз коливань маятників під візком

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. Инерциод. Силы инерции как источник поступательного движения / В. Н. Толчин. — Пермь, Пермское книжное издательство, 1977 г. — 103 с. Електронний ресурс. Режим доступу: http://second-physics.ru/lib/books/tolchin_inertcioid.djvu.
2. Шипов Г. И. 4D гироскоп в механике Декарта / Г. И. Шипов // Кирилица, 2006, 74 с. Електронний 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. — Вып. 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 / Вып. 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 / Вып. 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 ИНЕРЦИОИДА 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 образуются 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

УДК 681.3

Олександр МЕЛЬНИК

mlnk74@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9778-4109

Віктор МЕЛЬНИК

mlnk47@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6981-5046

м. Миколаїв

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВИХ УПОРНИХ ПІДШИПНИКІВ

Необхідність забезпечення працездатності упорних вузлів тертя потребує вирішення важливої для суднової енергетики наукової задачі – визначення основних причин нестабільної роботи цих опор. У процесі досліджень необхідно вимірювати товщини мастильних плівок під кожною несучою поверхнею тертя підшипника, частоти обертання диска і гребеня, а також середню температуру мастила в несучих зазорах. Для реєстрації і обробки цієї інформації до експериментальної установки підключають інформаційно-вимірну систему на базі ПК, що дозволить одночасно фіксувати показники різних датчиків. Розробці цієї системи та опису її застосування присвячено цю статтю.

Ключові слова: упорний підшипник, поверхня тертя, несуча здатність, інформаційно-вимірнувальна система, датчик.

Останнім часом спостерігається зростання потужностей турбомашин. Це тягне за собою збільшення осьових зусиль, що діють на ротор, частоти його обертання і габаритів упорних вузлів. Так, наприклад, потужність сучасних стаціонарних газових турбін досягає 280 МВт, а частота обертання ротора десятків тисяч обертів на хвилину. Найменше порушення балансування ротора може викликати руйнування підшипника. У таких жорстких експлуатаційних умовах ці підшипники виявляються недостатньо довговічними [1, 2]. Тому в даний час ведуться різні конструктивні розробки по підвищенню несучої здатності упорних підшипників ковзання (УПК). При розрахунках несучої здатності підшипників кінцевої і нескінченної ширини спостерігається істотна відмінність, отже, зменшення бічних витоків мастила повинно збільшити несучу здатність підшипника.

УПК сучасних високошвидкісних турбомашин мають порівняно великі витрати потужності на тертя, вони складають 1–2 % від потужності двигуна. Для зменшення втрат потужності на тертя в упорних гідростатичних підшипниках конструкторами запропоновано підшипник із застосуванням плаваючого диску (ПД) [3]. Упорний гідростатичний підшипник з плаваючим диском показаний на рис. 1.

При заданій кутовій швидкості обертання упорного гребеня диск плаває в певному стійкому положенні і обертається зі швидкістю, що дорівнює приблизно половині швидкості обертання гребеня. Момент тертя цього підшипника складає менше половини моменту тертя упорного гідростатичного підшипника звичайного типу з такою ж формою несучих поверхонь, що і у підшипника з плаваючим диском. Зниження моменту тертя пов'язане з тим, що швидкість обертання упорного гребеня значно менше (приблизно в два рази) швидкості гребеня по відношенню до корпусу у стандартного підшипника.

В даний час особливий інтерес представляє дослідження несучої здатності і динамічних характеристик УПК з ПД, що працює в режимі гідродинамічного змащування. У процесі досліджень динаміки таких підшипників треба вимірювати товщину мастильних плівок під кожною несучою поверхнею тертя підшипника, частоти обертання диску і гребеня, а також середню температуру мастила в несучих зазорах [4].

Щоб реєструвати і обробляти цю інформацію, необхідно до експериментальної установки підключити інформаційно-вимірну систему на базі ПК. Для одночасної фіксації показників різних датчиків пропонується застосування універсальної лабораторної установки на базі мікропроцесору.

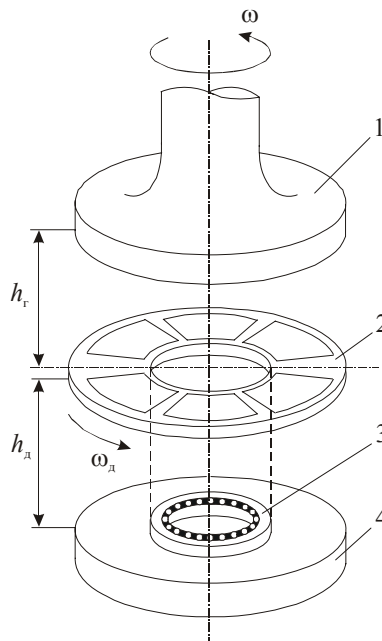


Рис. 1. Гідростатичний упорний підшипник з плаваючим диском:
1 – гребінь; 2 – плаваючий диск; 3 – радіальний шарикопідшипник;
4 – підкладне кільце

Для цифрової обробки сигналів необхідно мати аналогово-цифровий перетворювач сигналу і програмне забезпечення, що реалізує алгоритми його попередньої цифрової обробки.

За допомогою мікропроцесору можна здійснювати дискретизацію аналогових сигналів, накопичення даних при декількох реалізаціях експерименту, їх осереднення, отримання спектру сигналу, його фільтрацію і передачу в комп'ютер для подальшої інтерпретації результатів експерименту на базі математичної моделі процесу або явища [5].

Експериментальні дослідження підшипника із пружним кільцем проводилися на сталих режимах роботи при постійній швидкості обертання і заданому статичному навантаженню. У процесі досліджень безупинно вимірялися товщини масляних плівок несущих поверхонь тертя, звернених до дзеркала підкладного кільця, частоти обертання гребеня і середня температура мастила. Ці параметри застосовувалися для оцінки працездатності підшипника.

Схема лабораторної установки представлена на рис. 2.

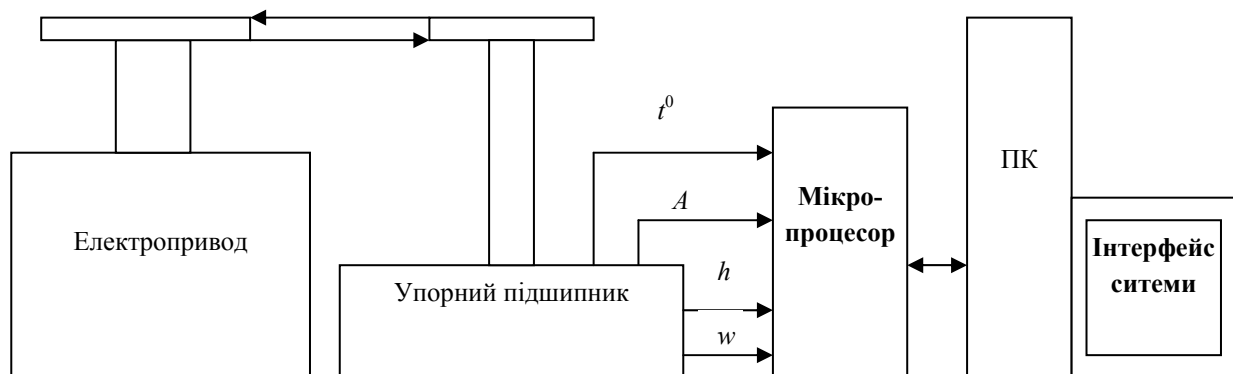


Рис. 2. Схема лабораторної установки:
сигнали датчиків: t^0 – температура; A – амплітуди биття гребеня;
 h – товщина зазору; w – частота обертання диску

Апаратуру і датчики, що призначені для дослідження стійкості процесу рідинного режиму тертя, можна поділити за призначенням на чотири групи. Перша призначена для виміру амплітуд торцевого биття гребеня; друга – для безупинного виміру і контролю товщини несущого зазору; третя – для виміру частоти обертання ротора і диску, що плаває; четверта – для виміру і контролю температури мастильної плівки.

До першої групи відноситься багатооборотний індикатор з ціною ділення 1 мкм. До другої – трансформаторний датчик, генератор стабільного перемінного струму низької частоти, осцилограф. При осьових переміщеннях ПД, що виконує роль якоря, міняється магнітний опір датчика і величина магнітного потоку. При цьому у вторинній обмотці виникає ЕДС. Її величина зворотно пропорційна товщині масляного шару в несучому зазорі підшипника в місці установки датчика.

Третя група містить у собі індукційний датчик, що виготовлено аналогічно трансформаторному. Для визначення частоти обертання диска служить трансформаторний датчик, при цьому його первинна обмотка відключалася від генератора. Використання цього датчика дозволило істотно підвищити точність вимірів.

До складу четвертої групи входить вимір температури в несучому зазорі підшипника, який здійснюється компенсаційним методом.

Трансформаторний датчик для виміру товщини мастильної плівки і частоти обертання ПД встановлюється на середньому радіусі ПД у східчастий отвір, що просвердлено в підкладному кільці з боку його робочої поверхні і заливається епоксидною смолою. Встановлений трансформаторний датчик дозволяє безупинно контролювати вихідні імпульси на осцилографі в момент проходження робочих поверхонь тертя ПД над поверхнею цього датчика.

Схема підключення датчиків представлена на рис. 3.

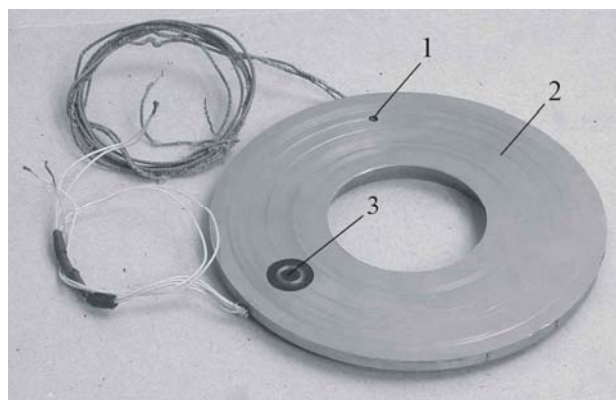


Рис. 3. Підкладне кільце із вбудованими датчиками:
1 – хромель-копелева термопара; 2 – підкладне кільце;
3 – трансформаторний датчик для виміру товщини мастильного шару

Індукційний датчик для виміру частоти обертання ротору прикріплено до твердої стійки напроти гвинта, укрученого в різбовий отвір тіла диску з боку його циліндричної поверхні. За допомогою цього гвинта можна регулювати інтенсивність сигналу, реєстрація якого здійснюється осцилографом. У момент проходження виступаючої частини гвинта над чуттєвою площиною індукційного датчика на осцилограмі фіксується різкий стрибок. Частота обертання ротору визначалася по відстані між сусідніми стрибками. Аналогічно вимірюлася частота обертання ПД за допомогою трансформаторного датчика при відключеній первинній обмотці. Тут частота диска визначається по відстані між сигналами, викликаними формою профілю робочих поверхонь ПД.

Хромель-копелева термопара встановлюється в отвір діаметром 1,5 мм, що просвердлено в підкладному кільці, на глибині 1–2 мм від його дзеркала і залито епоксидною смолою. Вивід спаїв термопари здійснюється через корпус експериментальної голівки аналогічно обмоткам трансформаторного датчика. Вимір температури здійснюється у середньому радіусі ПД.

Амплітуда торцевого биття гребеня і жорсткість пружного кільця визначається перед початком, і після закінчення досліджень. Торцеве биття дзеркала гребеня вимірюється індикатором з точністю до 1 мкм при відсутності ПД у корпусі підшипника. Виміри проводять через кожні 30° кута повороту ротору. Перед початком вимірів (кут повороту ротора 0°) стрілка індикатора ставиться в нульове положення. Початок відліку для ротора визначається візуально, по розмаху стрілки індикатора. На рис. 4 показано зареєстрований сигнал, що демонструє зміну товщини мастильного шару в підшипнику.

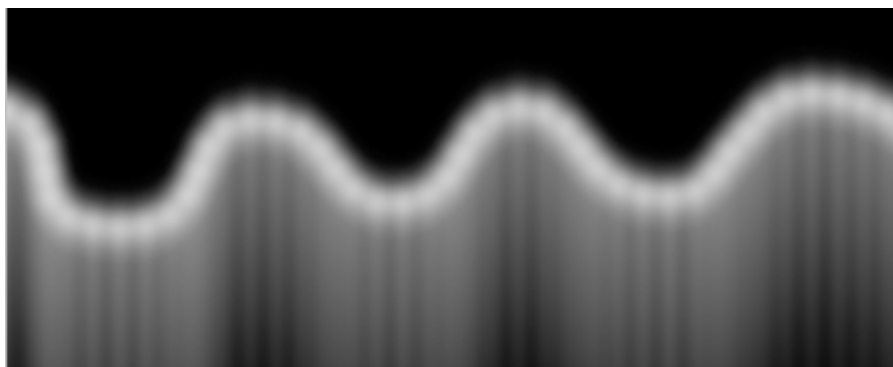


Рис. 4. Файл із зображенням осцилограми

Виділяючи границю, знаходять різницю між максимальним та мінімальним значенням координат з осередненням по довжині контуру.

Апаратне забезпечення інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) включає в себе:

1. Систему вимірювання та управління;
2. Систему комутації;
3. Систему передачі даних;
4. Лабораторну установку.

Для здійснення необхідних вимірювань, а також генерації сигналів використовується набір плат введення-виведення, що встановлюються на PCI-шині лабораторного сервера. Для автоматизованого підключення до досліджуваної схеми тих чи інших елементів використовується комутатор, що знаходиться безпосередньо в лабораторній установці. Управління комутатором здійснюється за допомогою цифрових портів плати вводу-виведення.

В результаті застосування ІВС вдалося автоматизувати процес реєстрації сигналів датчиків і їх обробки, що дозволить проводити широкомасштабні дослідження упорних підшипників.

Список використаних джерел

1. Подольский М. Е. Упорные подшипники скольжения: Теория и расчет // М. Е. Подольский. — Л. : Машиностроение, 1981. — 216 с.
2. Никитин А. К. Гидродинамическая теория смазки и расчет подшипников скольжения, работающих в стационарном режиме / А. К. Никитин, К. С. Ахвердиев, Б. И. Острухов. — М. : Наука, 1981. — 316 с.
3. Харада М. Статические характеристики гидростатического упорного подшипника с плавающим диском / М. Харада, Дж. Цукадзаки // Современное машиностроение: Тр. амер. общ-ва инж.-мех. Сер. А. — 1989. — № 11. — С. 97—104.
5. Романовский Г. Ф. Экспериментальные исследования упорного подшипника с плавающим диском при торцовых биениях гребня / Г. Ф. Романовский, Н. Я. Хлопенко, А. В. Мельник // Проблемы трибологии (Problems of tribology). — Хмельницкий : ТУП, 2001. — № 3. — С. 48—52.
6. Парахуда Н. М. Информационно-измерительные системы / Н. М. Парахуда, Б. Я. Литвинов. — СПб. : СЗТУ, 2002. — 74 с.

Olexandr MELNIK, Victor MELNIK
Mykolaiv

INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR REGISTRATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF SHIPBOARDING BEARINGS

The need to increase the bearing capacity and ensure the stable performance of the thrust bearing assemblies, the lack of studies of the dynamic processes in the oil film of the bearing friction surfaces, required the solution of an important scientific task for ship power engineering, which consists in determining the main causes of the unstable operation of this support. In the process of research, it is necessary to measure the thickness of oil films under each bearing bearing friction surface facing the backing ring, the rotational speed of the disc and the ridge, and the average oil temperature in the bearing gaps. In order to register and process this information, it is necessary to connect an information and measuring system based on a PC to the experimental installation, which allows simultaneously recording the indicators of various sensors. The construction of this stand and the description of its work is devoted to this article.

Key words: thrust bearing, friction surface, bearing capacity, information-measuring system, sensor.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВЫХ УПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ

Необходимость обеспечения стабильной работоспособности узлов упорных подшипников требуют решения важной для судовой энергетики научной задачи, которая состоит в определении основных причин нестабильной работы этих опор. В процессе исследований необходимо измерять толщины масляных пленок под каждой несущей поверхностью трения подшипника, частоты вращения диска и гребня, а также среднюю температуру масла в несущих зазорах. Чтобы регистрировать и обрабатывать эту информацию, необходимо к экспериментальной установке подключить информационно-измерительную систему на базе ПК, что позволит одновременно фиксировать показатели различных датчиков. Разработке такой системы и описанию ее работы и посвящена данная статья.

Ключевые слова: упорный подшипник, поверхность трения, несущая способность, информационно-измерительная система, датчик.

Стаття надійшла до редколегії 31.03.2017

УДК 004.92

Володимир ТІГАРЄВ

volodymyr_t@ukr.net

Евеліна МАХІЯНОВА

evelinamakhiianova@gmail.com

Анастасія МІТКОВА

anastasiia.mitkova96@gmail.com

м. Одеса

АНАЛІЗ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФОРМ ПРИ СТВОРЕННІ ОРНАМЕНТІВ ТА МЕТОДИ ЇХ ФОРМУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ САПР

У роботі проведено аналіз геометричних форм елементів орнаментів та підхід до проектування і моделювання орнаментів засобами двовимірної комп'ютерної графіки. Показані можливі варіанти виконання елементів орнаментів в системі AutoCAD. Запропоновано варіанти автоматизації побудови орнаментів засобами систем AutoCAD.

Ключові слова: орнаменти, примітиви, складові форми, правила формування, траєкторія, форма, контур, методи побудови.

Постановка проблеми: орнамент є основою багатьох дизайнерських, декоративних, архітектурних проєктів. Їх створення пов'язане з великою кількістю однотипних графічних побудов. У даній роботі проведено аналіз геометричних примітивів, їх комбінацій (блоків) та можливість побудови та автоматизації у сучасних САПР. Основою для реалізації поставленого завдання використовуються система AutoCAD.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: на підставі проведеного дослідження літератури було визначено, що в основному для побудови орнаментів використовується найпростіші двовимірні примітиви різної форми. Комп'ютерна реалізація представлена не достатньо, в основному розглядається ручна побудова елементів. Відсутній детальний аналіз закономірностей побудови орнаментів з використанням комп'ютерних технологій.

Формулювання цілей: метою роботи є аналіз примітивів геометричних орнаментів, правила їх формування і варіанти реалізації засобами систем AutoCAD.

Структура і класифікація орнаментів

Орнамент (рис. 1) (від латинського ornamentum – прикраса) – візерунок, що складається з ритмічно впорядкованих елементів, для прикраси предметів або архітектурних споруд. Відомий у всьому світі математик Г. Вейль назвав орнаментальне мистецтво «найдавнішим видом вищої математики, вираженої в неявній формі».

Актуальність теми полягає в постійному розширенні сфер застосувань орнаментального мистецтва в сучасному світі (не тільки в геометрії, а й в архітектурі, живопису, хімії, фізиці, техніці та ін.) вік.



Рис. 1. Орнамент в Архітектурі

Класифікація орнаменту. Завданням дослідження є аналіз різних видів орнаменту, їх близько 15–20, вибрати кілька типів найбільш підходящих для створення алгоритму, на основі яких можна буде здійснити різні реалізації цього орнаменту в системі AutoCAD. Вивчення принципів, закономірностей, особливостей симетрії і варіантів повторень. Відзначити основні закономірності побудови і характерні об'єкти які складають структуру окремо взятого орнаменту. Розглянути всі можливі варіанти поділу складних орнаментів на прості складові. Визначити перспективи розвитку даної теми і актуальність подальшого вивчення принципів алгоритмізації орнаменту. По використуваних в орнаменті деталям його можна розділити на такі основні види: геометричний, антропоморфний, каліграфічний, предметний, природний, рослинний.

Геометричний орнамент – включає в себе лінійні, просторові композиційні системи (рис. 2). Базою геометричного орнаменту є суворі послідовність і впорядкованість у використанні одних і тих же елементів. Геометричний орнамент характеризується не стільки різноманітністю фігур, скільки варіантністю їх виконання. Основним і найбільш типовим є ромб або поставлений на кут квадрат. Ромби можуть бути пересічені діагоналями, з відростками – продовженими сторонами, з гачками, маленькими ромбиками на кутах, можуть бути укладені в квадрати і ромби більшого розміру, розташовані рядами, накладені один на одного кутами і т. п. Часто вільне місце між окремими фігурами одного орнаменту заповнюються іншими фігурами, які не тільки доповнюють його, але й створюють новий візерунок. За своєю будовою цей вид орнаменту найбільш підходящий для алгоритмізації та подальшого викреслювання його в системі AutoCAD, тому що його легше розділити на примітивні геометричні фігури.



Рис. 2. Геометричний орнамент

Антропоморфний орнамент, або людиноподібний орнамент включає в себе зображення жіночих, чоловічих фігур і напів-фігур.

Каліграфічний орнамент складається з окремих букв і елементів тексту, виразних своєю пластичністю рисунку і ритму.

Предметний орнамент складають зображення військової геральдики, предметів побуту, атрибутів музичного та театрального мистецтва.

Природний орнамент. Головним мотивом є природа: морські хвилі, ореол полум'я, небесні світила, в тому числі сонце, місяць, часто у вигляді серпа, зірки, блискавки, елементи пейзажу.

Рослинний орнамент (рис. 3) є найпоширенішим орнаментом, після геометричного. У рослинному орнаменті присутні різноманітні частини рослин: листя, квіти, плоди, взяті разом або окремо. Цей вид на відміну від геометричного у своєму складі не має великої кількості правильних геометричних фігур, але його так само можна використовувати при алгоритмізації.



Рис. 3. Рослинний орнамент

Перш ніж приступити до створення орнаменту, потрібно в першу чергу визначити з яких елементів і контурів він складається. У своїй основі рослинний і геометричний орнаменти мають три простих елемента: кола, дуги, відрізки, сплайни.

Розбиття орнаменту на просту геометрію

Розглянемо кілька прикладів розбиття орнаменту на прості контури:



Рис. 4. Орнамент для розбиття на складові

Уважно вивчивши цей орнамент можна виділити такі основні елементи:



Рис. 5. Примітиви

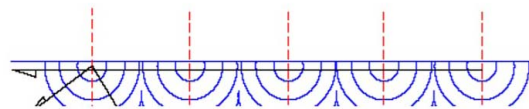


Рис. 6. Розбитий на складові орнамент



Рис. 7. Геометричний орнамент



Рис. 8. Примітиви геометричного орнаменту

На даному прикладі орнаменту можна помітити, що до його складу входить один простий геометричний примітив – ромб. За допомогою ромбів різного кольору і розмірів створюється основний початковий структурний елемент всього орнаменту, а потім за допомогою дзеркальних копій цього елемента формується повноцінне зображення. Простота у використанні геометричного орнаменту полягає в тому що при програмній реалізації побудови такого орнаменту використовуватиметься невелика кількість функцій, команд і складних перетворень.

Геометричний орнамент відрізняється від інших видів точністю розподілу, послідовністю і майже ідеальним просторовим відношенням елементів. Рослинний орнамент у своєму складі має як правило більше дуг, овалів, кіл і сплайнів, які якимось з великої множини способів з'єднуються і утворюють систему схожу на рослинність. При створенні рослинного орнаменту так само слід враховувати межі об'єкта який цей орнамент покликаний збагатити, процес проектування як правило повинен починатися з міркувань геометричних обмежень. Часто місця звивання «лози» повинні бути відрегульовані між краями форми в якій створюється рослинний орнамент. Цей вид орнаменту може поширюватися трьома способами: дзеркальним відображенням у будь-якому напрямку, копіями по колу, або ж по певних траєкторіях. Нижче наведені приклади стрічки із зображенням рослинного орнаменту який полягає в центрі з листя (видозмінених еліпсів), зовні обвитий лозою (сплайном на кінцях завитим в спіралі). Перераховані вище елементи формують базовий об'єкт орнаменту, який поширюється в горизонтальному напрямку за допомогою копіювання вихідного об'єкта.

Можна виділити кілька способів, пов'язаних із створенням орнаменту, коротко розглянемо декілька з них. Крім того, будь-який вид орнаменту повинен мати такі важливі аспекти як гармонійні повторення, відчуття балансу і геометричних обмежень.

Визначення основної траєкторії, форми та контуру дуже важливі при проектуванні орнаменту. Основною траєкторією орнаменту може бути пряма зігнутої форми або такі прості контури як квадрат і коло.



Рис. 9. Рослинний орнамент

Основні принципи програмної, автоматизованої побудови орнаменту

AutoCAD – це система автоматизованого керування, яка надає можливість автоматизувати будь-які проекти, які стосуються побудови або створення графічних елементів, проектів і т.п.

Вбудовані інструменти програми дозволяють створювати орнаменти. Елементи створення орнаменту, без яких не можливо створити проект, це графічні примітиви: крапка, відрізок, дуга, коло. Команди редагування елементів: видалення, перенесення, масштабування, копіювання, обертання та інші.

Для того щоб створити будь-який дизайнерський проект, елемент, орнамент, необхідно пройти етапи проектування, які можна поділити з урахуванням виду діяльності:

- створення – це перш за все, використання базових ідей та стереотипів, які привнесуть нову думку та новий дизайнерський проект;
- редагування – привнесення нових варіацій на основі створеного елемента;

- вибір – у цьому етапі полягає можливість направлення дизайнерського проекту на основі технічних даних;
- зміна – пошук ідеї та нових відображень взявши за основу геометричні орнаменти.

Такі методи як повторення, ритм, обертання, розмір є основними в даних типах орнаменту тому ми можемо визначити їх правила.

Повторення. На цій стадії можна розглянути три типи повторень, в деяких типах є 2 або 3 стадії процесу трансформації.

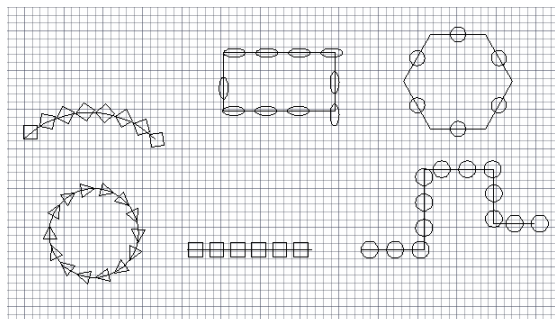


Рис. 10. Основні траєкторії

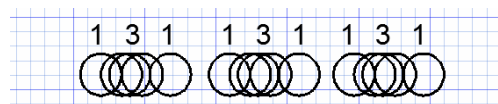


Рис. 11. Повторення з ритмом

До основних елементів орнаменту можна застосувати багато видів трансформації, але саме цей вид може включати в себе і повторення, і розтягування, і масштабування.

Напрями копіювання елементів орнаменту може бути:

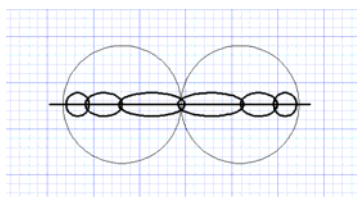


Рис. 12. З перетворенням форми

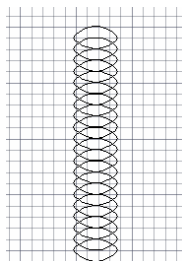


Рис. 13. Вертикальний масив

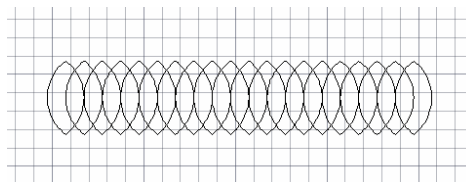


Рис. 14. Горизонтальний масив

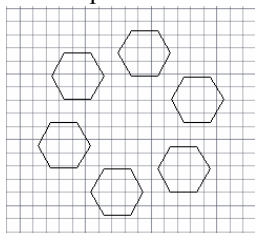


Рис. 15. Масив по колу

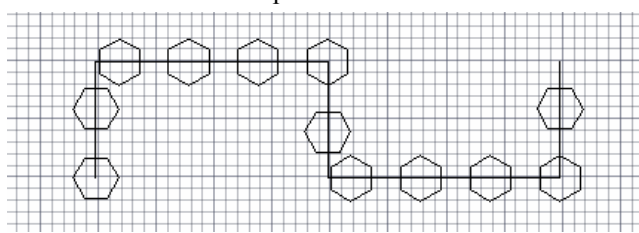


Рис. 16. За траєкторією

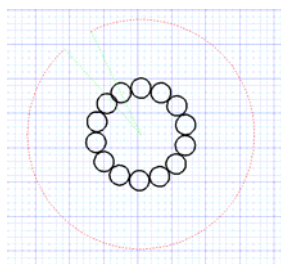


Рис. 17. Обертання навколо початкової точки

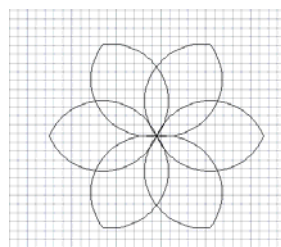


Рис. 18. Обертання від початкової точки

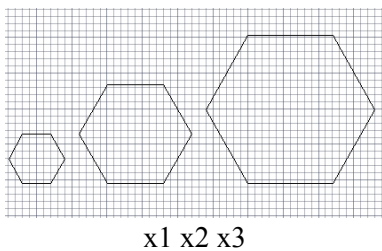


Рис. 19. Масштабування

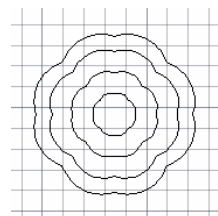


Рис. 20. Подоба або зміщення (еквідистантність)

Для створення складних орнаментів використовуються блоки.

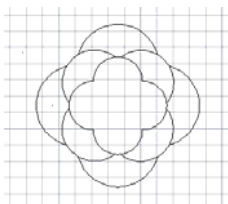


Рис. 21. Блок

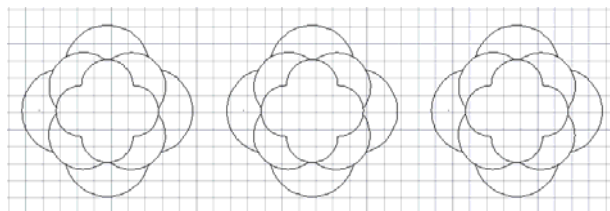


Рис. 22. Повторення блоків

Для створення розглянутих варіантів побудови та редагування елементів орнаментів у САПР AutoCAD існують наступні команди та інструменти: блоки (Make Block), обертання (Rotate), копіювання (Copy), окружність (Circle), еліпс (Ellipse), відрізок (Line), масив (Array), багатокутник (Polygon), полілінія (Polyline), прямокутник (Rectangle), масштаб (Scale), віднімання (Subtract), дуга (Arc).

Нами розглянуті різні варіанти правила створення орнаментів і команди їх реалізації в САПР AutoCAD. Ці правила мають різну частоту застосування при створенні орнаментів.

Всі ці правила можна використовувати для побудови нових орнаментів на папері вручну, але ми прагнемо автоматизувати цей процес тому виходячи з перерахованих правил можна скласти таблицю.

Таблиця частоти використання правил розповсюдження різних типів орнаменту.

Таблиця 1

Частота використання типів утворення орнаменту

Правила %									
Повторення						Поворот		Масштаб	
Тип		Напрямок				Навколо початкової точки		Від початкової точки	
3 ритмом	3 змінною форми	Вертикальне	Горизонтальне	По колу	За траєкторією	Навколо початкової точки	Від початкової точки	1x	2x
46	54	12	27	40	21	52	48	23	45
								3x	32

Висновки та перспективи подальших досліджень. У роботі було проведено дослідження та класифікація основних принципів створення орнаментів (геометричний, рослинний), та варіанти їх розповсюдження. Встановили основні структурні елементи кожного з типів орнаментів. Проаналізував декілька типів орнаментів, виявили частоту використання різних способів формування орнаменту та з отриманих даних склали таблицю. З'ясували яким чином можна автоматизувати цей процес з використанням САПР AutoCAD. Отримані результати дозволять створити систему автоматизованої побудови геометричних орнаментів. Для зручності і прискорення процесу побудови необхідно створити бібліотеку складових примітивів (блоків) орнаментів.

Список використаних джерел

1. Симаков Е. Е. Орнаменты на плоскости [Текст] / Е. Е. Симаков // Молодой Ученый. — 2011. — № 5, Т. 1. — С. 129—133.
2. Михайленко В. Є., Кашенко О. В. Основи біодизайну. — К. : Каравела, 2011. — 224 с.
3. Огюст Расинэ. Орнамент всех времен и стилей // Арт-Родник. — 2008. — 532 с.
4. Эллен Финкельштейн. AutoCAD 2009 & AutoCAD LT 2009 // Библия пользователя. — 1376 с.
5. Н. Н. Полещук. «Самоучитель AutoCAD 2014» (серия «Самоучитель»). — БХВ-Петербург, 2014. — 464 с.

Владимир ТИГАРЕВ, Эвелина МАХИЯНОВА, Анастасия МИТКОВА
г. Одесса

АНАЛИЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ ПРИ СОЗДАНИИ ОРНАМЕНТОВ И МЕТОДЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ САПР

В работе проведен анализ геометрических форм элементов орнаментов и подход к проектированию и моделированию орнаментов средствами двумерной компьютерной графики. Показаны возможные варианты исполнения элементов орнаментов в системе AutoCAD. Предложены варианты автоматизации построения орнаментов средствами AutoCAD.

Ключевые слова: орнаменты, примитивы, составляющие формы, правила формирования, траектория, форма, контур, методы построения.

Volodymyr TIGARIEV, Evelina MAKHILANOVA, Anastasiia MITKOVA
Odessa

ANALYSIS OF GEOMETRIC SHAPES IN CREATING ORNAMENTS AND METHODS OF THEIR FORMATION USING MODERN CAD

The analysis of geometric shapes of ornamental elements and the approach to designing and modeling ornaments using two-dimensional computer graphics are analyzed. The possible variants of the execution of ornamental elements in the AutoCAD system are shown. Variants for automating the construction of ornaments using AutoCAD are suggested.

Key words: ornaments, primitives, elements form formation rules, trajectory, shape, contour, methods of construction.

Стаття надійшла до редколегії 02.04.2017

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФОРМИ ІНФОРМАЦІЇ ІЗ УНІТАРНИМ ТА РОЗРЯДНО-ПОЗИЦІЙНИМ КОДУВАННЯМ

У роботі визначено базові методи перетворення форми інформації із формуванням вихідних унітарних та розрядно-позиційних кодів. Із застосуванням запропонованого методу моделювання на базі векторно-розгалужених діаграм здійснено візуалізацію перебігу процесів перетворення, визначено властивості та кількісні параметри операційної складності вказаних методів перетворення форми інформації, здійснено їх порівняння.

Ключові слова: перетворення форми інформації, векторно-розгалужені діаграми, унітарна, розрядно-позиційна, система числення.

Впровадження інформаційних технологій є вирішальним фактором підвищення ефективності управління технічними та організаційними системами. Однією із головних системних функцій є перетворення, збір та обробка повідомлень, сформованих джерелами інформації в системі управління. При перетворенні форми інформації (ПФІ) вирішальним є вибір методу формування та кодування цифрових повідомлень, який в стані забезпечити оптимальні техніко-економічні показники засобів ПФІ. На стадії аналізу та обґрунтування вибору методу ПФІ ефективним є застосування технік моделювання процесів перетворення повідомлень. Візуалізація та можливість кількісної оцінки динамічних показників процесів ПФІ виявились ключовими чинниками в виборі та розробці нових методів моделювання, що зумовило актуальність їх дослідження.

Мета проведених досліджень полягала в аналізі методів моделювання на основі векторно-розгалужених діаграм (ВРД), здійсненні графічної візуалізації процесів ПФІ, наданні цілісної інформації про їх перебіг, а також здійсненні кількісної оцінки операційної складності визначених методів ПФІ.

Запропонований метод моделювання на базі ВРД в своїй основі застосовує індикаторне моделювання [1]. Моделювання процесу ПФІ зводиться до ітераційних порівнянь невідомого значення вхідної величини x з заданими визначеним чином значеннями системи «мір», що формуються як сумарне значення на кожному ітераційному кроку процесу перетворення. За результатами процесу ітераційних порівнянь формується кінцевий результат кількісної оцінки операційної складності перетворення невідомого значення величини вхідного параметру [2].

1. Моделювання процесів ПФІ з вихідним унітарним кодом

Унітарне числення та унітарне кодування застосовується в засобах інформаційної техніки для первинного ПФІ та здійснення надійного інфообміну. В унітарному коді довільне число N подається послідовністю одиничних імпульсів, чи то логічних одиниць, кількість яких визначена числовим значенням x вхідного параметру перетворення [3] згідно виразу

$$N = a_{n-1}q^{n-1} + a_{n-2}q^{n-2} + \dots + a_iq^i + \dots + a_2q^2 + a_1q^1 + a_0q^0,$$

де $q = l$ – основа системи числення; a_i – розрядні коефіцієнти, що приймають значення $a_i = \{q-1, 0\} = \{\emptyset, 0\}$.

В практиці унітарне кодування ідентифікується із число-імпульсним кодуванням. Головним обмеженням застосування такої системи числення та кодування є значна надлишковість формованого кодового поля [4], що зумовлює відповідне інформаційне навантаження на засоби інфообміну, зниження швидкодії та надійності, підвищення затрат обчислювальної потужності на їх перетворення. Проте, згідно природи джерел інформації, більшість із них формує первинне ПФІ власне в унітарні чи унітарно подібні коди, що зумовлює необхідність аналізу ефективності їх застосування в техніці ПФІ. Іншою позитивною властивістю унітарного кодування є високий ступінь завадозахисту

формування повідомлень та інфообміну, що обґрунтовує ефективність його застосування в високо надійній апаратурі або ж в системах спеціального призначення [4].

Результати проведеного аналізу дозволили визначити, що в техніці ПФІ можливо здійснити первинне перетворення двома методами:

- із ітераційним інкрементуванням нульового значення одиничними мірами q до моменту порівняння значення сформованої суми одиничних мір (units) $\sum q$ із вхідним невідомим значенням x . Результатом перетворення є числове значення отриманої суми $\sum q$ в процесі порівняння, яке є еквівалентом вхідного значення x із коефіцієнтом пропорційності кількісного значення одиничної міри q , що в техніці ПФІ визначена як квант підрозбиття вхідного діапазону перетворення $[0 \div N)$;

- із ітераційним декрементуванням максимального значення $N-1$ суми мір діапазону перетворення $[0 \div N)$ одиничними мірами (units) q до моменту порівняння значення залишкової суми $(N-1) - \sum q$ в процесі декрементування значення $N-1$ одиничними мірами $\sum q$ із вхідним невідомим значенням x . В результаті перетворення отримане числове значення залишкової суми $(N-1) - \sum q$ є цифровим еквівалентом значення x .

Здійснимо моделювання та аналіз процесів ПФІ згідно двох вище визначених методів.

1.1 Моделювання процесу ПФІ з унітарним виходом та інкрементуванням нульового значення діапазону перетворення

На рис. 1 наведено приклад ВРД, який відображає модель процесу ПФІ із унітарним вихідним кодом в діапазоні перетворення значень $[0 \div N)$ для $N = 16$. В процесі моделювання здійснюється циклічне прикладання індикаторного елемента (ІЕ) до точок, значення кожної наступної з яких на 1 більше від значення попередньої до виконання умови порівняння/компарування, як результату завершення процесу ПФІ.

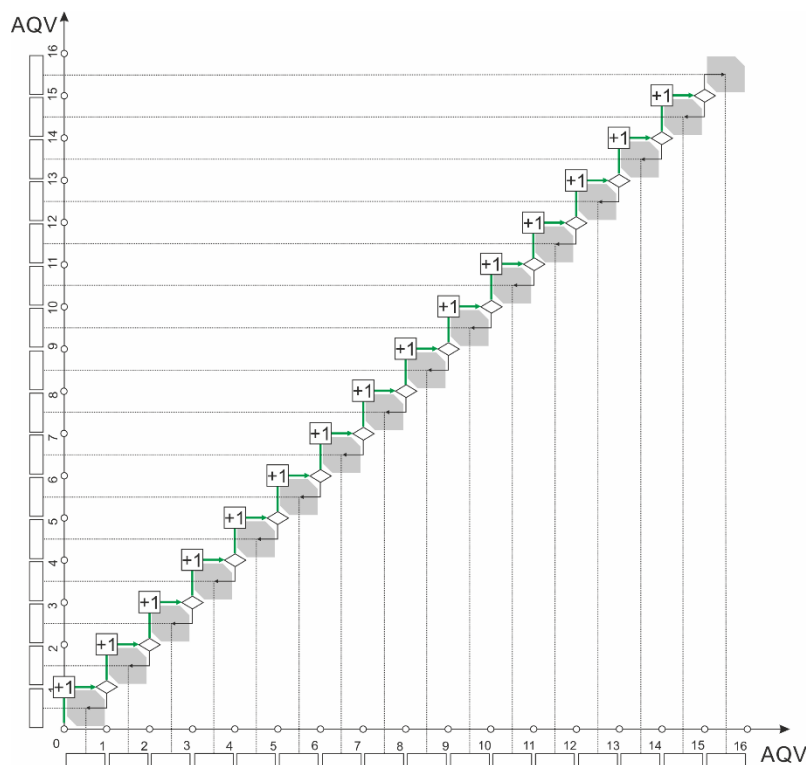


Рис. 1. Приклад ВРД для процесу ПФІ з унітарним виходом та інкрементуванням нульового значення

У таблиці 1 представлений ітераційний перебіг процесу ПФІ для прикладу, наведеного на рис. 1, як послідовність операцій, що необхідно здійснити для визначення невідомого значення x діапазону перетворення $[0 \div N)$, і сумарну кількість кроків перетворення для кожного із числових значень квантів x_i , $i = 1 \div N-1$, а також для повного діапазону $[0 \div N)$.

1.2 Моделювання процесу ПФІ з унітарним виходом та декрементуванням максимального значення діапазону перетворення $N-I$

На рис. 2 зображено приклад моделі ВРД процесу унітарного ПФІ із декрементуванням максимального значення в діапазоні перетворення $[0 \div 16)$.

В процесі моделювання здійснюється циклічне порівняння за допомогою ІЕ невідомої величини x з системою мір, в якій значення кожної наступної суми мір на 1 менше від попереднього, до моменту, коли результат порівняння задовольнить умову завершення процесу ПФІ. Початкове порівняння здійснюється в точці прикладання, що відповідає максимальному значенню суми одиничних мір із наступним декрементуванням її значення.

Таблиця 1

Перебіг процесу ПФІ з унітарним вихідним кодом та інкрементуванням мінімального значення діапазону перетворення

Ітераційні кроки порівняння/компарування (ПФІ) ($i = \dots$)																	Значення кванту ПФІ
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	знак	$\sum i$
0	+1															<	1
1	+1	+1														<	2
2	+1	+1	+1													<	3
3	+1	+1	+1	+1												<	4
4	+1	+1	+1	+1	+1											<	5
5	+1	+1	+1	+1	+1	+1										<	6
6	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1									<	7
7	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1								<	8
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1							<	9
9	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1						<	10
10	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1					<	11
11	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1				<	12
12	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1			<	13
13	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1		<	14
14	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	<	15
15	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	$\geq$	15

Сумарна кількість ітераційних кроків для діапазону $[0 \div 16)$ становить 135.

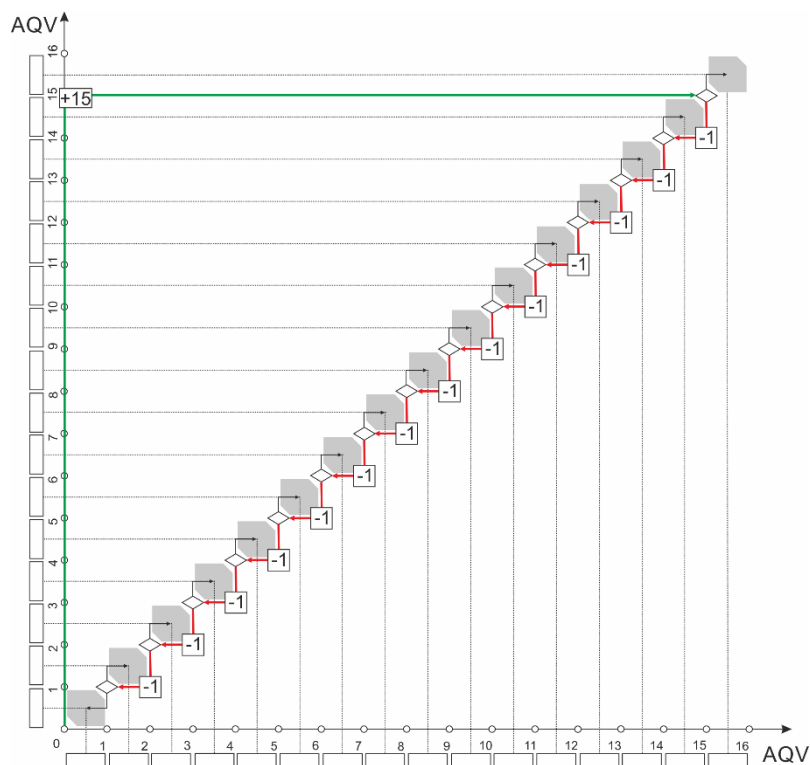


Рис. 2. Приклад ВРД для процесу ПФІ з унітарним виходом та декрементуванням максимального значення діапазону перетворення

У таблиці 2 представлено ітераційний перебіг процесу ПФІ з декрементуванням та унітарним перетворенням для прикладу, наведеного на рис. 2, як послідовність операцій, що необхідно здійснити для визначення невідомого значення x діапазону перетворення $[0 \div N]$, і сумарну кількість кроків перетворення для кожного із числових значень x_i , $i = 1 \div N-1$ та для повного діапазону перетворення $[0 \div N]$.

Таблиця 2

**Перебіг процесу ПФІ в унітарному численні
з декрементуванням максимального значення діапазону перетворення**

i	Ітераційні кроки порівняння/компарування (ПФІ) ($i = \dots$)																	Значення кванту ПФІ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	знак	$\sum i$	
0	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	<	15	[0,1)
1	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	$\geq$	15	[1,2)
2	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		$\geq$	14	[2,3)
3	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1			$\geq$	13	[3,4)
4	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1				$\geq$	12	[4,5)
5	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1					$\geq$	11	[5,6)
6	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1						$\geq$	10	[6,7)
7	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1							$\geq$	9	[7,8)
8	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1								$\geq$	8	[8,9)
9	+15	-1	-1	-1	-1	-1	-1									$\geq$	7	[9,10)
10	+15	-1	-1	-1	-1											$\geq$	6	[10,11)
11	+15	-1	-1	-1												$\geq$	5	[11,12)
12	+15	-1	-1													$\geq$	4	[12,13)
13	+15	-1														$\geq$	3	[13,14)
14	+15															$\geq$	2	[14,15)
15	+15															$\geq$	1	[15,16)

Сумарна кількість ітераційних кроків для діапазону $[0 \div 16)$ становить 135.

2 Моделювання ПФІ з вихідним розрядно-позиційним кодом

На відміну від позиційних систем числення із значеннями розрядних позицій, що є степеневим рядом основи системи числення q , в розрядно-позиційному (Р-П) коді значення розрядних позицій становлять упорядкований ряд натуральних чисел. Принцип позиційності визначає кількісне значення величини перетворення єдиною одиницею в паралельному форматі N розрядів коду, позиція якої є числовим відповідником значення величини перетворення:

$$N = a_{N-1}N-1 + a_{N-2}N-2 + \dots + a_i i + \dots + a_2 2 + a_1 1 + a_0 0,$$

де $q = N-1, N-2, \dots, i, \dots, 2, 1, 0$ – значення ваг розрядних позицій системи числення; $a_i = \{1, 0\}$ – значення розрядних коефіцієнтів.

Властивістю Р-П системи числення, аналогічно, як і унітарної, є значна надлишковість коду, зумовлена форматом повідомлень N розрядів, що призводить до значного апаратного ускладнення засобів ПФІ.

Результати проведеного аналізу дозволили визначити, що в техніці ПФІ із Р-П вихідним кодом можливо здійснити первинне перетворення двома методами:

1) ітераційне збільшення значення натурального ряду чисел від наймолодшого значення 0 до старших до i -го моменту порівняння сформованого значення Р-П коду із невідомим значенням вхідної величини x .

2) ітераційне зменшення від найстаршого значення ряду натуральних чисел $N-1$ до молодших до i -го моменту порівняння сформованого значення Р-П коду із невідомим значенням вхідної величини x . Кількість операцій порівняння i пропорційна кількісному значенню невідомої величини x .

Складність процесу ПФІ визначається кількістю операцій, яку необхідно здійснити під час компарування невідомого значення x значеннями ряду q_{i-1} .

2.1 Моделювання процесу ПФІ з вихідним розрядно-позиційним кодом методом зростаючого формування абсолютних значень порівняння

На рис. 3 наведено приклад ВРД процесу ПФІ із Р-П вихідним кодом методом зростаючого формування абсолютних значень порівняння в діапазоні перетворення вхідних значень $[0 \div 16)$. В процесі моделювання здійснюється циклічне прикладання ІЕ до кожної з точок вказаного діапазону.

Перехід від кожної поточної точки до наступної здійснюється шляхом знімання міри із поточним значенням та встановленням міри із наступним значенням (табл. 3) до моменту виконання умови порівняння/компарування як завершення процесу ПФІ.

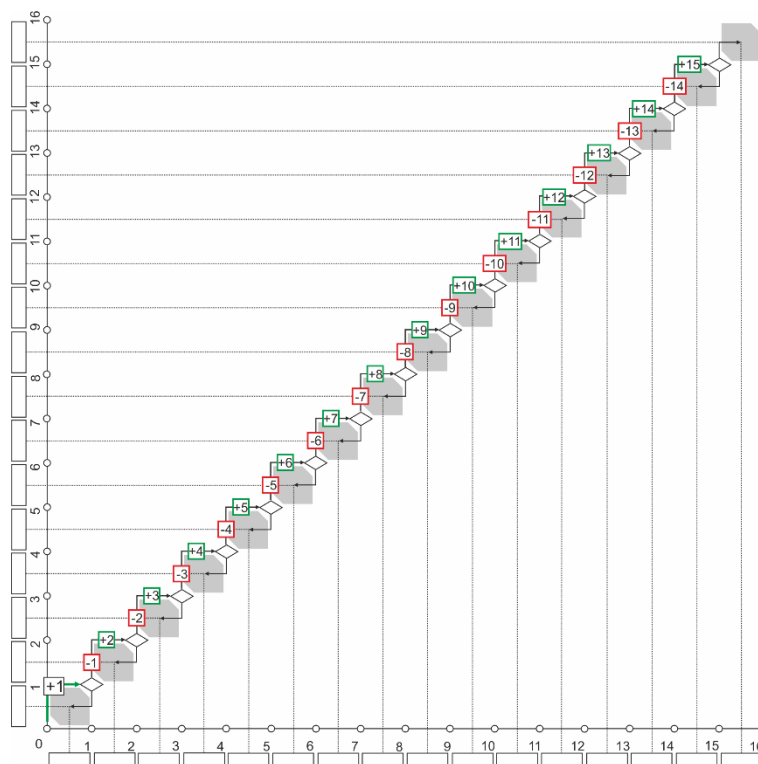


Рис. 3. Приклад ВРД процесу ПФІ із Р-П кодуванням вихідних даних методом зростаючого формування абсолютних значень порівняння

Таблиця 3

Перебіг процесу ПФІ з вихідним Р-П кодом методом зростаючого формування абсолютних значень порівняння/компарування

Ітераційні кроки порівняння/компарування (ПФІ) ($i = \dots$)																	Значення кванту ПФІ	
x	l	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	26	27	28	29	знак		$\sum i$
0	+1															<	1	[0,1)
1	+1	-1	+2													<	3	[1,2)
2	+1	-1	+2	-2	+3											<	5	[2,3)
3	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4									<	7	[3,4)
4	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5							<	9	[4,5)
5	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...						<	11	[5,6)
6	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...						<	13	[6,7)
7	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...						<	15	[7,8)
8	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...						<	17	[8,9)
9	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...						<	19	[9,10)
10	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...						<	21	[10,11)
11	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...						<	23	[11,12)
12	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...	...					<	25	[12,13)
13	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...	...	-13	+14			<	27	[13,14)
14	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...	...	-13	+14	-14	+15	<	29	[14,15)
15	+1	-1	+2	-2	+3	-3	+4	-4	+5	...	...	-13	+14	-14	+15	$\geq$	29	[15,16)

Даний метод характеризується надлишковими операціями додавання/знімання, що необхідно здійснювати при переході між суміжними позиціями. Сумарна кількість ітераційних кроків становить 254.

2.2 Моделювання процесу ПФІ з вихідним Р-П кодом методом спадаючого формування абсолютних значень порівняння/компарування

На рис. 4 наведено приклад ВРД процесу ПФІ із Р-П кодуванням вихідних даних методом спадаючого формування абсолютних значень порівняння в діапазоні перетворення значень $[0 \div 16]$. В процесі моделювання здійснюється ітераційне прикладання ІЕ до кожної з точок вказаного діапазону.

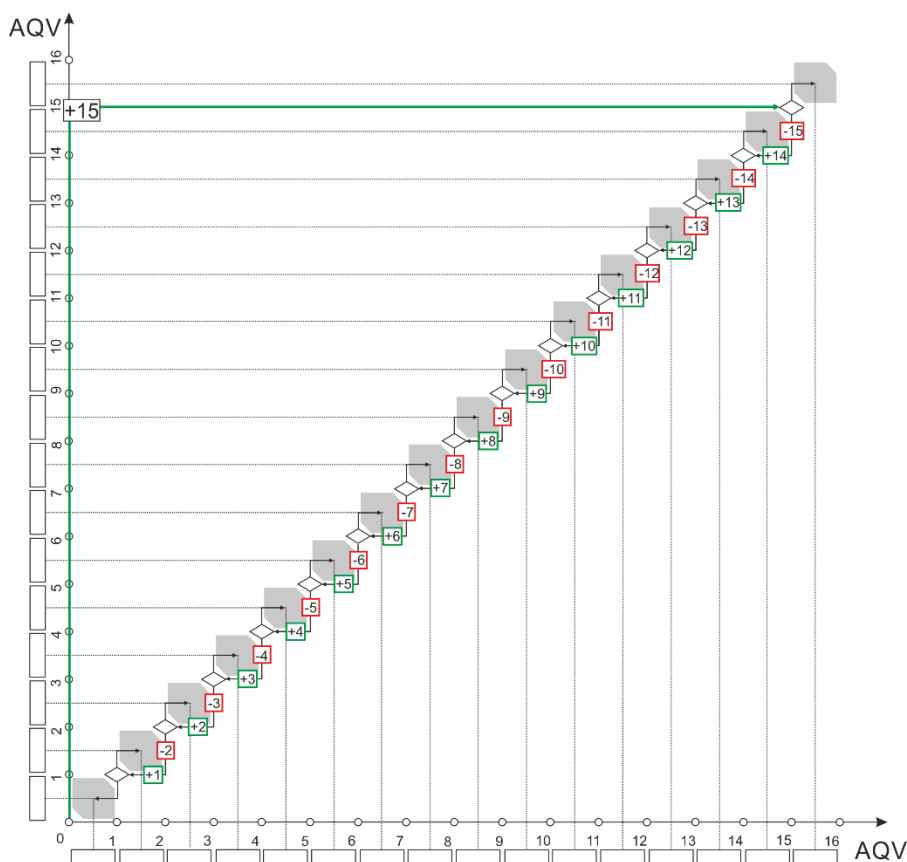


Рис. 4. Приклад ВРД процесу ПФІ із Р-П кодуванням вихідних даних методом спадаючого формування абсолютних значень

У таблиці 4 представлено ітераційний перебіг процесу ПФІ із Р-П кодуванням вихідних даних методом спадаючого формування абсолютних значень для прикладу, наведеного на рис. 4. Даний метод характеризується надлишковими операціями додавання/знімання, які необхідно виконати при переходах між суміжними значеннями. Сумарна кількість ітераційних кроків становить 315.

Таблиця 4

Перебіг процесу ПФІ із Р-П кодом вихідних даних методом спадаючого формування абсолютних значень

Ітераційні кроки порівняння/компарування (ПФІ) ($i=...$)																		Значення кванту ПФІ
x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	26	27	28	29	знак	$\sum i$	
0	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...	...	-3	+2	-2	+1	<	29	[0,1)
1	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...	...	-3	+2	-2	+1	$\geq$	29	[1,2)
2	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...	...	-3	+2			$\geq$	27	[2,3)
3	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...	...					$\geq$	25	[3,4)
4	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...						$\geq$	23	[4,5)
5	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...						$\geq$	21	[5,6)
6	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...						$\geq$	19	[6,7)
7	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...						$\geq$	17	[7,8)
8	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...						$\geq$	15	[8,9)
9	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...						$\geq$	13	[9,10)
10	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11	...						$\geq$	11	[10,11)
11	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12	-12	+11							$\geq$	9	[11,12)
12	+15	-15	+14	-14	+13	-13	+12									$\geq$	7	[12,13)
13	+15	-15	+14	-14	+13											$\geq$	5	[13,14)
14	+15	-15	+14													$\geq$	3	[14,15)
15	+15															$\geq$	1	[15,16)

Висновки і перспективи досліджень. У роботі здійснено моделювання процесів ПФІ на основі запропонованого методу ВРД, який дозволяє здійснити графічну візуалізацію процесів ПФІ. У ході дослідження побудовано ВРД, за якими здійснено аналіз процесів ПФІ для наступних двох методів та їх підкласів:

- 1) моделювання процесів ПФІ з вихідним унітарним кодом та:
 - 1.1) інкрементуванням нульового значення діапазону перетворення;
 - 1.2) декрементуванням максимального значення $N-1$ діапазону перетворення $[0 \div N)$;
- 2) моделювання процесів ПФІ з вихідним розрядно-позиційним кодом:
 - 2.1) в зростаючому порядку формування абсолютних значень;
 - 2.2) в спадаючому порядку формування абсолютних значень.

Визначено сумарну кількість кроків для кожного з методів:

- метод 1.1 – кількість кроків 135;
- метод 1.2 – кількість кроків 135;
- метод 2.1 – кількість кроків 254;
- метод 2.2 – кількість кроків 315.

За отриманими результатами можна підсумувати, що проаналізовані методи ПФІ із унітарним та розрядно-позиційним виходами відносяться до єдиного класу методів ПФІ, який характеризується надлишковістю формованого кодового поля, що зумовлена природною необхідністю застосування формату кодових повідомлень розрядності N , і, як наслідок, відповідною кількістю операцій перетворення, що спричиняє до зниження швидкодії. За результатами кількісних оцінок операційної складності процесів ПФІ можна визначити, що унітарні методи ПФІ є більш ефективними в порівнянні з розрядно-позиційними, проте природна властивість формування повідомлень в форматі N розрядів визначає перспективу дослідження ефективності застосування методів перетворення в інших системах кодування повідомлень на базі запропонованого методу ВРД моделювання.

Список використаних джерел

1. Стахов А. П. Введение в алгоритмическую теорию измерения / А. П. Стахов. — М. : Советское Радио, 1977. — 288 с.
2. Петришин М. Л. Застосування векторно-розгалужуючих схем в моделюванні процесів ПФІ / II Міжнародна конференція «Комп'ютерна алгебра та інформаційні технології», Тези доповідей / Одеський національний університет імені І. І. Мечникова. — Одеса, 2016. — 60 с.
3. Борисенко О. А. Лекції з дискретної математики (множини і логіка) : навч. посіб. / О. А. Борисенко. — 3-тє вид., випр. і доп. — Суми : Університетська книга, 2002. — 180 с.
4. Петришин Л. Б. К определению свойств унитарной системы счисления / Л. Б. Петришин, А. А. Борисенко // Електроніка та системи управління. — № 3 (17). — 2008. — С. 64—69.

Mykhailo PETRYSHYN, Viktor ROVINSKYI
Ivano-Frankivsk

MODELLING OF INFORMATION FORM TRANSFORMATION PROCESSES WITH UNARY AND BIT-POSITIONAL CODING

In this paper defines the basic methods of information form transformation with the formation of output in unary and bit-positional codes. Performed the visualization of transformation processes flow using the proposed modelling method based on vector-branching diagrams, for the given information form transformation methods defined the properties, quantitative parameters of operational complexity and completed their comparison.

Key words: information form transformation, vector-branching diagrams, unary, bit-positional, numeral system.

Михаил ПЕТРИШИН, ВикторРОВИНСКИЙ
г. Ивано-Франковск

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФОРМЫ ИНФОРМАЦИИ С УНИТАРНОЙ И РАЗРЯДНЫЕ-ПОЗИЦИОННЫЙ КОДИРОВАНИЯ

В работе определены базовые методы преобразования формы информации с формированием выходных унитарных и разрядно-позиционных кодов. С применением предложенного метода моделирования на базе векторно-разветвленных диаграмм осуществлено визуализацию течения процессов преобразования, определены свойства и количественные параметры операционной сложности указанных методов преобразования формы информации, осуществлено их сравнения.

Ключевые слова: преобразование формы информации, векторно-разветвленные диаграммы, унитарное, разрядно-позиционная система счисления.

Стаття надійшла до редколегії 14.03.2017

АКТУАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ В ГАЛУЗІ ВЕБ-ПРОГРАМУВАННЯ: АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Метою статті є проведення аналітичного огляду сучасного стану розвитку технологій в галузі веб-програмування. Розглянуто особливості сучасних тенденцій в розрізі трьох складових веб-програмування: веб-дизайн, програмування на боці клієнта, програмування на боці сервера. Отримано висновок, що до найбільш популярних веб-технологій відносяться: HTML, CSS, мови веб-програмування JavaScript, PHP, Perl, технології JSP, BaaS, AJAX, WebSockets, WebRTC. Постійно зростає кількість корисних API для вирішення найрізноманітніших завдань, застарілі технології та підходи остаточно знецінюються, але CSS і HTML5 розвиваються дуже активно.

Ключові слова: веб-програмування, веб-дизайн, клієнт, сервер, JavaScript, VBScript, jQuery, AJAX, HTML5, Perl, ASP, PHP, JSP, SSI.

З появою глобальної мережі кожна людина отримала інтерактивний інструмент, що дозволяє повідомити світу про послуги і товари компанії, залучити однодумців і покупців. Витрати на утримання сайту в наш час зводяться до платежів за підтримку веб-ресурсу в належному стані. Веб-програмування – це окремий випадок програмування розподіленої інформаційної системи. До складових веб-програмування можна віднести: 1) веб-дизайн (HTML/XHTML, шаблони і макети, HTML5) [6, 7, 9, 12]; 2) програмування на боці клієнта (JavaScript, VBScript, jQuery, AJAX) [4, 5]; 3) програмування на боці сервера (Perl, ASP, PHP, JSP, HTTP/2) [7, 8, 13, 14, 16].

Особливості використання сучасних засобів веб-програмування представлені у роботах таких науковців та розробників-практиків як Каролін Бегг, Томас Конноллі, Чак Муссіано, Білл Кеннеді, Брюс Лоусон, Ремі Шарп та ін.

Керівництво «Бази даних. Проектування, реалізація і супровід. Теорія та практика» [1], написане К. Беггом та Т. Конноллі, являє собою вичерпний посібник з проектування, реалізації та супроводу баз даних, який містить докладний опис особливостей розробки додатків баз даних для web та численні приклади коду доступу до баз даних з web, в тому числі із застосуванням засобів JDBC, SQLJ, ASP, JSP і PSP Oracle.

Ч. Муссіано та Б. Кеннеді у роботі «HTML і XHTML. Детальне керівництво» [3] наддали повну інформацію по цим двом мовам розмітки гіпертексту. Починаючи від самого простого базового синтаксису і семантики до практичних порад, які можна використовувати на будь-якому рівні володіння професією.

Книга Б. Лоусона та Р. Шарпа «Вивчаємо HTML 5» [4], видана в 2011 р., знайомить читача з новими стандартами веб-програмування в середовищі HTML 5. У ній є приклади нових функціональних можливостей, які активно використовуються провідними розробниками.

Розвиток веб-технологій і дизайну наростає швидкими темпами, з'являються нові інструменти і стандарти для розробників, орієнтація на які є обов'язковою для створення сучасного і якісного веб-проекту.

Серед сучасних засобів і технологій веб-індустрії [12] існує достатньо велика кількість засобів для створення веб-сайтів, але лише деякі з них здатні надати розробникам інструменти для вирішення переважної більшості завдань, що стоять перед ними. За цих умов важливим є відстеження трендів у галузі веб-індустрії. Тому *метою* статті є аналітичний огляд сучасних тенденцій розвитку технологій в галузі веб-програмування.

Розглянемо особливості *технологій веб-дизайну*. За останні 10–15 років можливості веб-програмування тільки розширюються. З'являються нові мови, фреймворки, інструменти. Майже кожного фахівця, зайнятого в сфері ІТ, так чи інакше цікавлять перспективи розвитку індустрії [6].

Активно розвивається технологія CSS (CSS 1 – 1996 р.) – формальна мова опису зовнішнього вигляду документа. Опублікована версія-кандидат CSS Grid Layout у рекомендації. Не дивлячись на не швидкий розвиток технології (першу чернетку було написано в 2011 році, а реалізація була доступна ще в IE 10), фахівці сходяться на думці, що вона буде виявляти потужний вплив на розвиток Інтернету та роботу з CSS в найближчі роки [7]. Щодо розробки стандартів, була оприлюднена специфікація CSS Level 2 Revision 2 (CSS 2.2) Specification. Крім того, в чернетці документа CSS Overflow описано нову властивість *max-lines*: з його допомогою можна розбивати блок на фрагменти по числу рядків.

Головна міжнародна організація W3C опублікувала специфікацію CSS Flexible Box Layout Module Level 1, у якій відзначено більш логічний підхід до роботи з недоліками існуючих реалізацій – у багатьох випадках вони стали відмінними рисами, як, наприклад, поведінка елементів таблиці під Flex-контейнери в Chrome [17].

Упродовж останніх двох років WWW поступово переходить на наступний рівень розвитку, який за значущістю не менш важливий описаних вище, цим рівнем є HTML5. У 2015 його специфікація версії 5.1 отримала статус офіційної рекомендації W3C.

HTML5 – це комплекс з останніх версій мов CSS, HTML, JS, набору технологій роботи браузерів і стандартів для роботи з ними. У проекті специфікації HTML 5.2, яка зараз має статус робочої чернетки (Working Draft), міститься чимало цікавих нововведень і рекомендацій – наприклад, його розробники наполягають на тому, що не слід відключати масштабування вьюпорта [7].

Все більше компаній-розробників відмовляються від технології Flash. Розробники Google Chrome оголосили про те, що починаючи з грудня 2016 року «дефолтним» вибором стане HTML5 (див. рис. 1). На думку розробників, це не тільки підвищує безпеку користувачів, але і дозволяє поліпшити продуктивність і знизити споживання енергії [6].

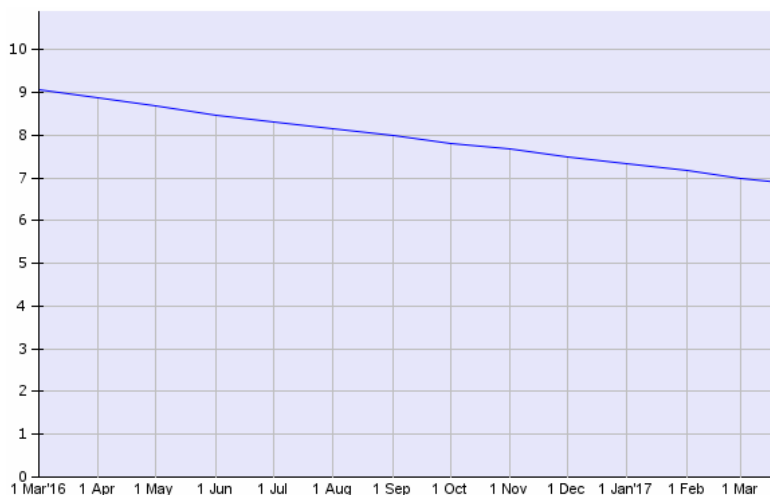


Рис. 1. Статистика використання Flash на середину з березня 2016 року по березень 2017 року

Технології *веб-програмування на боці клієнта* безпосередньо пов'язані з веб-дизайном, але виділяються в окрему ієрархію (рис. 2). Перевага сценаріїв на стороні клієнта полягає в тому, що вони можуть перевіряти коректність інформації, введеної користувачами та обробляти її, не звертаючись до сервера. Найчастіше сценарії, призначені для виконання на стороні клієнта, створюються на мовах JavaScript і VBScript.

JavaScript – це мова сценаріїв, розроблена Netscape і Sun Microsystems для підтримки додаткових функціональних можливостей статичних Web-сторінок. За допомогою JavaScript зазвичай реалізуються такі ефекти, як, спливаючі вікна з повідомленнями, відображення анімації. Крім того, JavaScript-сценарії часто використовуються для визначення типу браузера і платформи, на якій він

виконується. JavaScript-сценарії також успішно застосовуються для перевірки коректності даних, введених користувачем.

Мова VBScript була розроблена корпорацією Microsoft як підмножина мови Visual Basic. VBScript має багато спільного з мовою JavaScript, однак працює лише з Microsoft Internet Explorer, що обмежує сферу його застосування. В даний час вкрай рідко застосовується для написання сценаріїв [15].

jQuery – це бібліотека, заснована на взаємодії JavaScript і HTML. За допомогою такого джерела полегшується доступ до вмісту елементів DOM, і до їх маніпуляцій. Крім того, бібліотека jQuery є інтерфейсом прикладного програмування API по роботі з AJAX.

AJAX – несамотійна технологія з побудови призначених для користувача інтерфейсів веб-додатків. Вона заснована на використанні «фонового» обміну даними браузера з веб-сервером. AJAX об'єднує технологію динамічного звернення до сервера, без перезавантаження сторінки та технологію DHTML динамічного зміни змісту сторінки [15].

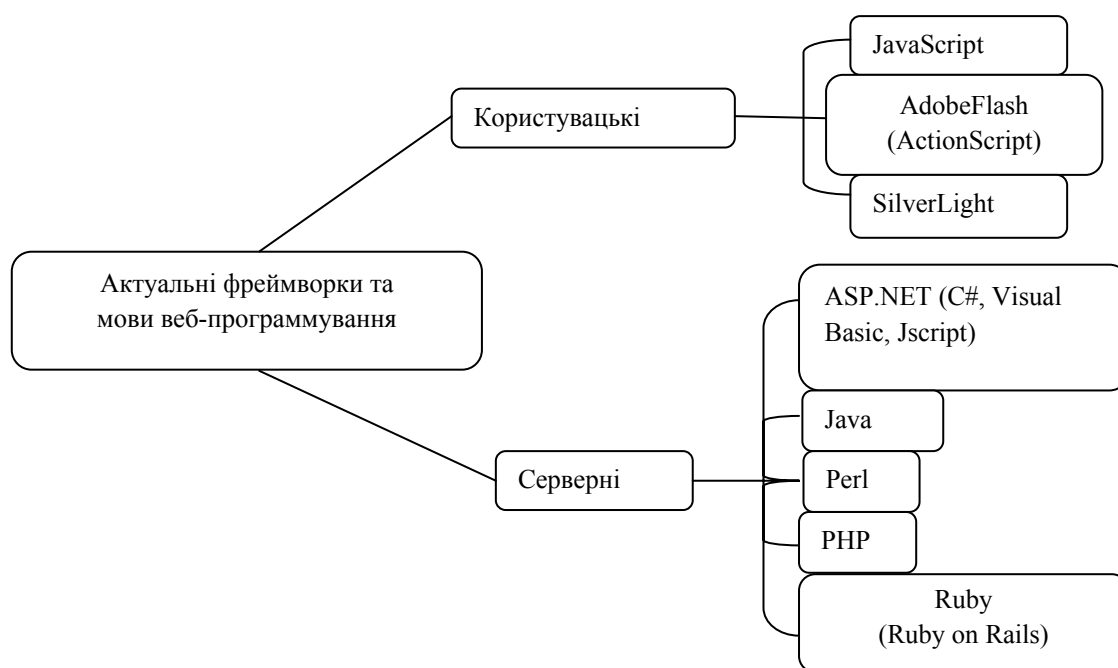


Рис. 2. Актуальні фреймворки та мови веб-програмування

Стосовно технологій та мов *серверного веб-програмування* відзначимо Perl, ASP, PHP і JSP (рис. 2). Саме вони найчастіше використовуються для написання сценаріїв, які працюють на стороні сервера. Мова Perl користується великою популярністю серед розробників Web-додатків. Потужні засоби пошуку та редагування тексту, зручність при роботі з файлами призвели до того, що Perl став одною з основних мов, що застосовується в Internet [17].

ASP забезпечує достатню гнучкість при вирішенні завдань, пов'язаних з обробкою бази даних. Засоби ASP працюють на стороні сервера та виконують обробку файлу, що містить як HTML-код, так і код сценарію. Технологія ASP підтримує мови VBScript, Java та JavaScript. ASP-код може бути викликаний з будь-якого HTML-документа, а також з інших ASP-документів.

Технологія ASP була розроблена для системи Windows NT і Web-сервера Microsoft IIS, однак можливості, надані нею, були оцінені настільки високо, що інші компанії стали реалізовувати підтримку ASP у своїх середовищах (Unix і т.п.). Технологія ASP проста у вивченні, але надає розробнику великі можливості: дозволяє динамічно генерувати HTML-документи, підтримує форми, забезпечує доступ до бази даних і дозволяє здійснювати підстроювання під конкретного користувача [11].

PHP (Personal Home Page Tools) – це мова сценаріїв, оброблюваних сервером. Подібно ASP, код на PHP безпосередньо включається до складу HTML-документа. У PHP реалізовані кращі рішення багатьох мов, такі як C та Perl, крім того, PHP надає розробнику потужні засоби для роботи з базами

даних. Подібно Perl, PHP – вільно розповсюджувана відкрита система і співтовариство розробників має можливість модернізувати її [17].

Технологія JSP (JavaServerPage) схожа за своїми функціональними можливостями на ASP. Основна відмінність полягає в тому, що замість VBScript і JavaScript в JSP використовується мова Java. Незважаючи на те, що JSP простіше у використанні ніж Java, можливості даної технології є достатніми для створення складних Web-додатків [14].

У 2015 році відбулася важлива подія у світі веб-технологій: була затверджена та стандартизована нова версія HTTP-протоколу. Вона отримала ім'я HTTP/2. Її підтримка реалізована в широко використовуваних веб-серверах Apache, Nginx, IIS і більшості популярних браузерів [7].

За даними сайту w3techs.com [16] в середині 2015 року відсоток сайтів і веб-сервісів, які перейшли на HTTP/2, становив лише 0,4 %, то до початку 2016 року – вже 6,5 %, а в січні 2017 року вже 11,4 % всіх сайтів використовують HTTP/2 (див. рис. 1).

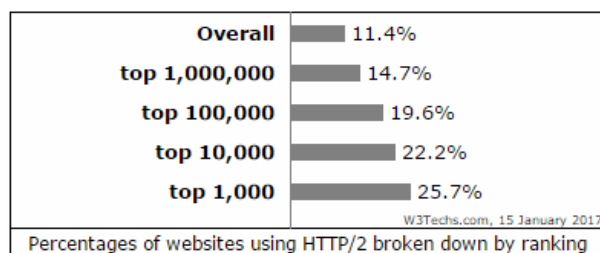


Рис. 3. Статистика використання HTTP/2 на середину січня 2017 року

На ресурсі dev.opera.com [8] було опубліковано введення в Web Bluetooth API – ця технологія використовується для взаємодії з різними пристроями по Bluetooth прямо з браузера – без необхідності встановлювати безліч додатків для кожного гаджета.

Підхід BaaS (Backend as a Service) буде все більше домінувати в корпоративному сегменті, де проблема масштабованості постає дуже гостро для багатьох додатків. Перевага BaaS полягає в можливості забезпечення розробників широкими інфраструктурними функціями, такими як пуш-повідомлення, інтеграція з соціальними мережами, взаємодія з «хмарами» і таке інше. Модель дозволить інженерам і операціоністам зосередитися на підвищенні конкурентоспроможності компанії, в той час як обробка базових функцій буде повністю здійснюватися на стороні [2].

Хоча BaaS став відповіддю на потребу розробників легко підключати хмари до проектів або API соціальних мереж, багато додатків досі покладаються на локалізовані стеки і добре підготовлені сервери, але резервування сервера по своїй суті – складний і довготривалий процес.

Такі сервіси, як Packer і Docker, дозволяють інженерам швидко створювати машинні образи на існуючих версіях операційних систем, бібліотек, мов та фреймворків. Ці образи називаються контейнерами. Вони легко відтворюються і дозволяють швидко розширити існуючі сервіси або швидко створювати нові [5].

Серед можливостей HTML 5, які на наш погляд, є найкориснішими для звичайних користувачів і власників сайтів, можна виділити дві технології – WebSockets і WebRTC [8].

До появи технології WebSockets обмін інформацією між частиною сайту, яку бачить користувач, і частиною, яка генерує інформацію, був можливий тільки в разі, якщо користувацька частина виконає запит на отримання цієї інформації. Таким чином «миттєві» повідомлення в чатах, різні повідомлення на сайтах, насправді є не такими вже й миттєвими, для досягнення подібного ефекту є кілька методів, але у кожного з них є серйозні негативні сторони, деякі відправляють запит на сервер з певною періодичністю, звичайно це 1 секунда, деякі утримують нескінченно відкритим з'єднання з сервером за http [7].

Будь-який з цих методів може або створювати додаткове навантаження на інтернет-канал, або займати багато додаткового обчислювального часу на хостингу. Для вирішення подібних проблем потрібен тарифний план хостинг провайдера з великим об'ємом оперативної пам'яті, більш широким інтернет-каналом і лімітом на трафік, також зростає складність підтримки подібних систем. Саме технологія WebSockets дозволяє вирішити деякі з цих проблем і значно розширити можливості системи.

WebSockets є протокол обміну даними, що відкривається поверх http. Він дозволяє проводити обмін в двох напрямках, як від користувача, так і до нього. Завдяки цьому «серверна» частина може розсилати інформацію всім користувачам, яким повинна бути доступна безпосередньо в момент її надходження, і поступово без додаткового навантаження виконувати свою функцію на стороні користувача.

Інша технологія – WebRTC. Зростання її популярності неминуча, адже вона спрямована на користувачів аудіо- та відеозв'язку. Facebook, Slack, Snapchat і WhatsApp застосовують його в своїх системах. Вона представляє найбільший інтерес у зв'язці WebSockets + WebRTC + Data-Channels. Остання дозволяє здійснювати прямий обмін даними між різними користувачами одного сайту, а то і декількох [13].

Передачі безпосередньо від користувача до користувача дані не обмежуються тільки текстовою інформацією. Користувач може відправляти зображення, відео та будь-які інші дані, при цьому передача файлів буде відбуватися навіть без втручання сайту, на якому її здійснюють. Значене дозволяє не турбуватися про конфіденційність, а швидкість цієї передачі буде залежати тільки від швидкості Інтернету і, звичайно не буде жодного навантаження на сервер власників сайту [8].

У підсумку зазначимо, що, існує велика кількість засобів для створення веб-сайтів, зокрема мови програмування, системи управління базами даних для підтримки веб-сайтів, але лише деякі з них здатні надати розробникам інструменти для вирішення переважної більшості завдань, що стоять перед ними. До найбільш популярних технологій веб-програмування відносяться: HTML, CSS, JavaScript, PHP, CMS WordPress, Joomla, Drupal, СУБД MySQL, PostgreSQL. Розробники базових технологій сучасного веб-простору оновлюють свої продукти, все більше уваги приділяючи питанням швидкості, доступності, технологіям динамічного звернення до сервера, здійсненню прямого обміну різноманітною інформацією між користувачами. Постійно зростає кількість корисних API для вирішення найрізноманітніших завдань, застарілі технології та підходи остаточно знецінюються, а CSS і HTML5 розвиваються дуже активно. Таким чином, аналіз сучасних тенденцій в галузі веб-програмування дозволяє дійти висновку, що веб-індустрія просувається швидкими темпами. З'являються нові стандарти для веб-розробників, орієнтація на які є обов'язковою для залучення користувачів при створенні якісного проекту.

Подальшого аналізу потребують особливості сучасних тенденцій веб-дизайну як складової галузі веб-програмування.

Список використаних джерел

1. Бегг К. Бази даних. Проектування, реалізація і супровід. Теорія та практика / К. Бегг, Т. Конноллі. — 2003. — 1238 с.
2. Інтернет-бізнес в Україні [Електронний ресурс] // Український інтернет-журнал AIN.UA — Режим доступу: <http://ain.ua/5-trendov-programmirovaniya-kotorye-izmenyat-industriyu> (дата звернення 13.01.2017).
3. Кеннеді Б. Вивчаємо HTML 5 / Б. Кеннеді, Ч. Маскиано. — 2011. — 272 с.
4. Лоусон Б. HTML і XHTML. Детальне керівництво / Б. Лоусон, Р. Шарп. — 2000. — 752 с.
5. Пурьев М. Тренды программирования в 2016 году // Офіційний сайт GeekBrains [Електронний ресурс] — Режим доступу: https://geekbrains.ru/posts/2016_techcrunch_trends (дата звернення 05.01.2017).
6. Тенденции развития веб-технологий в 2016 году [Електронний ресурс] // Офіційний сайт компанії SITE ELITE. — Режим доступу: <http://st-lt.ru/blog/useful/tendenczii-razvitiya-veb-texnologij-v-2016-godu.html> (дата звернення 13.01.2017).
7. Тренды и события в мире веб-технологий в 2016 году [Електронний ресурс] // Блог компанії HTML Academy / Офіційний сайт habrahabr. — Режим доступу: <https://habrahabr.ru/company/htmlacademy/blog/319458/> (дата звернення 14.01.2017).
8. Шпион А. Web технологии развиваются клиентами [Електронний ресурс] // Офіційний сайт ART Lemon. — Режим доступу: <https://art-lemon.com/web-tech> (дата звернення 05.01.2017).
9. CSS Flexible Box Layout Module [Electronic resource] // Офіційний сайт W3C. — Mode of access: <https://www.w3.org/TR/css-flexbox-1/> (viewed on January 5, 2017).
10. Dixit S. An introduction to the Web Bluetooth API [Electronic resource] // Dev.opera: Opera Software ASA. — Mode of access: <https://dev.opera.com/articles/web-bluetooth-intro/> (viewed on January 5, 2017).
11. Introduction to Web Technologies for FrontPage Users [Electronic resource] // Офіційний ресурс MSDN. — Mode of access: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/aa218647\(v=office.11\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/aa218647(v=office.11).aspx) (viewed on January 15, 2017).
12. Jackson B. 100+ Awesome Web Development Tools and Resources / Brian Jackson // Офіційний сайт keycdn [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.keycdn.com/blog/web-development-tools/> (viewed on January 5, 2017).
13. JavaScript-тренды, на которые стоит обратить внимание в 2017-м // Блог компанії RUVDS.com / Офіційний сайт habrahabr [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://habrahabr.ru/company/ruvds/blog/319162/> (дата звернення 15.01.2017).

14. Online Academy // Офіційний сайт АНОО «Академия профессионального образования»: «Центр дистанционного обучения Онлайн-академия» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.online-academy.ru/demo/Web-design/teory/teor6-2.htm> (дата звернення 15.01.2017).
15. Online Academy // Офіційний сайт АНОО «Академия профессионального образования»: «Центр дистанционного обучения Онлайн-академия» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.online-academy.ru/demo/Web-design/teory/teor6-3.htm> (дата звернення 15.01.2017).
16. Usage of HTTP/2 broken down by ranking // Офіційний сайт W3Techs [Electronic resource]. — Mode of access: <https://w3techs.com/technologies/breakdown/ce-http2/ranking> (viewed on January 5, 2017).
17. Web-технологии // Офіційний сайт [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://htmlweb.ru> (дата звернення 15.01.2017).

Hanna POHROMSKA, Natalia PETUKHOVA

Mykolaiv

ACTUAL TECHNOLOGICAL TRENDS IN THE WEB-PROGRAMMING: ANALYTICAL REVIEW

The purpose of the article is analytical review of the current status of technology development in the sphere of web programming. Features of modern trends in the context of three components of web programming are considered: web design, client-side and server-side programming. The conclusion is drawn that the most popular web-technologies are HTML, CSS, programming languages JavaScript, PHP, Perl, technologies JSP, BaaS. AJAX, WebSockets, WebRTC. The number of useful API for solving a wide variety of tasks is increasing steadily, obsolete technologies and approaches are being finally depreciated, but CSS and HTML5 are being intensely developed.

Key words: web programming, web design, client, server, JavaScript, VBScript, jQuery, AJAX, HTML5, Perl, ASP, PHP, JSP, SSI.

Анна ПОГРОМСКАЯ, Наталья ПЕТУХОВА

г. Николаев

АКТУАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ВЕБ-ПРОГРАММИРОВАНИЯ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Целью статьи является проведение аналитического обзора современного состояния развития технологий в области веб-программирования. Рассмотрены особенности современных тенденций в разрезе трех составляющих веб-программирования: веб-дизайн, программирование на стороне клиента, программирование на стороне сервера. Сделан вывод, что к наиболее популярным веб-технологиям относятся: HTML, CSS, языки веб-программирования JavaScript, PHP, Perl, технологии JSP, BaaS. AJAX, WebSockets, WebRTC. Постоянно растет количество полезных API для решения самых разнообразных задач, устаревшие технологии и подходы окончательно обесцениваются, однако CSS и HTML5 развиваются очень интенсивно.

Ключевые слова: веб-программирование, веб-дизайн, клиент, сервер, JavaScript, VBScript, jQuery, AJAX, HTML5, Perl, ASP, PHP, JSP, SSI.

Стаття надійшла до редколегії 28.03.2017

СТВОРЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ АЛГОРИТМІВ І ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОРНАМЕНТІВ НА ОСНОВІ САПР AUTOCAD

У роботі розглядається загальний підхід до проектування і моделювання орнаментів засобами двомірної та тривимірної комп'ютерної графіки. Показані можливі варіанти виконання елементів орнаментів в системі AutoCAD. Запропоновано варіанти автоматизації побудови орнаментів засобами систем AutoCAD.

Ключові слова: блок-схема, інтерфейс, автоматизація побудови, робочі зони, запит, способи побудови.

Постановка проблеми: При виконанні багатьох дизайнерських, декоративних, архітектурних проектів використовуються орнаменти різної форми й призначення. Частіше їх виконання пов'язане з великою кількістю графічних однотипних побудов. У даній роботі пропонується загальний підхід до проектування і моделювання орнаментів засобами двомірної та тривимірної комп'ютерної графіки. Основою для реалізації поставленого завдання використовується система AutoCAD.

Основним завданням даної роботи є розробка програми для автоматизованої побудови орнаментів з використанням бази примітивів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В існуючих джерелах розглядаються варіанти побудови окремих елементів орнаментів, виконаних у вигляді двомірних графічних построєній з послідуєм виготовленням у вигляді дискретних елементів. Для моделювання тривимірних елементів орнаментів в якості основи розглядається двомірне растрове зображення, що вимагає додаткову підготовчу роботу.

У літературі розглядаються окремі елементи автоматизації побудови орнаментів, але не представлені закінчені програмні додатки для автоматизації побудови орнаментів.

Метою роботи є розгляд узагальнених алгоритмів проектування і моделювання можливих варіантів автоматизації побудови орнаментів засобами систем AutoCAD.

Розробка програми для автоматизованого створення орнаментів

Розробка програмної частини

На основі аналізу елементів і законів побудови геометричних орнаментів, можна уявити узагальнений алгоритм автоматизованого створення орнаментів засобами сучасних САПР, який наведено на рис. 1.

При створенні орнаментів можливо використовувати прості та складні примітиви на основі блоків. Для використання блоків треба створити бібліотеки для різних напрямів створення орнаментів. Після формування елементів орнаментів необхідно задати закони за якими треба їх формувати. Наступним етапом є розробка необхідних модулів моделювання орнаментів. Сформоване зображення орнаменту або його фрагмент можливо зберегти у потрібному форматі файлу. Для реалізації створених орнаментів можливо їх роздрукувати, створити модель з використання 3D принтерів або перетворювати орнаменти програмою Autodesk ArtCAM.

На базі розробленого узагальненого алгоритму створення орнаментів, розробляємо підсистему автоматизації побудови для САПР Autocad.

Перш за все, перед написанням основної частини програми потрібно було обдумати структуру та основні функції програми, створити блок схему.

Створюємо блок схему підпрограми, яка враховує необхідну структуру і її функції.

Графічна частина програми була розроблена з використання об'єктної- орієнтованої мови програмування DCL (Dialog Control Language) у системі OpenDCL.

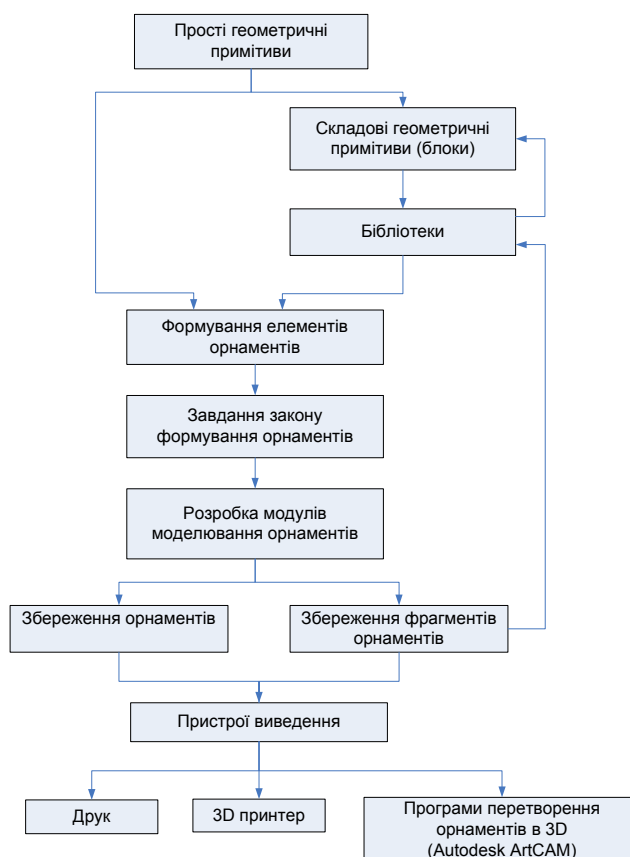


Рис. 1. Блок-схема алгоритму автоматизованого створення орнаментів

Блок-схема виконуючої програми по створенню орнаменту та її основних функцій має вигляд (рис. 2):

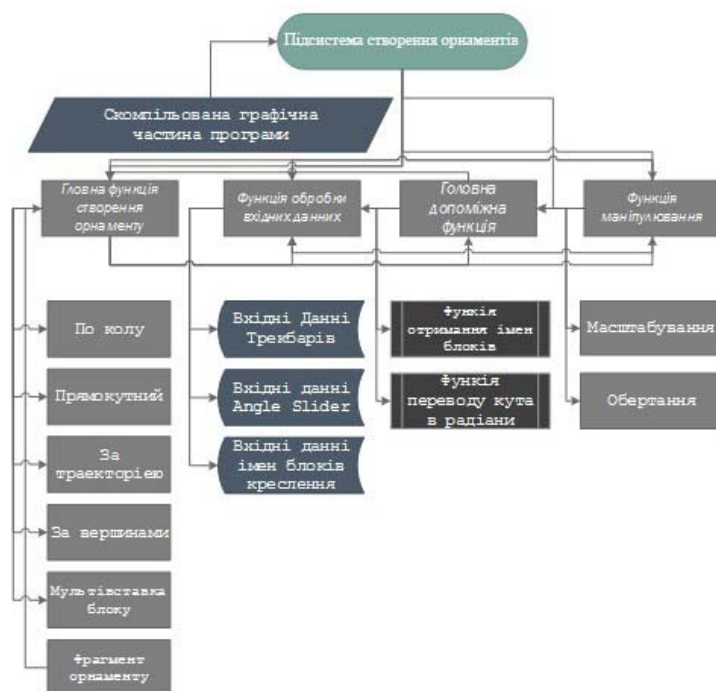


Рис. 2. Блок-схема виконуючої програми

Головна програма розділена на основні та допоміжні функції. До складу основних можна віднести функції – створення орнаменту по колу, за траєкторією, прямокутний орнамент та по вершинах.

Усі основні функції працюють окремо одна від одної, та спільно використовують тільки блоки поточного креслення.

Усі функції програми об'єднанні в одну головну функцію **Ornament**.

Вона викликається за допомогою написання у командному рядку системи AutoCAD «Ornament».

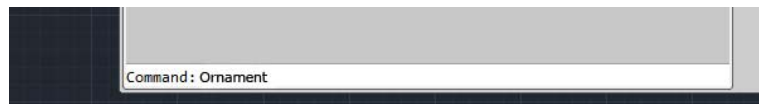


Рис. 3. Виклик програми

Розробка графічної частини

Графічна частина програми була сформована у програмі OpenDCL.

Блок схема графічної частини програми:

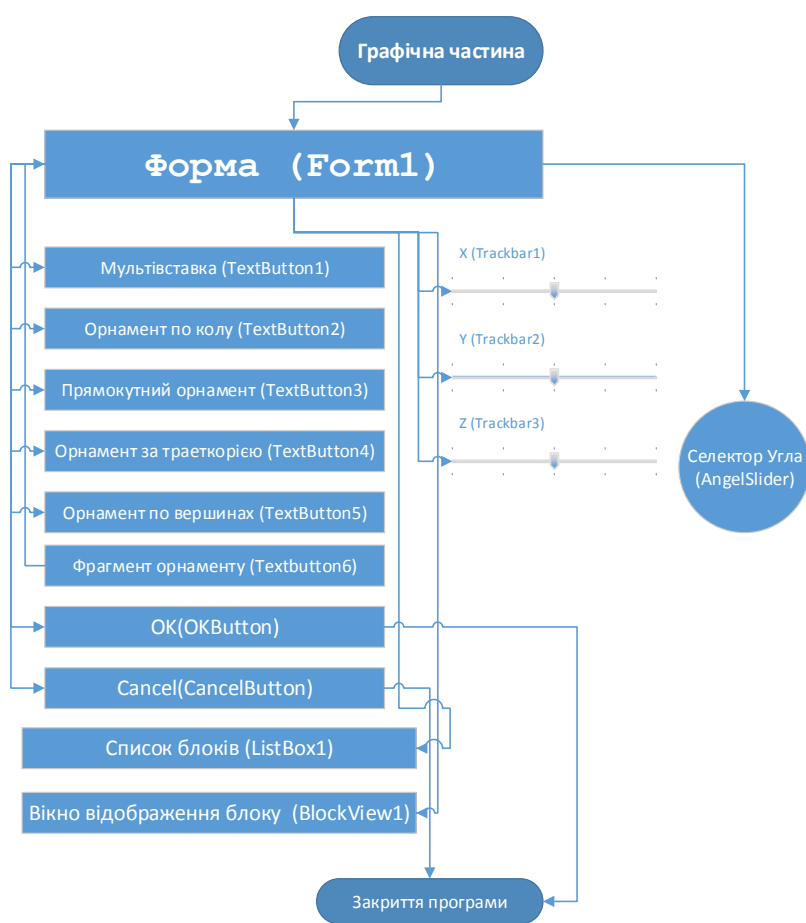


Рис. 4. Блок-схема графічної частини програми

Графічна частина програми складеться з трьох основних зон. Розташовані вони з урахуванням ергономічності та частоти використання їх у процесі використання.

Робочі зони програми створення орнаменту:

- Зона відображення – складеться з елементу **blockview** та потрібна для перегляду ескізів блоків.
- Зона маніпулювання – потрібна для регулювання параметрів обертання масштабування, на ній розташовані 3 елементи **Trackbar** та один **AngelSlider**.
- Інформаційна зона – відображає список усіх блоків креслення за допомогою допоміжної функції **GetBlockNames**.

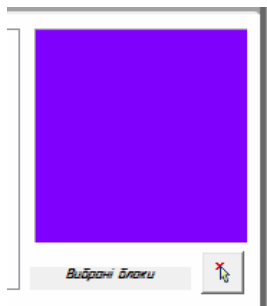


Рис. 5. Зона відображення

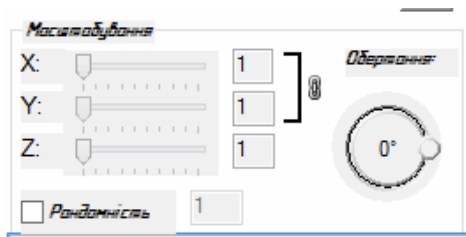


Рис. 6. Зона маніпулювання

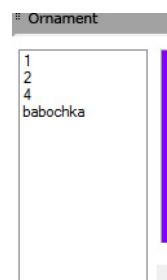


Рис. 7. Інформаційна зона

Зона створення орнаменту – складеться з головних виконуючих кнопок.

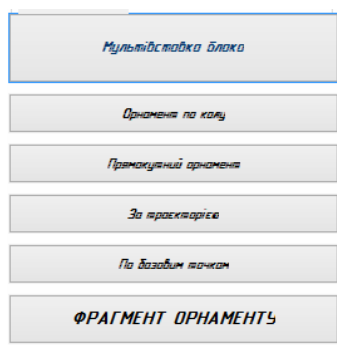


Рис. 8. Зона створення орнаменту

Робота програми. Детально розглянемо роботу усіх елементів програми. Після завантаження програми до системи AutoCAD та запуску її з командного рядка, з'являться бокова панель описана вище. Функція **GetBlockNames** отримує ім'я блоків та заносить їх до елементу ListBox бібліотеки блоків. Після натискання користувачем на ім'я потрібного блоку, він відображається в елементі **BlockViewer**.

Обраний блок потрібно вставити у площину креслення для подальшого використання за допомогою кнопки «Мультивставка блока». Якщо потрібно провести масштабування по потрібним осям міняючи положення трекбару.

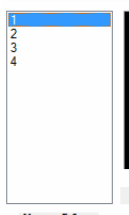


Рис. 9. ListBox

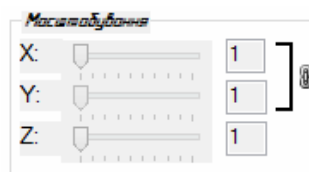


Рис. 10. Масштабування

Так само працює елемент для обертання AngelSlider.

Далі використовуємо цей блок для подальшого розповсюдження та створення орнаменту.

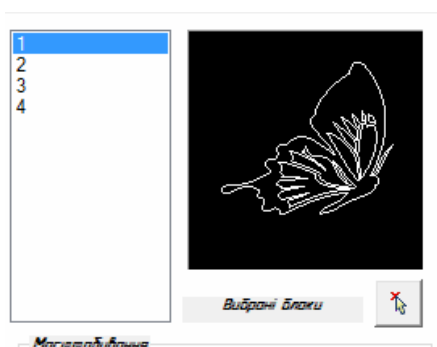


Рис. 11. Елемент BlockViewer

Перший тип орнаменту по колу.



Рис. 12. Орнамент по колу

Після декількох повторень отримуємо:



Рис. 13. Орнамент по колу з повторенням

Орнамент по колу комбінований з масштабуванням:

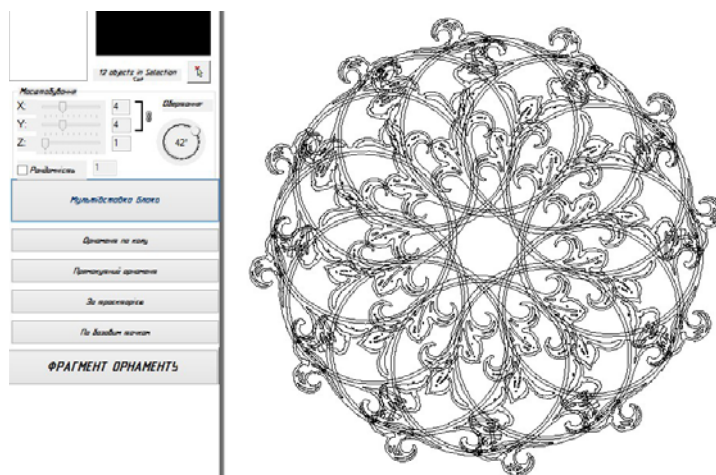


Рис. 14. Орнамент по колу з масштабуванням

Другий тип це прямокутний орнамент задається двома векторами та проміжком між елементами.



Рис. 15. Прямокутний орнамент

Зручно при використанні під різними кутами, та при ортогональному створенні орнаменту. Також можна дуже непогано комбінувати з першим типом – по колу.

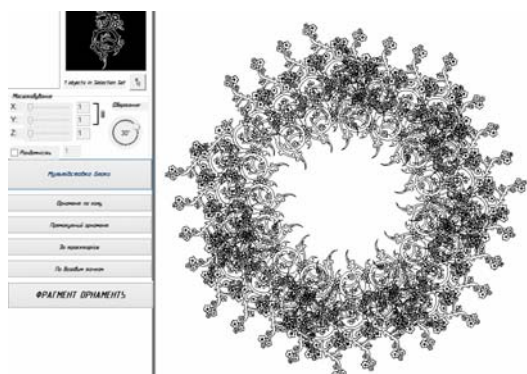


Рис. 16. Комбінований орнамент

Третій тип це створення орнаменту за заданою траєкторією. Ця функція працює з усіма типами ліній системи AutoCAD. Тому траєкторію можна завдати будь яким сплайном чи полілінією. Нижче приведений приклад створення орнаменту за траєкторією з різними типами ліній та різними блоками.

За сплайном:

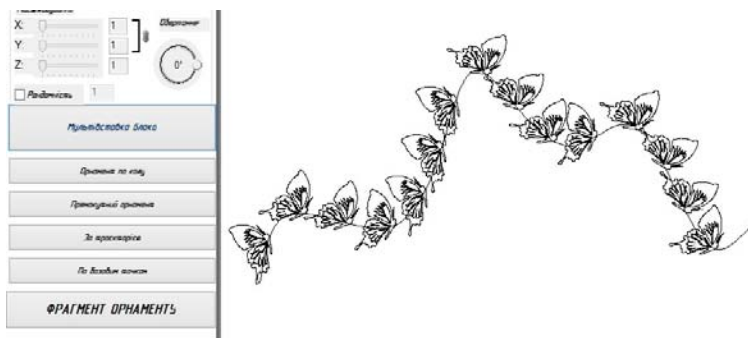


Рис. 17. Орнамент за траєкторією

Еліпс:



Рис. 18. Орнамент за траєкторією еліпсу

Дуга

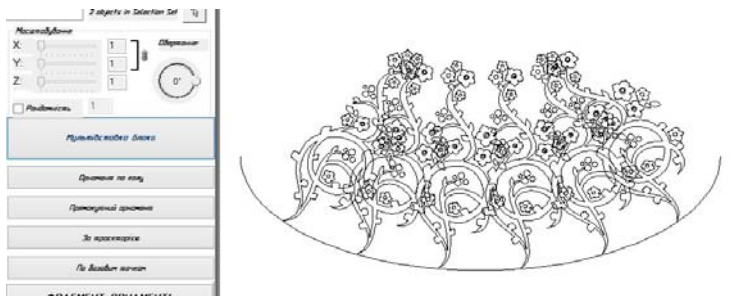


Рис. 19. Орнамент відносно дуги

Також у програмі реалізована функція «фрагмент орнаменту», вона потрібна для того якщо користувачу потрібна лише частина створеного орнаменту.

Область орнаменту обирається прямокутником.

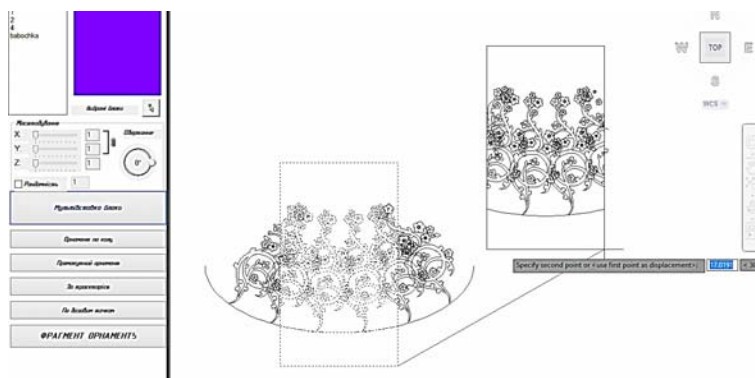


Рис. 20. Фрагмент орнаменту

Для зручності роботи з підпрограмою було створено меню, що випадає та кнопки запуску програми. Спочатку потрібно зробити щоб файл з програмою завантажувався автоматично при запуску системи AutoCAD. Для цього копіюємо його до директорії «Support». Далі включаємо цей файл в автозавантаження додатків AutoCAD.

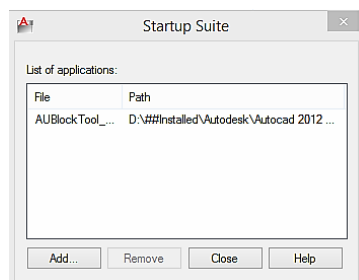


Рис. 21. Вікно автоматичного завантаження програми

Після цього в налаштуваннях користувачів створюємо команду запуску програми, та вписуємо назву команди якою запускається програма – «Ornament». Останнім кроком це було зробити панель та випадаюче меню з цією командою.

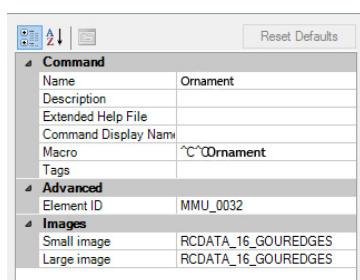


Рис. 22. Вікно налаштування кнопки до програми



Рис. 23. Панель з іконкою запуску

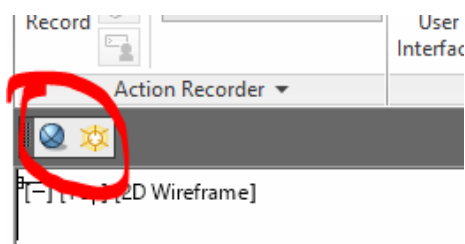


Рис. 24. Іконка на верхній панелі



Рис. 25. Випадаюче меню

Висновки. Було розроблено узагальнений алгоритм створення орнаментів і визначені закони формування геометричних орнаментів. На основі алгоритмізації цих дій була створена програма для формування орнаменту. Для цього ми розробили саму програму та окремо графічну частину для неї, відповідно до функцій усіх органів управління. Усі елементи розташовані з урахуванням усіх ергономічних питань, та згруповані по зонах що спрощує використання. Для зручності використання були розроблені елементи інтерфейсу запуску створеної програми та випадаючі меню для неї. Сфера використання цієї програми дуже різноманітна, створенні за допомогою програми орнаменти можна використовувати в інших САПР для реалізації на 3d принтерах чи верстатах с ЧПУ, наприклад з використанням у системі Autodesk ArtCAM. Наступним кроком розвитку програми можливість створення тривимірних орнаментів у САПР AutoCAD.

Список використаних джерел

1. Полещук Н. AutoCAD разработка и адаптация приложений / Н. Полещук. — БХВ-Петербург, 2004. — 900 с.
2. Полещук Н. AutoLISP і Visual LISP в середовищі AutoCAD / Н. Полещук, П. Лоскутов. — БХВ-Петербург, 2006. — 856 с.
3. Земляков А. Орнаменты / А. Земляков // Квант. — 1973 — № 3 — С. 20—27.
4. Хювёнен Е., Септянен І. Світ Лиспа. Т. 1. Введення в мову Лісп і функціональне програмування. — 2008. — 320 с.
5. Михайленко В. Є. Основи біодизайну / В. Є. Михайленко, О. В. Кашенко. — К. : Каравела, 2011. — 224 с.
6. Огюст Расинэ. Орнамент всех времен и стилей / Огюст Расинэ. — Арт-Родник. 2008. — 532 с.

Владимир ТИГАРЕВ, Аліна МАТКОВСЬКА

г. Одесса

СОЗДАНИЕ ОБОБЩЕННЫХ АЛГОРИТМОВ И ПОДСИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОРНАМЕНТОВ НА ОСНОВЕ САПР AUTOCAD

В работе рассматривается общий подход к проектированию и моделированию орнаментов средствами двумерной и трёхмерной компьютерной графики. Показаны возможные варианты выполнения элементов орнаментов в системе AutoCAD. Предложены варианты автоматизации построения орнаментов средствами систем AutoCAD и ArtCAM.

Ключевые слова: блок-схема, интерфейс, автоматизация построения, рабочие зоны, запрос, способы построения.

Tigariev VOLODYMYR, Alina MATKOVSKA

Odessa

CREATION OF GENERALIZED ALGORITHMS AND SUBSYSTEM OF AUTOMATED MODELING OF GEOMETRIC ORNAMENTS BASED ON AUTOCAD

The paper considers the overall approach to designing and modelling ornaments means 2D and 3D computer graphics. Shows the possible options for the elements of ornaments in AutoCAD. Proposes options for build automation tools AutoCAD systems ornaments and ArtCAM.

Key words: block diagram, interface, automation build, work areas, query, methods of build.

Стаття надійшла до редколегії 30.03.2017

UDC 004.627

Serhiy USTENKO

ustenko.s.a@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4968-1233

Serhiy LUKYANCHIKOV

lsd57@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6837-2930

Mykolaiv

Ivan LUKYANCHIKOV

xman82@ukr.net

ORCID: 0000-0002-7031-4932

L'viv

A SOFTWARE FOR DATA COMPRESSION USING DOUBLE DIFFERENTIAL TRANSFORMATION OF SOUND SIGNAL

This work is dedicated to development of a software for lossless audio data compression using double differential transformation of sound signal.

Keywords: software, compression, decompression, software module, algorithm, lossless compression.

The software uses a method of lossless audio data compression using double differential transformation of sound signal [1, 2]. According to the functional requirements, the software should work in two modes:

1. Compression mode.
2. Decompression mode.

Since the software should, in fact, be an archiver for RIFF WAVE sound data files, the command line interface should be considered as the most natural one for this software.

In this case the actual working mode is being selected by command line keys with appropriate parameter values. Thus, two keys are needed — for compression and decompression modes respectively.

Parameter values for the compression key, according to the functional requirements, should be:

- number of bits for saving number of amplitude values in a chunk;
- sound data file name;
- archive file name.

Decompression keys should have only one parameter value — archive file name.

For better user experience it is necessary to add one more special key without parameters for calling a brief help on how to use given software. The help should also be displayed in case if user haven't specified any command line keys.

Structure-wise, the software should contain 3 main functional modules:

- command line key analyzer module;
- sound data compression module;
- sound data decompression module.

Command line key analyzer module should be the main control module. It should call a functional module which implement desired working mode (compression, decompression) depending on the command line key. The functional diagram of software modules interaction is given by figure 1.

Sound data compression algorithm. Taking into account essence of sound data compression method using reduction of bits sufficient to represent sound signal amplitude values after double differential transformation, and according to given functional requirements for input/output data and software structure, the following sound data compression algorithm is proposed.

According to the mechanism of sound data compression using this method, it is proposed to use special coder buffer for better definition of optimal chunks of transformed sound signal amplitude values.

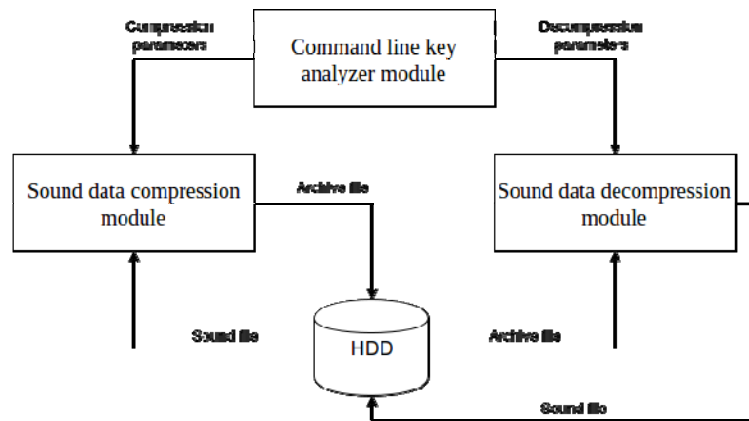


Figure 1. The functional diagram of software modules interaction

The mentioned coder buffer is needed as a temporary storage for transformed sound signal amplitude values from input sound file. Coder buffer should allow to store $l_{\max}$ of such amplitude values where $l_{\max}$ is a maximum number of amplitude values in a chunk, which is calculated depending on needed number of bits N allocated for its representation using formula:

$$l_{\max} = 2^N - 1. \quad (1)$$

Also, coder buffer should be organized as FIFO buffer: once older values are removed, all other values are shifted back, giving a free space of new ones.

According to the software specification, sound data compression algorithm should accept WAVE file name (RIFF WAVE format), archive file name and number of bits N for number of amplitude values in a chunk as input parameters.

An archive file should be generated by algorithm as an output.

Compression algorithm should have the following steps.

Step 1. Try to open WAVE file with given file name for reading. If file access error occurred, display error message and proceed to Step 9.

Step 2. Read WAVE file header and check if the file is mono, 16 bits per sample. If not — display a message about illegal file format and proceed to Step 9.

Step 3. Create archive file, write archive header and WAVE file header.

Step 4. Fill coder buffer with sound signal amplitude values from WAVE file being transformed using formula (3).

Step 5. Define optimal number of transformed amplitude values from coder buffer to represent as a chunk being transcoded using bit structure. Number of values in a chunk should be considered as optimal one if it gives maximum compression rate for this chunk; compression rate is calculated as:

$$K = \frac{m \cdot l}{N + 5 + n \cdot l}, \quad (2)$$

where m – initial number of bits per sound amplitude value before transformation.

Step 6. Remove selected chunk of transformed amplitude values from coder buffer, encode it as a bit structure and append to the archive file data.

Step 7. If end of WAVE file is not reached, proceed to Step 4.

Step 8. Display a message about successful WAVE file compression.

Step 9. End of algorithm.

Sound data decompression algorithm. For data decompression, being compressed using given method, there is no need to use coder buffer which is needed for compression stage. Decompression algorithm is much more trivial than one used for compression.

Algorithm needs only sound data archive file name as input data. Similar to compression algorithm, let's describe decompression algorithm step by step.

Step 1. Try to open archive file with given name for reading. If file access error occurred, display error message and proceed to Step 9.

Step 2. Read archive header. If archive identifier is not "DD_ARCHIVE" string, display a message about illegal archive format and proceed to Step 9.

Step 3. Read RIFF WAVE header and create corresponding WAVE file with the same name as compressed WAVE file has. Write 2 first amplitude values from archive header to the created WAVE file.

Step 4. Read a chunk of transformed amplitude values as a bit structure from the archive data.

Step 5. Decode a structure and perform reverse transformation of saved amplitude values using formula:

$$S_i = dd_i + 2S_{i-1} - S_{i-2}, \quad (3)$$

where S_i – audio amplitude value to restore; i – index of this value, $i = 3, 4, 5, \dots$; dd_i – audio amplitude value from the archive (finite second order difference); S_{i-1}, S_{i-2} – previous restored amplitude values.

Step 6. Write restored amplitude values to WAVE file.

Step 7. If end of archive file not reached, proceed to Step 4.

Step 8. Display a message about successful decompression.

Step 9. End of algorithm.

As defined in requirements for the archive file structure, it should consist of the following items:

- 1) archive header;
- 2) header of WAVE file being compressed;
- 3) data area.

According to the archive file structure, archive header should contain following data:

- 1) archive identifier;
- 2) name of WAVE file being compressed;
- 3) number of bits N for number of amplitude values in a chunk;
- 4) two first sound amplitude values from WAVE file.

According to the requirements, archive identifier should be 10 byte string "DD_ARCHIVE", which is needed to distinguish if file is a sound data archive being compressed using given compression method.

Let's allocate 256 bytes for archived WAVE file name since this is the supported file name length for the most of modern file systems. Let's use 1 byte for the number N for representation of number of amplitude values, taking to account $4 \leq N \leq 8$. For each of first two amplitude values, let's use 2 bytes (16 bits).

Compressed WAVE file header (RIFF WAVE header) is a 44-byte structure which is common and standardized, thus we do not demonstrate this one in a current work.

Archive data area, according to requirements, is a set of chunks of transformed sound amplitude values. Each of these chunks is represented using bit structure.

For practical implementation we have selected C programming language. C is a powerful standardized high-level programming language which provides high performance of compiled code compared to low-level programming languages. Compilers and environments for C programming languages are implemented for huge variety of hardware platforms and operation systems.

The following test set of sound files (RIFF WAVE, 44kHz, 16 bit/sample, mono) has been selected for testing the software:

- gamlet.wav (audio version of "Hamlet" stage play by Les Podervyanskyi) – speech audio recording, 44596268 bytes;
- moon_sonate.wav ("Moon sonate" by Beethoven, part 1) – classic music audio recording, 13291820 bytes;
- voodoo_child.wav (Jimi Hendrix, "Voodoo child") – музичний аудіозапис у стилі rock-n-blues, 27857708 bytes;
- bluesfriend.wav ("Moy drug luchshe vseh igrayet blues" by Mashina Vremeni) – rock music audio recording, 22040108 bytes;
- oskolok_lda.wav ("Oskolok L'da" by ARIA) – heavy metal music audio recording, 28726316 bytes.

Results of compression for the test files mentioned above using developed software versus WinZip and WinRAR archivers are given in tables 1–3 respectively.

As one can notice from given compression results, developed compression software allows to reach significantly higher compression rates than WinZip archiver. Sound files compression rates provided by developed software is comparable to the ones reached by WinRAR – one of the most effective modern generic archivers.

Table 1

Compression results using ddpack software

Sound file	Size before compression, bytes	Size after compression, bytes	Compression rate	Compression time, seconds
gamlet.wav	44 596 268	23 627 636	1,89	17,95
moon_sonate.wav	13 291 820	4 239 409	3,14	4,35
voodoo_child.wav	27 857 708	17 703 263	1,57	11,57
bluesfriend.wav	22 040 108	15 993 601	1,38	9,80
oskolok_lda.wav	28 726 316	20 385 314	1,41	12,78

Table 2

Compression results using WinZip

Sound file	Size before compression, bytes	Size after compression, bytes	Compression rate	Compression time, seconds
gamlet.wav	44 596 268	34 608 521	1,29	10,02
moon_sonate.wav	13 291 820	10 168 040	1,31	3,35
voodoo_child.wav	27 857 708	24 177 235	1,15	5,83
bluesfriend.wav	22 040 108	19 760 072	1,12	5,16
oskolok_lda.wav	28 726 316	26 326 441	1,09	6,66

Table 3

Compression results using WinRAR

Sound file	Size before compression, bytes	Size after compression, bytes	Compression rate	Compression time, seconds
gamlet.wav	44 596 268	24 395 329	1,83	35,69
moon_sonate.wav	13 291 820	4 155 373	3,20	7,52
voodoo_child.wav	27 857 708	17 111 539	1,63	13,82
bluesfriend.wav	22 040 108	15 033 534	1,47	13,06
oskolok_lda.wav	28 726 316	19 112 927	1,50	16,79

Average compression time is almost twice longer as for WinZip and approximately 1.5–2 times faster as for WinRAR. Thus, developed software compresses in general 2 times longer than WinZip but 1.5–2 times faster than WinRAR.

Restoring (decompression) of sound data is performed approximately 2–2.5 times faster than related compression.

This allows to state that developed software provides significant advantage in compression time, comparing to WinRAR, providing compression rates similar to WinRAR for sound data and high decompression speed.

References

1. Лукьянчиков И. С. Анализ современных методов сжатия информации и их применения к сжатию звуковых данных // «Сучасні інформаційні технології в освіті та промисловості»: матеріали II міжнародної конференції. — Миколаїв : УДМУ, 2003. — С. 75—76.
2. Лукьянчиков И. С. Способ безвратного стиснення аудіоданих на основі перетворення кінцевими різницями другого порядку // Збірник наукових праць НУК, 2006. — С. 158—161.

Сергей УСТЕНКО, Сергей ЛУКЬЯНЧИКОВ

г. Николаев

Иван ЛУКЬЯНЧИКОВ

г. Львов

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АРХИВАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ДВОЙНОГО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА

Работа посвящена разработке программного обеспечения для сжатия аудио данных без потерь с помощью двойного-дифференциального преобразования звукового сигнала.

Ключевые слова: программа, архивация, разархивирование, программный модуль, алгоритм, сжатие без потерь.

Сергій УСТЕНКО, Сергій ЛУКЬЯНЧИКОВ

м. Миколаїв

Іван ЛУКЬЯНЧИКОВ

м. Львів

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АРХІВАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ДВІЧІ-ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗВУКОВОГО СИГНАЛУ

Робота присвячена розробці програмного забезпечення для безвтратного стиснення аудіо даних за допомогою двічі-диференціального перетворення звукового сигналу.

Ключові слова: програма, архівація, розархівація, програмний модуль, алгоритм, стиснення без втрат.

Стаття надійшла до редколегії 12.04.2017

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЛОСКИХ КРИВИХ ІЗ ЗАДАНИМ ПАРАБОЛІЧНИМ РОЗПОДІЛОМ КРИВИНИ НА ОБМЕЖЕНІЙ ПЛОЩИНІ

Робота присвячена розробці нового підходу до моделювання плоскої кривої лінії із параболічним розподілом кривини на обмеженій площині. Крива, що моделюється, починається та закінчується прямолінійними ділянками. Виконаний аналіз відомих літературних джерел підтвердив необхідність розробки такого підходу, оскільки досі, як правило, розглядалися методи побудови ділянки на обмеженій площині, що розпочиналися прямолінійно, а закінчувалися круговою ділянкою. Запропонований в роботі підхід досліджувався програмними додатками створеними об'єктно-орієнтованою мовою програмування C#.

Ключові слова: крива лінія, параболічний розподіл кривини, обмежена площина, геометричне моделювання.

Постановка проблеми. Однією з важливих проблем, що постають перед економікою України, є зростання ефективності виробничих процесів, розробка та впровадження нових сучасних технологій, підвищення ефективності машин, апаратів, двигунів, зниження трудових та енергетичних витрат, економія сировини та природних мінеральних і паливних ресурсів, зниження та запобігання забрудненню довкілля. Розв'язання цієї проблеми неможлива без глибокого проникнення в фізичну сутність явищ, що досліджуються, розробки та вдосконалення відповідних теоретичних положень, впровадження досягнутих наукових результатів у виробництво [5].

Геометричне моделювання плоских кривих ліній є невід'ємним етапом проектування криволінійних обводів технічно складних об'єктів таких галузей економічної діяльності, як: архітектурно-будівельної, металообробної, сільгоспмашинобудівної, літакобудівної, турбо- та компресоробудівної тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують багато різних підходів до геометричного моделювання плоских кривих ліній за заданими граничними умовами. Один із них оснований на понятті інтегральної моделі кривої і запропонований в роботі [4], отримав подальший розвиток у роботах вчених та їх учнів Миколаївського осередку Української асоціації з прикладної геометрії, які займаються, зокрема, питаннями геометричного моделювання кривих ліній і поверхонь складних об'єктів різних галузей технологічно складних галузей промисловості. Ці об'єкти мають особливості, обумовлені специфічними умовами роботи, і тому потребують розробки спеціальних підходів до утворення плоских кривих і на їх основі поверхонь. Важливими характеристиками, що подаються до обводів, є неперервність кривини і скруту

В узагальненому вигляді питання геометричного моделювання просторових і плоских криволінійних обводів висвітлене в роботі [11]. Плоским криволінійним обводам, а також питанням їх моделювання із застосуванням графіків розподілу кривини присвячені також публікації [1, 2, 4, 7, 8, 10, 12].

Постановка завдання. Робота присвячена розробці нового підходу до побудови плоскої кривої лінії із параболічним розподілом кривини на обмеженій площині. Така задача виникає у випадках коли потрібно криволінійний обвід розмістити на площині, що обмежена якимось об'єктом, наприклад криволінійну ділянку залізничної колії в гірській місцевості.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо ділянку плоскої кривої лінії, показану на рис. 1 [5], на якому застосовані такі позначення: S – довжина дуги ділянки; ds – диференціал дуги; $\varphi(0)$ – кут нахилу дотичної в початковій точці; $\varphi(S)$ – кут нахилу дотичної в кінцевій точці кривої.

Цій кривій відповідає деякий графік розподілу її кривини $K(s)$, побудований в залежності від довжини дуги обводу (рис. 2).

Якщо графік розподілу кривини відомий, то побудувати криву, що йому відповідає, можна без особливих проблем. Дійсно, диференціал дуги ds за відомим значенням кута нахилу дотичної до осі x дорівнює:

$$ds = d\varphi / K(s).$$

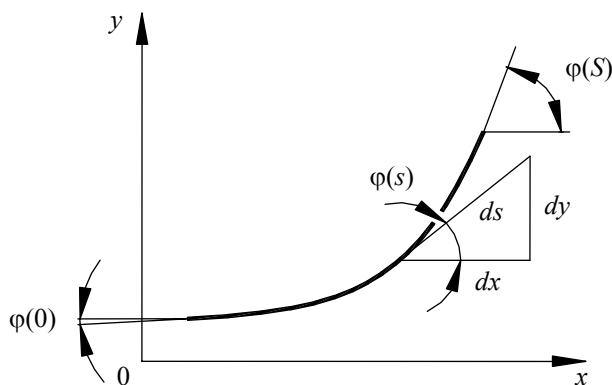


Рис. 1. Ділянка плоскої кривої

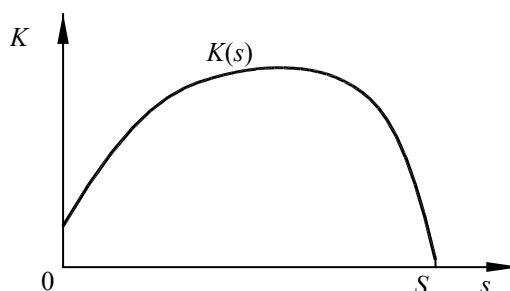


Рис. 2. Графік розподілу кривини

Інтегруванням з цього виразу можна знайти кут нахилу дотичної до кривої в довільній її точці:

$$\varphi(s) = \varphi(0) + \int_0^s K(s) ds.$$

Знайдемо рівняння кривої, яка утворюється на базі заданого розподілу кривини. З рис. 1 випливає, що

$$dx = ds \cos \varphi(s);$$

$$dy = ds \sin \varphi(s).$$

Інтегруванням цих виразів отримаємо параметричне рівняння кривої, в якому за параметр прийнято довжину дуги:

$$x(s) = x(0) + \int_0^s \cos \varphi(s) ds;$$

$$y(s) = y(0) + \int_0^s \sin \varphi(s) ds,$$

де $x(0)$, $y(0)$ – координати початкової точки кривої.

Ці рівняння є рівняннями клотоїди.

При геометричному моделюванні плоских кривих ліній існують певні обмеження на їх форму. Наприклад:

- крива повинна починатися і/або закінчуватися у заданих точках;
- крива повинна проходити через одну або декілька проміжних точок;
- в початковій і/або кінцевій точках потрібно забезпечити задані кути нахилу дотичних;
- потрібно забезпечити задані кути нахилу дотичних до кривої в проміжних точках;
- в початковій і/або кінцевій точках потрібно забезпечити задані кривини;
- потрібно забезпечити задані кути кривини в проміжних точках тощо.

Крім того, можуть виникати зовнішні обмеження, прикладом якого є обмеження площини, на якій буде розташовано ділянку плоскої кривої лінії. Дана проблема вже неодноразово розглядалась вченими, зокрема Миколаївського осередку Української асоціації з прикладної геометрії, але стосовно залізничної колії, що необхідно прокладати на обмеженій за розмірами ділянці місцевості [3, 6, 9].

В роботах під обмеженням автори розуміли наявну в розпорядженні проектанта відстань від початку перехідної кривої (плоска крива лінія) на прямолінійній ділянці колії (точка A) до дотичної до кругової ділянки шляху (точка B). Дотична до кругової ділянки проводилася перпендикулярно до передбачуваного продовження прямолінійної рейки шляху (рис. 3).

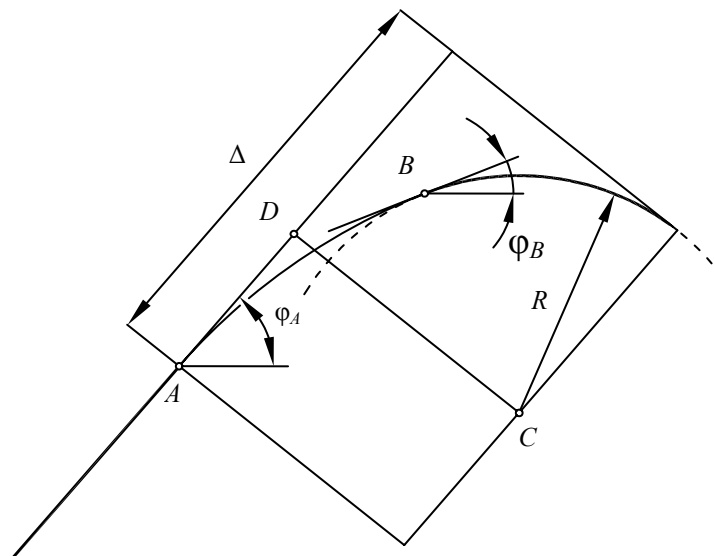


Рис. 3. До устрою перехідної кривої

Побудову перехідної ділянки пропонувалося здійснювати з використанням кривої, кривина якої описується кубічною залежністю від довжини її дуги s :

$$k(s) = as^3 + bs^2 + cs + d.$$

де коефіцієнти a , b , c і d визначаються в процесі моделювання кривої.

В даній роботі пропонується виконувати геометричне моделювання кривої лінії на обмеженій площині, кривина якої описується параболічним законом розподілу кривини.

Розглянемо ділянку плоскої кривої, яка генерується за умови, що задано графік параболічного розподілу кривини кривої, залежно від її довжини (рис. 4).

Опишемо криву, показану на рисунку, параболою другого степеня:

$$K(s) = as^2 + bs + c,$$

де $K(s)$ – параболічна залежність кривини від довжини дуги, $c = K_1$, а інші коефіцієнти знаходяться в залежності $as + b = \frac{K_2 - K_1}{S}$.

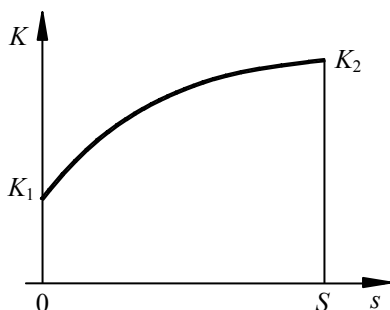


Рис. 4. Графік параболічного розподілу кривини

Формула для визначення кута нахилу дотичної набуде такого вигляду:

$$\varphi(s) = \varphi(0) + s \left(s \left(\frac{as}{3} + \frac{b}{2} \right) + c \right).$$

Моделювати плоску криву лінію будемо для випадку коли є дві прямолінійні ділянки обводу, що знаходяться під різними кутами до горизонталі (φ_0 і φ_1), які потрібно з'єднати кривою лінією із забезпеченням неперервної кривини на ділянці (рис. 5).

Крива лінія будується між точками A і B , в яких задані кути нахилу дотичних (кути нахилу прямолінійних ділянок) та кривина (для прямолінійної ділянки дорівнює 0). Обмеженням по площині є пряма лінія паралельна лінії, що з'єднує точки A і B та знаходиться на заданій відстані від неї $f_{\max}$.

Крива, що моделюється буде складатись з двох криволінійних ділянок заданих параболічним розподілом кривини, де точкою стикування буде точка C , що знаходиться на максимальній відстані від лінії, яка з'єднує точки A і B .

Для спрощення побудови криволінійних ділянок, геометричне моделювання будемо виконувати в прямокутній системі координат, центр якої знаходиться в точці A , а вісь x проходить через точку B (рис. 6).

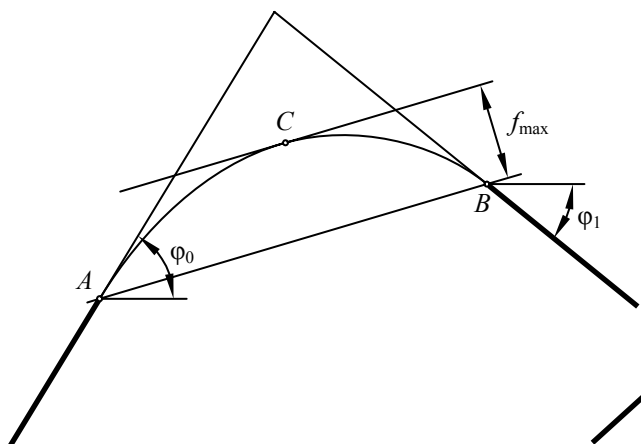


Рис. 5. Формування обмежень для кривої з параболічним розподілом кривини

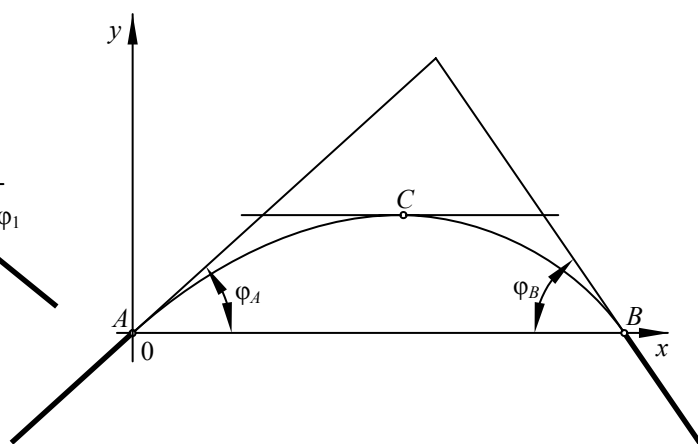


Рис. 6. Система координат для моделювання

Тоді кути нахилу дотичних в початковій та кінцевій точках будуть дорівнювати новим значенням – φ_A і φ_B :

$$\varphi_A = \varphi_0 - \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad \varphi_B = \varphi_1 - \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}.$$

Рівняння розподілів кривини криволінійних ділянок будуть мати наступний вигляд:

$$K_1(s) = a_1 s^2 + b_1 s + c_1; \quad K_2(s) = a_2 s^2 + b_2 s + c_2,$$

де $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$ – невідомі коефіцієнти розподілів кривини, що знаходяться в результаті моделювання криволінійних ділянок.

В точках A і B кривина ліній буде дорівнювати 0, а в точці C – кривина першої ділянки дорівнює кривині другої ділянки, отже:

$$K_1(0) = c_1 = 0;$$

$$K_2(S) = a_2 S^2 + b_2 S + c_2 = 0;$$

$$K_1(s_{\max}) = a_1 s_{\max}^2 + b_1 s_{\max} + c_1 = a_2 s_{\max}^2 + b_2 s_{\max} + c_2 = K_2(s_{\max}),$$

де S – довжина криволінійної ділянки від точки A до точки B ; $s_{\max}$ – довжина криволінійної ділянки від точки A до точки C . Значення довжин знаходяться в результаті моделювання.

Після перетворень, із даних виразів випливає, що

$$c_1 = 0; \quad a_2 = -\frac{c_2}{S^2} - \frac{b_2}{S}; \quad a_1 = c_2 \frac{S^2 - s_{\max}^2}{s_{\max}^2 S^2} + b_2 \frac{S - s_{\max}}{s_{\max} S} - \frac{b_1}{s_{\max}}.$$

Таким чином, рівняння розподілів кривини криволінійних ділянок будуть такими:

$$K_1(s) = \frac{s^2}{s_{\max}} \left(c_2 \frac{S^2 - s_{\max}^2}{s_{\max} S^2} + b_2 \frac{S - s_{\max}}{S} - b_1 \right) + b_1 s;$$

$$K_2(s) = c_2 + b_2 s - \frac{s^2}{S} \left(c_2 \frac{1}{S} + b_2 \right).$$

Формули для визначення кутів нахилу дотичних до кривої буде мати такий вигляд:

$$\varphi_1(s) = \varphi_A + \frac{s^3}{3s_{\max}} \left(c_2 \frac{S^2 - s_{\max}^2}{s_{\max} S^2} + b_2 \frac{S - s_{\max}}{S} - b_1 \right) + b_1 \frac{s^2}{2};$$

$$\varphi_2(s) = \varphi_C + c_2 s + b_2 \frac{s^2}{2} - \frac{s^3}{3S} \left(c_2 \frac{1}{S} + b_2 \right).$$

В точках A і B кути нахилу дотичних задаються, а в точці C – кут нахилу дотичної дорівнює куту дотичної другої ділянки і дорівнює 0, отже:

$$\varphi_1(s_{\max}) = \varphi_A + \frac{s_{\max}^2}{6} \left(2c_2 \frac{S^2 - s_{\max}^2}{s_{\max} S^2} + 2b_2 \frac{S - s_{\max}}{S} + b_1 \right) = 0;$$

$$\varphi_2(s_{\max}) = \varphi_C + s_{\max} \left[c_2 + b_2 \frac{s_{\max}}{2} - \frac{s_{\max}^2}{3S} \left(c_2 \frac{1}{S} + b_2 \right) \right] = \varphi_C;$$

$$\varphi_2(S) = \varphi_C + b_2 \frac{S^2}{6} + c_2 \frac{2S}{3} = \varphi_B.$$

Підставимо граничні умови і після перетворень, отримаємо

$$b_1 = -\frac{6\varphi_A}{s_{\max}^2} - \frac{2\varphi_B(3S - s_{\max})}{S^2(S - s_{\max})}; \quad b_2 = 2\varphi_B \frac{3S^2 - s_{\max}^2}{S^2(S - s_{\max})^2}; \quad c_2 = -\varphi_B \frac{s_{\max}(3S - 2s_{\max})}{S(S - s_{\max})^2}.$$

Отримані вирази для невідомих підставимо до рівнянь кривини

$$K_1(s) = 6\varphi_A \frac{s}{s_{\max}^2} \left(\frac{s}{s_{\max}} - 1 \right) + \varphi_B \frac{s(3S - s_{\max})}{S^2(S - s_{\max})} \left(\frac{3s}{s_{\max}} - 2 \right);$$

$$K_2(s) = \varphi_B \frac{s \left[2(3S^2 - s_{\max}^2) - 3s(2S - s_{\max}) \right] - Ss_{\max}(3S - 2s_{\max})}{S^2(S - s_{\max})^2}.$$

та кутів нахилу дотичних до криволінійних ділянок

$$\varphi_1(s) = \varphi_A \left[1 + \frac{s^2}{s_{\max}^2} \left(\frac{2s}{s_{\max}} - 3 \right) \right] + \varphi_B \frac{s^2(3S - s_{\max})}{S^2(S - s_{\max})} \left(\frac{s}{s_{\max}} - 1 \right);$$

$$\varphi_2(s) = \varphi_B \frac{s \left\{ s \left[(3S^2 - s_{\max}^2) - s(2S - s_{\max}) \right] - Ss_{\max}(3S - 2s_{\max}) \right\}}{S^2(S - s_{\max})^2}.$$

Перевіримо отримані формули. Для цього підставимо граничні умови для кривини та розподілу кривини в рівняння:

$$K_1(0) = 0; \quad K_2(S) = 0;$$

$$K_1(s_{\max}) = \varphi_B \frac{s_{\max}(3S - s_{\max})}{S^2(S - s_{\max})}; \quad K_2(s_{\max}) = \varphi_B \frac{s_{\max}(3S - s_{\max})}{S^2(S - s_{\max})}.$$

$$\varphi_1(0) = \varphi_A; \quad \varphi_2(S) = \varphi_B; \quad \varphi_1(s_{\max}) = 0; \quad \varphi_2(s_{\max}) = 0.$$

Таким чином, отримаємо вирази для визначення невідомих коефіцієнтів параболічного розподілу кривини в залежності від граничних умов:

$$a_1 = \frac{6\varphi_A}{s_{\max}^3} + 3\varphi_B \frac{3S - s_{\max}}{s_{\max} S^2 (S - s_{\max})}; \quad a_2 = -3\varphi_B \frac{2S - s_{\max}}{S^2 (S - s_{\max})^2};$$

$$b_1 = -\frac{6\varphi_A}{s_{\max}^2} - 2\varphi_B \frac{3S - s_{\max}}{S^2 (S - s_{\max})}; \quad b_2 = 2\varphi_B \frac{3S^2 - s_{\max}^2}{S^2 (S - s_{\max})^2};$$

$$c_1 = 0; \quad c_2 = -\varphi_B \frac{s_{\max} (3S - 2s_{\max})}{S (S - s_{\max})^2}.$$

Криволінійний обвід, отриманий за допомогою параболічного розподілу кривини, в загальному випадку матиме такий вигляд:

$$x(s) = x(0) + \int_0^s \cos \left(\varphi(0) + s \left(s \left(\frac{as}{3} + \frac{b}{2} \right) + c \right) \right) ds;$$

$$y(s) = y(0) + \int_0^s \sin \left(\varphi(0) + s \left(s \left(\frac{as}{3} + \frac{b}{2} \right) + c \right) \right) ds.$$

Враховуючи, що ділянка криволінійного обводу складається з двох кривих, кривина яких змінюється за параболічним законом розподілу, та враховуючи граничні умови, рівняння ділянок будуть наступними:

$$x_1(s) = x_A + \int_0^s \cos \varphi_1(s) ds; \quad y_1(s) = y_A + \int_0^s \sin \varphi_1(s) ds;$$

$$x_2(s) = x_C + \int_{s_{\max}}^s \cos \varphi_2(s) ds; \quad y_2(s) = y_C + \int_{s_{\max}}^s \sin \varphi_2(s) ds.$$

Одна з граничних умов, а саме обмеження площини, не впливає на кривину та кут нахилу дотичної, тому розглянемо додаткові рівняння, що це обмеження враховують. У випадку якщо координата y точки C , отриманої кривої, не відповідає значенню $f_{\max}$, потрібно змістити точки A і B вздовж прямолінійних ділянок на значення Δf (рис. 7).

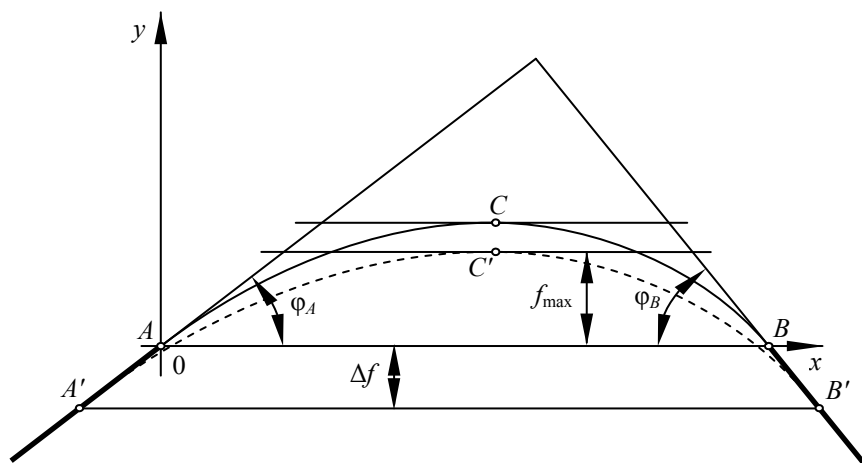


Рис. 7. Зміна початкової та кінцевої точки

Таким чином, з урахуванням всіх граничних умов, рівняння першої ділянки набудуть наступного вигляду:

$$x_1(s) = x_A - \frac{\Delta f}{\tan \varphi_A} + \int_0^s \cos \varphi_1(s) ds; \quad y_1(s) = y_A - \Delta f + \int_0^s \sin \varphi_1(s) ds.$$

Підставимо до отриманих рівнянь координати проміжної C та кінцевої B точок:

$$x_C = x_A - \frac{\Delta f}{\tan \varphi_A} + \int_0^{s_{\max}} \cos \varphi_1(s) ds; \quad f_{\max} = y_A - \Delta f + \int_0^{s_{\max}} \sin \varphi_1(s) ds;$$

$$x_B - \frac{\Delta f}{\tan \varphi_B} = x_C + \int_{s_{\max}}^S \cos \varphi_2(s) ds; \quad y_B - \Delta f = f_{\max} + \int_{s_{\max}}^S \sin \varphi_2(s) ds.$$

В цих рівняннях чотири невідомих, але їх можна звести до двох рівнянь з двома невідомими, якщо виконати відповідні перетворення. Наведемо вирази для знаходження двох інших невідомих:

$$x_C = -\frac{\Delta f}{\tan \varphi_A} + \int_0^{s_{\max}} \cos \varphi_1(s) ds;$$

$$\Delta f = k \left[-x_B + \int_0^{s_{\max}} \cos \varphi_1(s) ds + \int_{s_{\max}}^S \cos \varphi_2(s) ds \right],$$

де $k = \frac{\sin \varphi_A \sin \varphi_B}{\sin(\varphi_B - \varphi_A)}.$

Отже, для розв'язання задачі моделювання криволінійного обводу з параболічним розподілом кривини на обмеженій площині достатньо розв'язати систему інтегральних рівнянь з невідомими $s_{\max}$ і S :

$$\int_0^{s_{\max}} [\sin \varphi_1(s) - k \cos \varphi_1(s)] ds - k \int_{s_{\max}}^S \cos \varphi_2(s) ds = f_{\max} - kx_B;$$

$$\int_{s_{\max}}^S [\sin \varphi_2(s) + k \cos \varphi_2(s)] ds + k \int_0^{s_{\max}} \cos \varphi_1(s) ds = -f_{\max} + kx_B.$$

Отриману систему рівнянь можна розв'язати тільки числовим методом, наприклад, методом Ньютона.

Висновки і перспективи досліджень. Отримано систему параметричних інтегральних рівнянь, що описує плоску криву лінію заданого параболічного розподілу кривини на обмеженій площині. На основі цієї системи запропоновано підхід до геометричного моделювання плоскої кривої лінії, що проходить через дві точки з заданими в них кутами нахилу дотичних і обмеженням на площині.

Подальші дослідження слід спрямувати в напрямі розробки програмного інструментарію з геометричного моделювання ділянки кривої лінії заданої параболічним розподілом кривини на обмеженій площині.

Список використаних джерел

1. Бадаєв С. Ю. Криволінійний обвід за заданим законом кривини на основі колового сплайну / С. Ю. Бадаєв // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К. : КНУБА, 2002. — Вип. 71. — С. 172—177.
2. Борисенко В. Д. Геометричне моделювання плоских кривих із застосуванням лінійного елемента кривини / В. Д. Борисенко, С. А. Устенко, В. Є. Спіцин // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К. : КНУБА, 2006. — Вип. 76. — С. 43—49.
3. Борисенко В. Д. К вопросу моделирования переходной кривой на ограниченном участке / В. Д. Борисенко, С. А. Устенко // Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании: Тезисы X Международной научно-практической конференции (Днепр, 14—15 декабря 2016 г.). — Д. : ДИИТ, 2016. — С. 89—90.
4. Михайленко В. Є. Дискретне моделювання на базі інтегральної моделі кривої / В. Є. Михайленко, В. Г. Лі // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К. : КНУБА, 1999. — Вип. 66. — С. 3—8.
5. Устенко С. А. Геометрична теорія моделювання криволінійних форм лопаткових апаратів турбомашин з оптимізацією їх параметрів: дис. ... доктора техн. наук: 05.01.01 / Устенко Сергій Анатолійович. — К. : 2013. — 349 с.
6. Устенко С. А. Геометричне моделювання перехідної кривої на обмеженій площині / С. А. Устенко, С. В. Діданов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 4 «Прикладна геометрія та інженерна графіка». — Мелітополь : ТДАТУ, 2011. — Т. 51. — С. 116—120.

7. Устенко С. А. Геометричне моделювання плоских кривих з заданою кривиною в граничних точках / С. А. Устенко // Вестник Херсонского национального технического университета. — Херсон : ХНТУ, 2014. — Вып. 3(50). — С. 619—623.
8. Устенко С. А. Дослідження кривих ліній, заданих кубічним розподілом кривини / С. А. Устенко, С. В. Діданов, О. Ю. Агарков // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2014. — № 2 (50). — С. 164—172.
9. Устенко С. А. Комп'ютерна реалізація методу геометричного моделювання перехідної кривої на обмеженій площині / С. А. Устенко, С. В. Діданов // Міжвузівський збірник «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». Вип. 6. — Луцьк, 2011. — С. 253—257.
10. Устенко С. А. Подання кривини обводів алгебраїчною кривою 4-го порядку / С. А. Устенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 4 «Прикладна геометрія та інженерна графіка». — Мелітополь : ТДАТУ, 2014. — Т. 58. — С. 144—148.
11. Фокс А. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве / А. Фокс, М. Пратт. — М. : Мир, 1982. — 304 с.
12. Pal T. K. Two-dimensional curve synthesis using liner curvature elements / T. K. Pal, A. W. Nutbourne // Computer Aided Design. — 1977. — Vol. 9. — No 2. — P. 77—84.

Serhiy USTENKO, Oleksandr SYNIIVIN
Mykolaiv

GEOMETRICAL MODELING OF FLAT CURVES WITH A PARABOLIC DISTRIBUTION OF CURVATURE ON A LIMITED PLANE

The work is devoted to the development of a new approach to modeling a plane curve of a line with a parabolic curvature distribution on a limited plane. The simulated curve starts and ends with straight sections. The analysis of well-known literature sources confirmed the necessity of developing such an approach, since till now, as a rule, methods for constructing a section on a bounded plane, starting straight ahead and ending with a circular section, are considered. The approach proposed in the work was investigated by software applications created on the object-oriented programming language C#.

Key words: curved line, parabolic curvature distribution, limited plane, geometric modeling.

Сергей УСТЕНКО, Александр СИНЯВИН
г. Николаев

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОСКИХ КРИВЫХ С ЗАДАНЫМ ПАРАБОЛИЧЕСКИМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ КРИВИЗНЫ НА ОГРАНИЧЕННОЙ ПЛОСКОСТИ

Работа посвящена разработке нового подхода к моделированию плоской кривой линии с параболическим распределением кривизны на ограниченной плоскости. Моделируемая кривая начинается и заканчивается прямолинейными участками. Выполненный анализ известных литературных источников подтвердил необходимость разработки такого подхода, поскольку до сих пор, как правило, рассматриваются методы построения участка на ограниченной плоскости, начинающиеся прямолинейно, а заканчивающиеся круговым участком. Предложенный в работе подход исследовался программными приложениями созданными на объектно-ориентированном языке программирования C#.

Ключевые слова: кривая линия, параболическое распределение кривизны, ограниченная плоскость, геометрическое моделирование.

Стаття надійшла до редколегії 12.04.2017

ВИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ ОБЛАСТІ ЗАБРУДНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ДИСКРЕТНО-ІНТЕРПОЛЯЦІЙНИМ МЕТОДОМ

Актуальність і новина даної роботи полягає у використанні дискретно-інтерполяційного методу щодо моделювання складних багатопараметричних екологічних процесів, систем та середовищ, створенні дискретно-інтерполяційної екоматриці, як геометричної моделі таких систем, у зв'язку з суттєвим підвищенням вимог щодо якості кінцевих результатів задач прогнозування екологічної безпеки певної території та процесів, що на ній відбуваються, визначення локальних областей забруднення.

Ключові слова: дискретні моделі, інтерполяція, вузол інтерполяції, екоматриця, екологія, екологічні системи та середовища.

Екологічні процеси, системи та середовища – це структури, що мають велику кількість параметрів та компонентів, які характеризуються ще й неоднорідністю та анізотропією у просторі. Більш того, вони ще й суттєво залежать від певних зовнішніх факторів, які інколи просто неможливо передбачити. Моделювання багатопараметричних систем та середовищ є занадто складною задачею, і практично неможливо побудувати континуальну математичну модель таких систем та середовищ. Таку ситуацію можна прослідкувати на прикладі такого великого об'єкту, як, наприклад, аеропорт, де існує багато факторів, пов'язаних, у тому числі, із забрудненням довкілля та негативним впливом на здоров'я людей.

Отже, побудова дискретних геометричних моделей складних екологічних систем та середовищ є досить актуальною задачею.

У науковій літературі досить рідко зустрічаються окремі випадки розглядання питань геометричного моделювання складних багатопараметричних об'єктів та середовищ, а також побудови їх математичних моделей, і, як правило, вони носять описовий та статистичний характер. В першу чергу це стосується таких багатопараметричних об'єктів, систем і середовищ, як, наприклад, екологічні, геологічні, гідрологічні, енергетичні системи та середовища тощо, які відрізняються великою кількістю різноманітних та різноякісних параметрів, і для яких етап моделювання, подальшого проектування, попередньої експертної оцінки, аналіз та прогнозування зміненого стану є вкрай важливими практичними задачами. Зазначимо, що алгоритми та методи геометричного моделювання складних багатопараметричних саме таких об'єктів та середовищ із побудовою їх математичних моделей у літературних джерелах практично відсутні. Звідки і випливають наступні цілі дослідження.

Метою даної роботи є на основі дискретно-інтерполяційного методу розробка та побудова дискретних математичних (геометричних) моделей складних багатопараметричних систем та середовищ із врахуванням певних наперед заданих умов для їх подальшого раціонального моделювання, проектування, прогнозування та експертного оцінювання.

Створення математичної, а точніше, геометричної моделі таких систем та середовищ пропонується на основі підходу, що базується на дискретно-інтерполяційному методі, розробленого автором, який передбачає побудову деяких однопараметричних множин певних математичних об'єктів, наприклад, певного чисельного масиву дійсних параметрів, що характеризують деяке екологічне середовище. Саме такою, власне кажучи, й є задача прогнозування екологічної безпеки певної території та процесів, що відбуваються на ній.

Важливим моментом є той факт, що певні параметри, або ж компоненти фактично вимірюються в деякий час і в деяких місцях. Тобто ця інформація, яка з часом, зрозуміло, змінюється, носить яскраво виражений дискретний характер.

Стає зрозумілим, що в таких випадках доцільним може бути використання саме дискретного підходу. Зазначимо, що одним з найпоширеніших та раціональних як раз і є саме дискретний спосіб

представлення інформації про об'єкт чи систему, що моделюється. Такі моделі оптимально підходять для подальшого моделювання та проектування у зв'язку з подальшим ускладненням антропогенних систем та процесів із великим рівнем їх параметричності.

У якості основи для створення дискретно-інтерполяційних геометричних моделей екологічних процесів, систем та середовищ стали інтерполяційні поліноми Лагранжа. На нашу думку, вибір саме такого базису серед інших інтерполяційних поліномів є оптимальним. Це обумовлено необов'язковим рівномірним розташуванням вузлів інтерполяції, можливістю представлення по кожній змінній своєї кількості вузлів інтерполяції, а також умовами збіжності.

Як уже відзначалося у попередніх роботах автора, оригінальним і нетрадиційним є підхід, коли під вузлами інтерполяції розуміються не точки, як це у традиційному математичному розумінні, а більш складні математичні об'єкти (наприклад, масиви, матриці, тензори тощо), або ж навіть певні процеси та системи, що представлені у вигляді деяких функціоналів, як сукупності їх властивостей та параметрів, що мають неоднорідну структуру.

Наприклад, нехай $F(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m)$ – багатопараметрична неявно задана функція. Сформуємо її у вигляді деякого функціонала $\Phi(p_{ij})$, що заданий матрицею $M[i, j]$.

$$\Phi(p_{ij}) = F(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m); M[i, j] = \Phi(p_{ij}),$$

де $p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m$ – екологічні різноструктурні та різноякісні параметри (показники забруднення, рівень концентрації певних речовин, врахування природних особливостей середовищ тощо). Тоді, відповідно,

$M[i, j]$ набуває такого виразу:

$$M[i, j] = \begin{pmatrix} p_{1,1} & p_{1,2} & \dots & \dots & p_{1,n} \\ p_{2,1} & p_{2,2} & \dots & \dots & p_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m,1} & p_{m,2} & \dots & \dots & p_{m,n} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Очевидно, що (1) є дійсною, тому що всі її члени є такими, а також кінцевою ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$).

Тобто $M[i, j]$ і є вузловою дискретно-інтерполяційною екологічною матрицею прямокутного типу. Схему розташування саме таких вузлів інтерполяції, як наведено в (1), надалі ми і будемо розуміємо під схемою інтерполяції.

Зрозуміло, що кількість параметрів (1) практично може бути занадто великою, що суттєво ускладнить роботу з такими математичними об'єктами. У зв'язку з чим можна запропонувати такий прийом, як розбиття матриці на менші прямокутні підматриці, й надалі працювати з ними, використовуючи певні ітераційні алгоритми. Взагалі, результати багатьох досліджень показують, що оптимальним є використання так званих квадратних матриць, а це, в свою чергу, створює значно більшу варіативність щодо математичного опрацювання, наприклад, розкладання, приведення до певного виду, наприклад, діагонального, на основі перетворень подібності.

Зазначимо, що такий підхід щодо моделювання екологічних систем, процесів чи екологічних ситуацій у літературі практично відсутній.

Розглядаючи (1) у якості певного вузла інтерполяції, використаємо інтерполяційний поліном Лагранжа і в випадку одновимірної інтерполяції отримаємо $\Phi(p_{ij})$ як

$$\Phi(p_{i,j}) = \sum_{i=0}^{n-1} M_i(i, j) \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{n-1} \frac{u - u_j}{u_i - u_j}, \quad (2)$$

де u – параметр інтерполяції, наприклад, вектор спрямованості у певному напрямку поширення впливу того чи іншого параметра; n – кількість вузлів інтерполяції.

Вираз (2) являє собою узагальнену дискретно-інтерполяційну екоматрицю і є дискретною геометричною моделлю певної системи чи екологічного середовища.

Однопараметричні множини, отримані на основі даного підходу, є дискретними математичними моделями екологічних процесів, систем, та середовищ. Елементом таких множин є деяка дискретна

функція, що у загальному випадку може бути представлена, як дискретний чисельний масив, розмірність якого може варіюватись.

Враховуючи той факт, що екологічна система – це багатопараметричне середовище, її геометричну модель можна вдосконалювати, застосовуючи, наприклад, двовимірну і більше інтерполяцію. Так, у випадку двовимірної інтерполяції можна знайти вид степеневого многочлена $\Phi_{m,n}(p_{i,j}, u, v)$ степеня m по u та n по v , та визначити значення функціонала $\Phi_{m,n}(p_{i,j}, u, v)$ у довільній точці з параметрами (u, v) . Тоді аналогічно (2) можна отримати такий вираз для двовимірної інтерполяції за Лагранжем:

$$\Phi_{m,n}(u, v) = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} F_{i,j}(p_1, p_2, \dots, p_t) \prod_{\substack{p=0 \\ p \neq i}}^{m-1} \prod_{\substack{q=0 \\ q \neq j}}^{n-1} \frac{(u - u_i)(v - v_j)}{(u_p - u_i)(v_q - v_j)}. \quad (3)$$

Наведемо алгоритм визначення забруднення певної території з відповідною екологічною ситуацією на прикладі замкнутої пласкої області (рис. 1).

1. Геометрично кожна точка в нашому підході є локальною екоматрицею.
2. Вводимо ортогональну мережу з певним кроком, який обирається з міркувань проходження ліній сітки через найбільшу кількість вузлових точок.
3. Використовуємо дискретно-інтерполяційний підхід, а саме, здійснюємо інтерполяцію уздовж ліній сітки, отримуючи таким чином інтерполяційний поліном.
4. Маючи аналітичний вираз поліному, знаходимо локальний екстремум, тобто максимум, і фіксуємо його положення.
5. Цей процес проводиться уздовж кожної лінії й у разі використання двовимірної інтерполяції в двох напрямках.
6. Отримані локальні екстремуми поліномів, а це є певні вузли інтерполяції у вигляді умовних точок на схемі, дають можливість окреслити так званий локальний центр забруднення певної території, що, в свою чергу, дає можливість приймати відповідні інженерні та організаційні заходи.

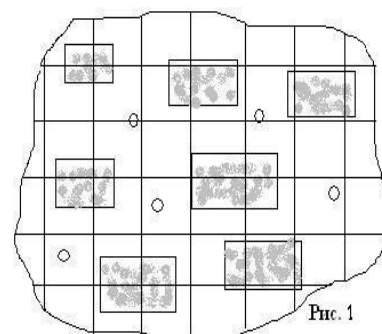


Рис. 1

Отже, при моделюванні об'єктів та середовищ, що характеризуються великою кількістю різноструктурних та різноякісних параметрів, запропонований підхід, на нашу думку, є достатньо ефективним. Наприклад, якщо йдеться про якісну та кількісну оцінку впливу екологічного забруднення на навколишнє середовище, визначення можливих найбільш забруднених місць.

На основі запропонованого методу можна поставити такі перспективні задачі щодо моделювання екологічної ситуації на певній території:

1. Визначення рівня шкідливості певних чинників екологічної ситуації: у часі й за напрямком.
2. Визначення можливих місць найбільших забруднень певних територій.
3. Перспективне прогнозування забруднення навколишньої території.
4. Прогнозування зміни стану антропогенних систем та середовищ.

Таким чином, створивши на основі дискретно-інтерполяційного методу геометричну модель екологічного середовища, що характеризується великою кількістю параметрів, у вигляді дискретно-інтерполяційної екоматриці, ми отримуємо можливість моделювання складних багатопараметричних систем та середовищ, визначення певних локальних характеристик, як то область та центр забруднення, прогнозування зміни стану середовищ тощо.

Список використаних джерел

1. Ю. Р. Холковський. Інтерполяція дискретних масивів у загальному випадку як спосіб моделювання багатопараметричних об'єктів та процесів // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь : ТДАТУ, 2011. — Вип. 4 — Т. 51. — С. 204—207.
2. Ю. Р. Холковський. Моделювання багатопараметричних процесів та систем на основі дискретно-інтерполяційного підходу в екології // Праці VIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань. — Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. — С. 204—208.
3. Ю. Р. Холковський. Використання дискретно-інтерполяційної екоматриці для визначення локального центру забруднення екологічної системи / Збірник матеріалів XV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання», Мелітополь, 2013. — С. 183—187.

Yuriy KHOLKOVSKY
Kyiv

DETERMINATION OF THE LOCAL POLLUTED AREA OF ECOLOGICAL ENVIRONMENT BY DISCRETE INTERPOLATION METHOD

The urgency and novelty of this work consists in the use of a discrete interpolation method in modeling complex multi-parametric ecological processes, systems and media, creating a discrete interpolation ecomatrix as a geometric model of such systems, in connection with a significant increase in the quality requirements for the final results of the tasks of forecasting the ecological safety of the territory and the processes that occur on it, the definition of local areas of pollution.

Key words: discrete models, interpolation, interpolation node, ecomatrix, ecology, ecological systems and environments.

Юрий ХОЛКОВСКИЙ
г. Киев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДИСКРЕТНО-ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Актуальность и новизна данной работы состоит в использовании дискретно-интерполяционного метода при моделировании сложных многопараметрических экологических процессов, систем и сред, создании дискретно-интерполяционной экоматрицы, как геометрической модели таких систем, в связи с существенным повышением требований к качеству конечных результатов задач прогнозирования экологической безопасности территории и процессов, которые на ней происходят, определения локальных областей загрязнения.

Ключевые слова: дискретные модели, интерполяция, узел интерполяции, экоматрица, экология, экологические системы и среды.

Стаття надійшла до редколегії 31.03.2017

ПРАВИЛО ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ТРАПЕЦИЙ И КУБАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ

В статье рассматриваются центрированные вычислительные шаблоны (версия Ньютона-Котеса) для приближенной оценки двойных и тройных интегралов. Прообразом центрированных кубатур является известная формула Симпсона (3 узла). Предложен упрощенный прием конструирования вычислительных формул. Установлено, что 2D и 3D аналоги шаблона Симпсона, как правило, наследуют строгую зависимость между весом в барицентре и весом в вершине шаблона. Другие (более громоздкие) процедуры конструирования кубатур (на треугольнике, квадрате, тетраэдре и гексаэдре) подтверждают, что отношение веса в барицентре шаблона к весу в вершине равно n^2 , где n – число вершин шаблона. Этот факт легко распространяется на другие геометрические формы центрированных шаблонов.

Ключевые слова: кубатурные формулы, вычислительные шаблоны, центрированные конечные элементы, спектр узловых нагрузок.

Правило параболических трапеции относится к приемам численного интегрирования и позволяет оценить определенный интеграл по трем значениям подынтегральной функции: на концах интервала интегрирования и в центре интервала. Эта квадратура получила весьма широкое распространение благодаря своей простоте и приемлемой точности. Представляет интерес конструирование центрированных вычислительных шаблонов и соответствующих кубатурных формул для приближенного вычисления двойных и тройных интегралов. Нами установлено, что центрированные кубатуры наследуют одно полезное свойство трехузловой квадратуры, что позволяет легко и просто находить весовые коэффициенты кубатурных формул. Ниже рассмотрены двумерные шаблоны (треугольник, квадрат) и трехмерные шаблоны (тетраэдр, куб).

К понятию определенного интеграла привела задача вычисления площади криволинейной трапеции, и уже современник Ньютона, Грегори сумел на основе правила параболических трапеций вывести формулу приближённого вычисления определённых интегралов (1668 г.). Ещё раньше эту формулу получил Кавальери (1639 г.). Его книга «Геометрия неделимых» (1635 г.) стала переломной вехой в предыстории интегрального исчисления. В 1615 г. Кеплер опубликовал книгу «Новая стереометрия винных бочек», где впервые появились геометрические прообразы современных интегральных сумм. По этой причине правило параболических трапеций иногда называют правилом Кеплера.

Симпсон вновь открыл эту формулу в 1743 г. С тех пор правило параболических трапеций стали называть правилом Симпсона. Формула Симпсона – частный случай квадратурной формулы Ньютона-Котеса. Алгебраическая степень точности формулы Симпсона равна 3. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса впервые появились в письме Ньютона к Лейбницу в 1676 г., а затем в книге Котеса, которая вышла в 1722 г.

Цель настоящей статьи – дать упрощенный «рецепт» усреднения подынтегральных функций в задачах приближенного вычисления двойных и тройных интегралов. Речь идет о дву- и трехмерных аналогах формулы Симпсона. Особенность этих схем в том, что один из узлов интегрирования расположен в барицентре вычислительного шаблона. Обычно такие кубатуры строились иерархически на основе различных правил взвешенного усреднения или по методу неопределённых коэффициентов [1–4].

Вычисление определенных интегралов по формуле Ньютона-Лейбница

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a) \quad (1)$$

не всегда возможно. На практике часто встречаются случаи, когда первообразная $F(x)$ не выражается через элементарные функции или другие достаточно изученные функции, либо выражается слишком сложно. В этих случаях приходится обращаться к приближенному интегрированию с помощью квадратурных (кубатурных) формул. Заметим, что эти формулы позволяют приближенно находить интегралы и таких функций, численные значения которых известны не во всех точках области интегрирования, а только в некоторых, например из таблицы.

Здесь речь пойдет о формуле Симпсона и ее 2D и 3D аналогах. Особенность этой формулы в том, что она приспособлена к центрированным вычислительным шаблонам. Обычно весовые коэффициенты приближенной формулы интегрирования находят путем интегрального усреднения соответствующих интерполяционных полиномов (коэффициент Лагранжа). Вместо этого мы предложим простой и наглядный способ быстрого определения весовых коэффициентов.

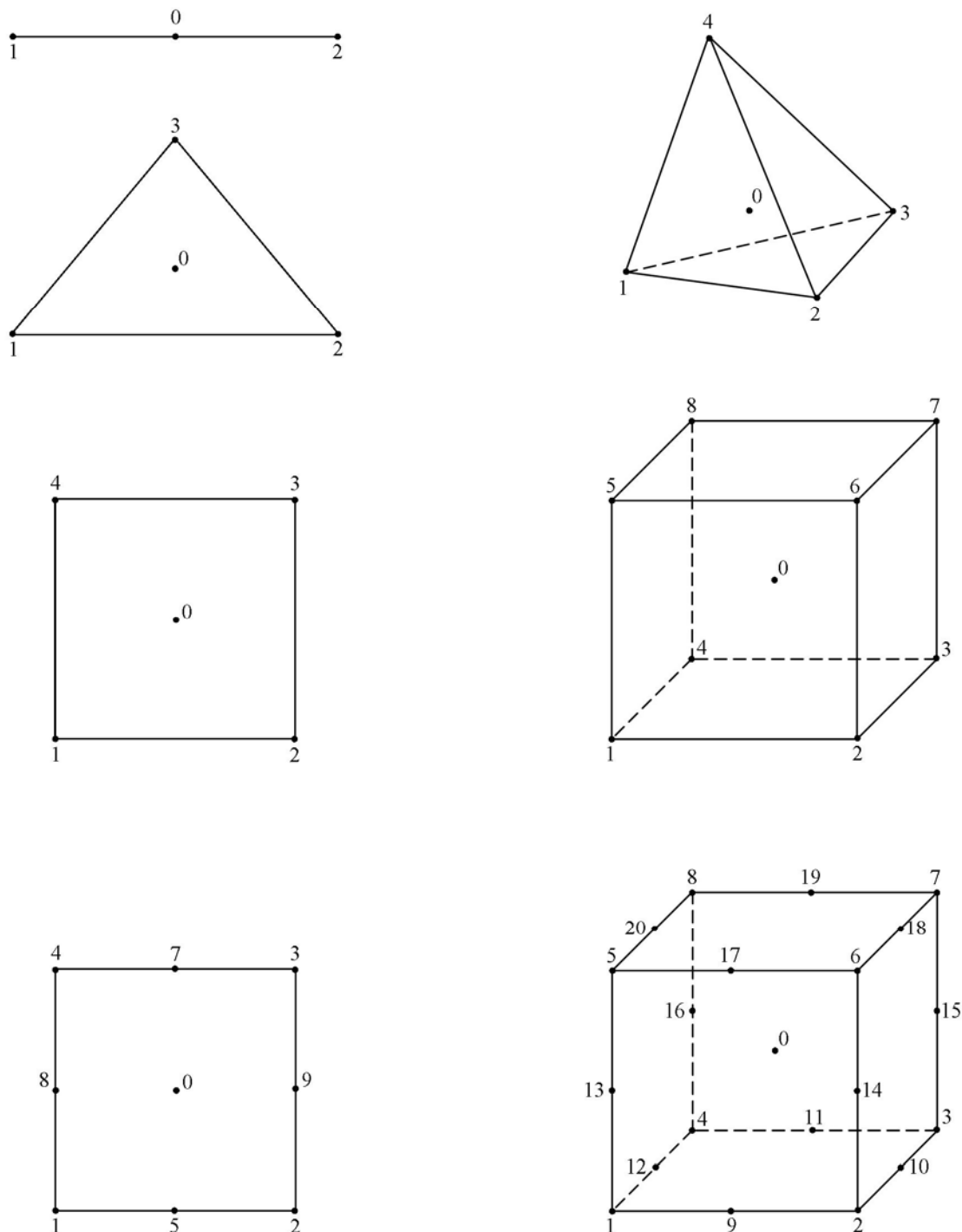


Рис. 1. Симпсоновы вычислительные шаблоны для приближенного интегрирования

Стандартная формула Симпсона для $f(x)$ на $[a, b]$ имеет вид:

$$\int_a^b f(x)dx \approx (b-a) \left(\frac{1}{6} \cdot f(a) + \frac{4}{6} \left(\frac{a+b}{2} \right) + \frac{1}{6} \cdot f(b) \right). \quad (2)$$

На рис. 1 показано семейство центрированных шаблонов, для которых стандартный шаблон Симпсона послужил прообразом. Как обычно, сумма весовых коэффициентов равна 1. При этом 2D и 3D шаблоны наследуют еще одно замечательное свойство стандартного шаблона. Оказывается, что весовой коэффициент в барицентре в n^2 раз больше веса в вершине шаблона, где n – число вершин.

Этого достаточно, чтобы сразу получить вычислительную формулу для любого шаблона (рис. 1). При наличии промежуточных узлов (см. квадрат и куб) используется стержневая аналогия и правило Симпсона для одномерной модели. Заметим, что первые успехи метода конечных элементов были связаны с расчетами именно стержневых конструкций (J. H. Argyris, 50-е годы прошлого столетия).

Построим, к примеру, вычислительную формулу для квадрата (9 узлов). Обозначив через x весовую долю узла в вершине, получим весовой баланс в виде

$$4x + 4 \cdot 4x + 16x = 1, \text{ откуда } x = 1/36.$$

Вычислительная формула имеет вид:

$$\iint_D f(x, y) dS \cong \text{mes } D \left(\frac{16}{36} \cdot f_0 + \frac{1}{36} \sum_{i=1}^4 f_i + \frac{4}{36} \sum_{i=5}^8 f_i \right).$$

Для куба (21 узел) весовой баланс имеет вид:

$$8x + 12 \cdot 4x + 64x = 1, \text{ откуда } x = 1/120.$$

Вычислительная формула

$$\iiint_{\Omega} f(x, y, z) dV \approx \text{mes } \Omega \left(\frac{64}{120} \cdot f_0 + \frac{1}{120} \sum_{i=1}^8 f_i + \frac{4}{120} \sum_{i=9}^{S20} f_i \right).$$

В этой формуле мы исправили опечатку, допущенную в работе [2]. Аналогично получаются вычислительные формулы для других шаблонов.

Между весовыми коэффициентами центрированных кубатур замкнутого типа (версия Ньютона-Котеса) обнаружены четкие зависимости, позволяющие легко и быстро конструировать соответствующие вычислительные формулы. Представляет интерес установление зависимостей (если они существуют) на кубатурах открытого типа (версия Гаусса).

Список використаних джерел

1. Зенкевич О. Метод элементов в технике / О. Зенкевич. — М. : Мир, 1975. — 541 с.
2. Overmire M. V. A Diagonal Mass Matrix with Full Convergence. Rate for Finite Element Dynamical Problem / M. V. Overmire // Trans. Can. Soc. Mech. Eng., vol. 7, № 2, 1983.
3. Зуб П. М. Кубатуры Ньютона-Котеса для пространственных дискретных элементов / П. М. Зуб, А. Н. Хомченко, О. В. Цыбуленко // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Зб. наук.праць. — Вип. 5. — Харків : ХДУХТ, 2004. — С. 20—24.
4. Крючковский В. В. Приемы оптимизации свойств дискретных моделей // В. В. Крючковский, А. Н. Хомченко // Вестник ХГТУ. — Херсон : ХГТУ, 1999. — Спецвыпуск : Прикладные проблемы математического моделирования. — С. 92—93.

Anatoliy KHOMCHENKO, Natalia KOVAL

Mykolaiv

THE TRAPEZOIDAL PARABOLIC RULE AND CUBATURE FORMULAS

The article deals with centered computational templates (the Newton-Cotes version) for an approximate evaluation of double and triple integrals. The prototype of centered cubatures is the well-known Simpson's Rule (3 points). A simplified method for constructing computational formulas is proposed. It is established that 2D and 3D analogues of the Simpson pattern tend to inherit a strict relationship between the weight in the barycenter and the weight at the top of the template. Other (more cumbersome) procedures for constructing cubatures (on a triangle, square, tetrahedron and hexahedron) confirm that the weight ratio in the barycenter of the template to the weight at the vertex is equal to n^2 , where n is the number of the template vertices. This fact easily extends to other geometric forms of centered templates.

Key words: cubature formulas, computational templates, centered finite elements, spectrum of nodal loads.

ПРАВИЛО ПАРАБОЛІЧНИХ ТРАПЕЦІЙ ТА КУБАТУРНІ ФОРМУЛИ

У статті розглядаються центровані обчислювальні шаблони (версія Ньютона-Котеса) для наближеної оцінки подвійних та потрійних інтегралів. Прообразом центрованих кубатур є відома формула Сімпсона (3 вузла). Запропоновано спрощений прийом конструювання обчислювальних формул. Встановлено, що 2D і 3D аналоги шаблону Сімпсона, як правило, успадковують жорстку залежність між вагою у барицентрі і вагою у вершині шаблону. Інші (більш громіздкі) процедури конструювання кубатур (на трикутнику, квадраті, тетраедрі та гексаедрі) підтверджують, що відношення ваги у барицентрі шаблону до ваги у вершині дорівнює n^2 , де n – число вершин шаблону. Цей факт легко поширюється на інші геометричні форми центрованих шаблонів.

Ключові слова: кубатурні формули, обчислювальні шаблони, центровані скінчені елементи, спектр вузлових навантажень.

Стаття надійшла до редколегії 02.04.2017

ПОБУДОВА ПОВЕРХОНЬ РІВНЯ ДИСКРЕТНИХ НЕВПОРЯДКОВАНИХ СКАЛЯРНИХ ПОЛІВ

Робота присвячена розробленню способу побудови неоднозначних поверхонь рівня скалярних неупорядкованих дискретних полів в просторах довільної вимірності. Наявні способи дозволяють будувати поверхні рівня тільки у вигляді контурних ліній (графіків) в двовимірному або тривимірному просторі для скалярних полів, заданих на прямокутній сітці. Розроблений метод дозволяє для дискретного неупорядкованого скалярного поля в просторі довільної вимірності побудувати неоднозначну поверхню рівня у вигляді дискретно представленого геометричного об'єкта (кривої, поверхні, гіперповерхні).

Ключові слова: поверхня рівня, скалярне поле, триангуляція Делоне.

Згідно [1] контурні графіки, як правило, представляють собою деякий набір ліній на площині. Кожна з ліній є горизонтальною проекцією фігури перетину заданої поверхні з горизонтальною площиною рівня, тобто ці контурні графіки є поверхнями рівня скалярного поля в двовимірному просторі. Наявні засоби побудови ліній рівня в різних математичних пакетах (Mathcad, Matlab) дозволяють будувати контурні графіки тільки у вигляді плоских кривих в дво- чи тривимірному просторі при задаванні скалярного поля на прямокутній сітці, тобто на впорядкованій множині точок (рис. 1, 2).

Метою даної роботи є розроблення способу побудови поверхонь рівня дискретних неупорядкованих скалярних полів в просторах довільної вимірності.

Нехай задано скалярне поле u на неупорядкованій множині точок. Алгоритм побудови поверхні рівня $u_C = C$ в двовимірному просторі буде складатися з таких дій.

1. Будуємо триангуляцію Делоне для даної множини точок за допомогою оператора **delaunay** [1]. Упорядковану точкову множину розглядаємо з позицій теорії графів як планарний геометричний граф, який складається з вершин, ребер і трикутників.

2. Відкидаємо трикутники, які не пересікають площину u_C . Перевірка трикутника на перетин його площиною u_C базується на визначенні того, чи знаходяться вершини трикутника з одної сторони площини u_C , чи з різних. Для цього визначається знак різниці

$$q_1 = \text{sign}(u_1, \quad (1)$$

де **sign** – функція знаходження знака числа; u_1 – значення скалярного поля у вершини 1 трикутника.

Якщо всі вершини трикутника знаходяться з одної сторони площини u_C (тобто різниці значень скалярного поля кожної вершини трикутника відносно значення поля рівня u_C мають один і той самий знак), то такий трикутник відкидається.

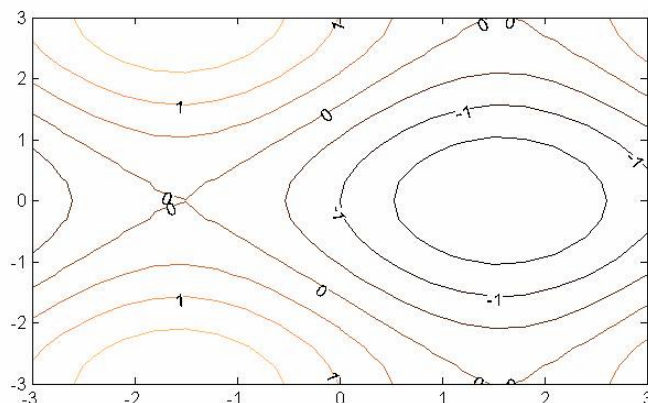


Рис. 1. Контурний графік функції $z = -\sin(x) - \cos(y)$ в області її визначення $-3 \leq x \leq 3, -3 \leq y \leq 3$ на площині

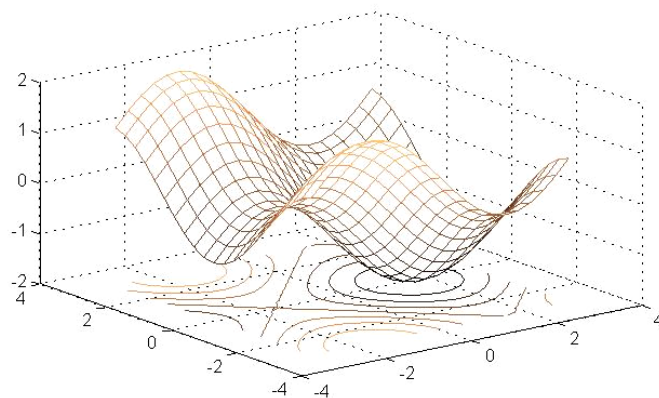


Рис. 2. Поверхня та контурний графік функції $z = -\sin(x) - \cos(y)$ в області її визначення $-3 \leq x \leq 3, -3 \leq y \leq 3$ в тривимірному просторі

3. Для кожного трикутника множини визначаємо координати точок відрізка його перетину площиною рівня u_C (рис. 3).

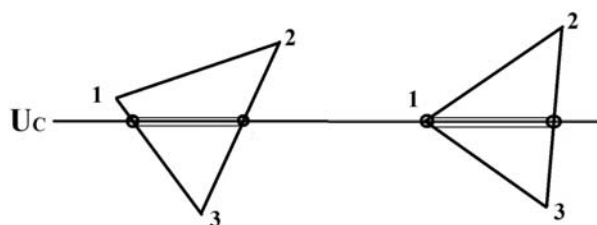


Рис. 3 Визначення відрізка перетину трикутника площиною

У результаті застосування даного алгоритму буде отриману невпорядковану множину координат вершин відрізків. З'єднавши між собою суміжні відрізки, отримаємо впорядковану лінію рівня у вигляді дискретно представленої кривої. На рис. 4–5 показано тріангульовані поверхні та їх дискретно представлені лінії рівня.

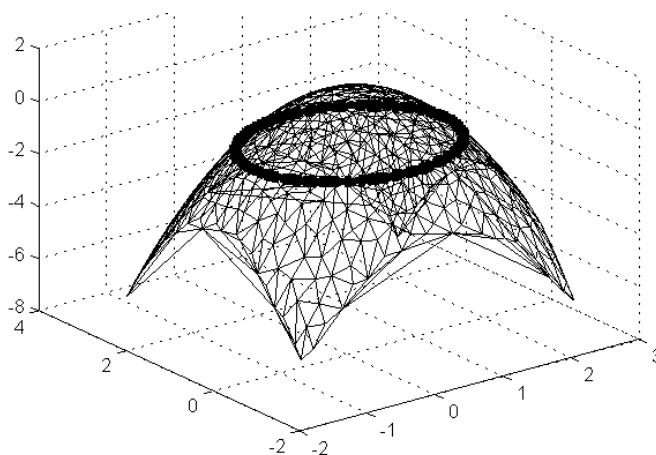


Рис. 4. Лінія рівня $u_C = 0$ на поверхні $u = -x^2 - y^2 + 2$

Алгоритм побудови поверхні рівня $u_C = C$ скалярного невпорядкованого поля u в тривимірному просторі складається з таких дій.

1. Розбиваємо множину точок на тетраедри, тобто впорядковуємо скалярне поле.

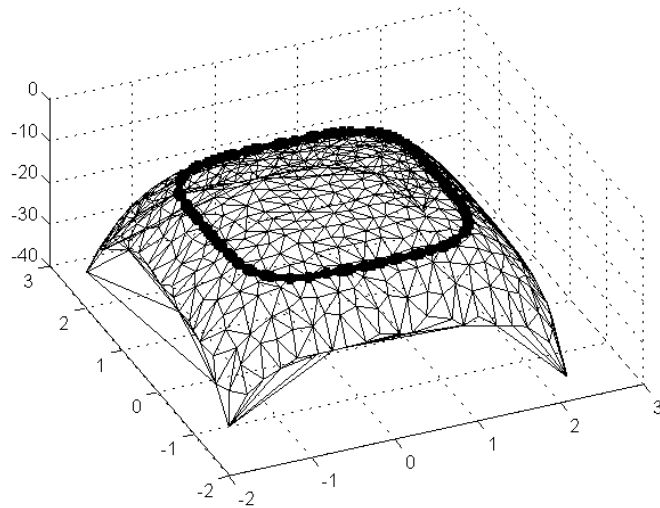


Рис. 5. Лінія рівня $u_C = -4$ на поверхні $u = -x^4 - y^4$

2. Відкидаємо тетраедри, які не пересікають площину u_C – якщо всі вершини тетраедра знаходяться з одної сторони площини рівня u_C , то такий тетраедр відкидається.

3. Для кожного тетраедра множини визначаємо вершини фігури перерізу (трикутник або чотирикутник, чотирикутник розбивається на два трикутники) його площиною рівня u_C . Отримана множина фігур і буде дискретно представленою поверхнею рівня (рис. 6–8).

Побудова гіперповерхні рівня для скалярного поля $u = f(x^1, x^2, \dots, x^n)$ в багатовимірному просторі буде аналогічним алгоритму для тривимірного простору.

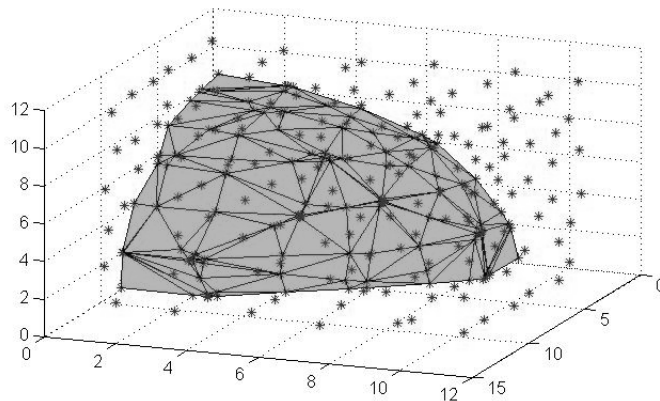


Рис. 6. Фрагмент поверхні рівня $u_C = 18$ на полі $U = \sqrt{20^2 - x^2 - y^2 - z^2}$

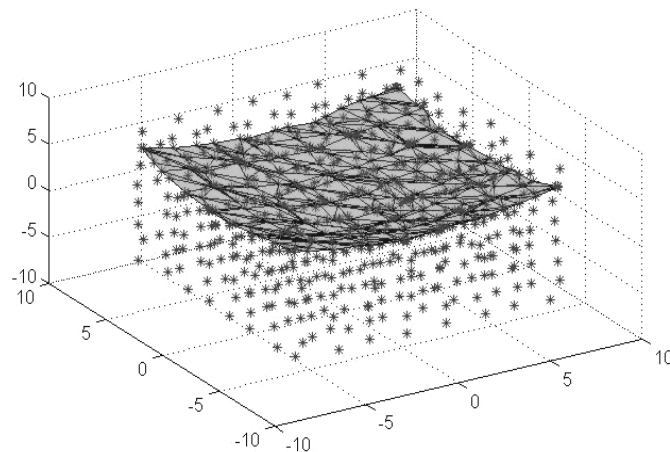


Рис. 7. Поверхня рівня $u_C = 0,5$ на полі $U = \frac{Z}{\sqrt{x^2 + y^2}}$

при її області визначення $-8 \leq x \leq 8, -8 \leq y \leq 8, -8 \leq z \leq 8$

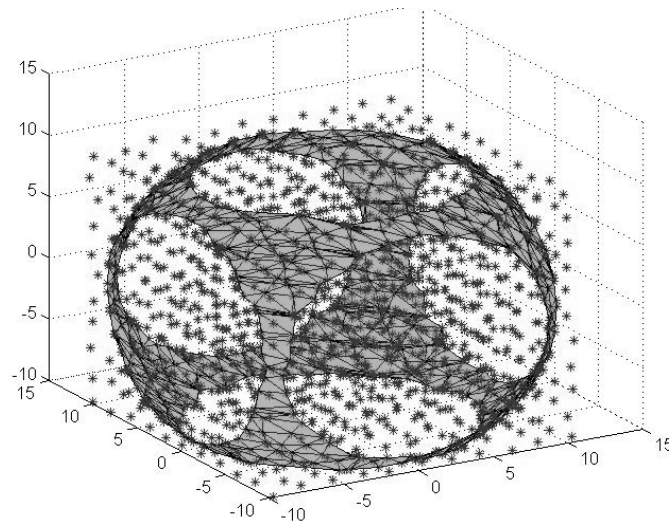


Рис. 8. Поверхня рівня $u_C = 15$ на полі $U = \sqrt{20^2 - x^2 - y^2 - z^2}$ при її області визначення $-10 \leq x \leq 10, -10 \leq y \leq 10, -10 \leq z \leq 10$

Розроблений алгоритм дозволяє побудувати неоднозначні поверхні рівня для дискретно представлених скалярних неупорядкованих полів в просторах довільної вимірності. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку алгоритмів визначення параметрів та характеристик дискретних неупорядкованих векторних полів.

Список використаних джерел

1. В. Дьяконов MATLAB 6 : учебный курс / В. Дьяконов. — СПб. : Питер, 2001. — 592 с.

Vitalii CHERNIAK
Kremenets'

THE CONSTRUCTION OF SURFACE ON THE LEVEL OF DISCRETE DISORDERED SCALAR FIELDS

Activity is dedicated to development of methods of constructing ambiguous surfaces of disordered discrete scalar fields in spaces of arbitrary dimension. The existing methods make it possible to build a surface level only in the form of contour lines (graphs) in two-dimensional or three-dimensional space for scalar fields defined on a rectangular grid. The designed method allows to build a mixed surface level presented as discrete geometry (curves, surfaces, hypersurface) for discrete disordered scalar field in an arbitrary dimension space.

Keywords: surface level, scalar field, Delaunay triangulation.

Виталий ЧЕРНЯК
г. Кременец

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ УРОВНЯ ДИСКРЕТНЫХ НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ СКАЛЯРНЫХ ПОЛЕЙ

Работа посвящена разработке способа построения неоднозначных поверхностей уровня скалярных неупорядоченных дискретных полей в пространствах произвольной размерности. Имеющиеся способы позволяют строить поверхности уровня только в виде контурных линий (графиков) в двумерном или трехмерном пространстве для скалярных полей, заданных на прямоугольной сетке. Разработанный метод позволяет для дискретного неупорядоченного скалярного поля в пространстве произвольной размерности построить неоднозначную поверхность уровня в виде дискретно представленного геометрического объекта (кривой, поверхности, гиперповерхности).

Ключевые слова: поверхность уровня, скалярное поле, триангуляция Делоне.

Стаття надійшла до редколегії 29.03.2017

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

АНТИПОВА Катерина Олександрівна, аспірантка кафедри програмного забезпечення автоматизованих 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 Чорноморського 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.

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

ЛУКЬЯНЧИКОВ 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 Євеліна 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.

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

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

ПІТУХОВА 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, завідувач 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 технологий 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 addressed to scientists, teachers, students of technical specialties.

Наукове видання

**ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

**ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**GEOMETRISCHE MODELIERUNG
AND INFORMATIONEN TECHNOLOGIEN**

**GEOMETRIC MODELING AND
INFORMATION TECHNOLOGIES**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (3), квітень 2017

Формат 60×84 1/8. 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.