

Міністерство освіти і науки України
Українська асоціація з прикладної геометрії
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького
Мелітопольська школа прикладної геометрії



СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 11

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2018 р.

УДК [51+514+721+004.92]–047.58(062.552)

ББК 22.1я5

С 91

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ № 21030-10830Р від 29.09.2014 р.
Збірник наукових праць включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України № 241 від 09.03.2016)

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Інтернет
Вченою радою МДПУ імені Б. Хмельницького,
протокол № 14 від 29 травня 2018 р.

Редакційна колегія: Найдіш А.В. (гол. редактор),
Верещага В.М. (заступник гол. редактора), Спірінцев Д.В.
(відповідальний секретар), Холодняк Ю.В. (технічний редактор),
Бадаєв Ю.І., Балюба І.Г., Ванін В.В., Єремєєв В.С.,
Ковальов С.М., Ковальов Ю.М., Корчинський В.М.,
Куценко Л.М., Мартин Є.В., Михайленко В.Є., Пилипака С.Ф.,
Підгорний О.Л., Плоский В.О., Подкоритов А.М., Сазонов К.О.,
Сергейчук О.В., Тулученко Г.Я.

С 91 Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького; гол. ред. кол. А.В. Найдіш. – Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2018.– Вип. 11. – 201 с.

Збірник містить статті за результатами досліджень з теорії та практики моделювання, розглядаються актуальні наукові та прикладні проблеми геометричного моделювання, методика постановки та проведення наукових та дослідницьких експериментів, результати наукових досліджень, питання підготовки фахівців та науковців.

Випуск призначений для науковців, викладачів, аспірантів і студентів.

УДК [51+514+721+004.92]–047.58(062.552)

ББК 22.1я5

© МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2018.

ISSN 2313-125X

УДК 514.18

ВСТАНОВЛЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ПРОСТИМИ ВІДНОШЕННЯМИ ТРЬОХ ТОЧОК ПРЯМОЇ ТА БН- КООРДИНАТАМИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФІГУР

Адоньєв Є.О., к.т.н. *

Запорізький національний університет

Верещага В.М., д.т.н.,

Лисенко К.Ю.

Мелітопольська школа прикладної геометрії

Мелітопольський державний педагогічний університет

імені Богдана Хмельницького

Доведено, що просте відношення трьох точок прямої являє собою БН-координату поточної точки відносно вершин базисної геометричної фігури. Показано, що значення БН-координати не змінюється в результаті проектування. Доведено, що частки будь-якої геометричної фігури, які у сумі складають ціле, завжди можна подати у вигляді простого відношення трьох точок прямої.

Ключові слова: точкове числення Балюби-Найдиша (БН-числення), просте відношення трьох точок прямої, БН-координати.

Постановка проблеми. В процесі моделювання багатofакторних систем засобами точкового числення Балюби-Найдиша, виникає необхідність встановлення взаємозв'язків між простим відношенням трьох точок прямої та БН-координатами поточної точки відносно базисних точок геометричної фігури. Окрім того, необхідно довести, що БН-координати не змінюють своє значення у результаті проектування. Означені питання і складають проблему, яку розв'язано у цій статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [2-7], що використовують метод точкового БН-числення та БН-координати, застосовується проектування БН-координат, однак, при цьому, в жодній з них не йдеться про доведення незмінності їх за результатами проектування.

Формулювання цілей статті. Показати, що просте відношення трьох точок прямої являє собою БН-координату і, що значення БН-координати у просторі та на проекції є однаковими.

Основна частина. В основу точкового методу покладено

* Науковий консультант – д.т.н., професор Найдиш А.В.

операції над точками, що виконуються через операції над їхніми БН-координатами, які визначено відносно базисних вершин локальних симплексів і здійснюються на основі простого відношення трьох точок прямої. У зв'язку з цим, як було доведено у [1], розв'язок, у точкових формах n -простору, без перешкод розкладається на n осей. При цьому, для точкових форм значення параметрів у просторі, оскільки вони є простими відношеннями трьох точок прямої, не змінюються і для координатного подання розв'язку. Особливістю точкового БН-числення є те, що сума БН-координат завжди повинна дорівнювати одиниці.

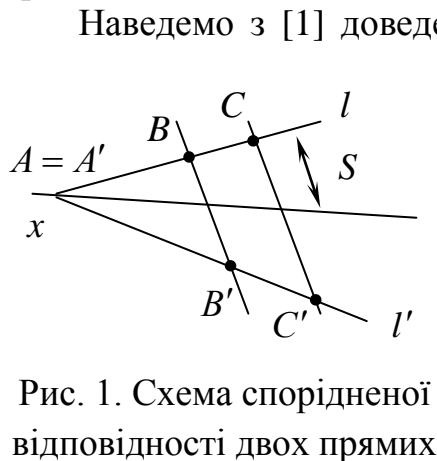


Рис. 1. Схема спорідненої відповідності двох прямих

Наведемо з [1] доведення, що просте відношення трьох точок прямої у просторі: (ABC) дорівнює простому відношенню трьох точок на проекціях цієї прямої: $A'B'C'$ (рис.1). Оскільки споріднена відповідність прямих l та l' встановлюється у напрямку S , то прямі $BB' \parallel CC' \parallel S$. Виходячи з цього, $\Delta ABB'$ та $\Delta ACC'$ є подібними. Звідкіля здобудемо рівність відношень:

$$\frac{(AB)}{(BC)} = \frac{(A'C')}{(B'C')}.$$

Якщо врахувати, що кожне з цих відношень відтинку є простим відношенням трьох точок прямої, то маємо:

$$(ABC) = \frac{(AC)}{(BC)}; (A'B'C') = \frac{(A'C')}{(B'C')}, \text{ звідкіля } (ABC) = (A'B'C'),$$

тобто значення відношень двох відтинків у просторі дорівнює значенню відношення проекцій цих відтинків.

Розглянемо відношення відтинків на прямій (рис.2).



Рис.2. Відношення відтинків на прямій

Якщо $\frac{(MB)}{(AB)} = \bar{t}$; $\frac{(AM)}{(AB)} = t$, то точкове рівняння поточної точки M

у БН-координатах матиме вигляд: $M = A \cdot \bar{t} + B \cdot t$, де $\bar{t} + t = 1$.

Нехай (рис. 3) поточна точка M поділяє базисний ΔABC на трикутники ΔMBC ; ΔAMC ; ΔABM , тоді параметри поточної точки M матимуть значення:

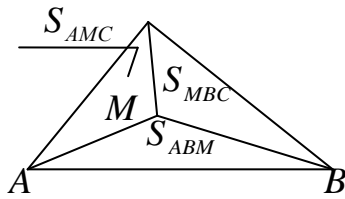


Рис. 3. Схема для визначення поточної точки M через відношення площ.

$$p = \frac{S_{MBC}}{S_{ABC}}; \quad q = \frac{S_{AMC}}{S_{ABC}}; \quad r = \frac{S_{ABM}}{S_{ABC}}.$$

Тоді точкове рівняння поточної точки M відносно вершин A, B, C матиме вигляд: $M = A \cdot p + B \cdot q + C \cdot r$, де $p + q + r = 1$.

Оскільки, $S_{MBC} + S_{AMC} + S_{ABM} = S_{ABC}$, то $p + q + r = 1$, отже p, q, r являють собою БН-координати. Тоді означення для площини, яку визначає базисний $\triangle ABC$, можна записати наступним чином:

Визначення. Параметри p, q, r для $\triangle ABC$ є відношенням відповідної частки площі $\triangle ABC$ до площі усього $\triangle ABC$,

являють собою БН-координати поточної точки M відносно базисних точок A, B, C , сума яких дорівнює одиниці; отже, параметри p, q, r є простими відношеннями трьох точок прямих і тому їх значення не змінюються у результаті проектування на осі координат.

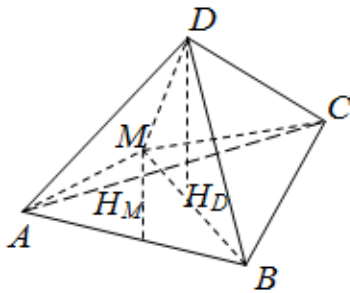


Рис. 4. Схема визначення поточної точки M через відношення об'ємів

Розглянемо тривимірний простір E^3 , базисом для якого буде піраміда $_{np}ABCD$ на чотири піраміди $_{np}MBCD$; $_{np}AMCD$; $_{np}ABMD$; $_{np}ABCM$, що мають відповідно об'єми V_{MBCD} ; V_{AMCD} ; V_{ABMD} ; V_{ABCM} . Тоді параметри поточної точки M можна визначити як відношення об'ємів:

$$p = \frac{V_{MBCD}}{V_{ABCD}}; \quad q = \frac{V_{AMCD}}{V_{ABCD}}; \quad r = \frac{V_{ABMD}}{V_{ABCD}}; \quad s = \frac{V_{ABCM}}{V_{ABCD}}.$$

Оскільки $V_{MBCD} + V_{AMCD} + V_{ABMD} + V_{ABCM} = V_{ABCD}$, то $p + q + r + s = 1$.

Тоді точкове рівняння поточної точки M відносно вершин A, B, C, D матиме вигляд: $M = A \cdot p + B \cdot q + C \cdot r + D \cdot s$, де $p + q + r + s = 1$.

Виходячи із усього сказаного, надамо наступні твердження щодо взаємозв'язків між БН-координатами і простими відношеннями трьох точок прямої.

Твердження. Сума БН-координат параметричної моделі, будь-якої геометричної фігури, завжди має дорівнювати одиниці, і, тільки у цьому випадку, кожна з БН-координат геометричної фігури буде являти собою просте відношення трьох точок прямої, які будуть

лишатися незмінними, у разі розкладання точкової форми, за n осями глобальної системи координат n -простору.

Висновки. Доведено, що просте відношення трьох точок прямої є БН-координатою i , що її значення не змінюється за результатом проектування. Доведено, що відношення суми усіх часток цілої геометричної фігури до самої геометричної фігури дорівнює одиниці. Одержані результати надають наукове обґрунтування способів перетворень, що раніше застосовувались у дослідженнях, які використовували методи точкового БН-числення.

Література

1. Четверухин Н.Ф. Проективная геометрия. Учебник [изд. 7-е] / Н.Ф. Четверухин. – М.: Изд-во учпедгиз, 1961. – 360 с.
2. Адоньєв Є.О. Визначення та аналіз параболічної поверхні Балюби (БПП) / Є.О. Адоньєв, В.О. Верещага // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (108). – Дніпро, 2017. – С. 3-11.
3. Верещага В.М. Композиційний метод утворення Б-поверхонь / В.М. Верещага, Є.О. Адоньєв // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». – Луцьк.: Луцький національний технічний університет. – 2017. – №26. – С.36-41.
4. Адоньєв Є.О. Алгоритм формування моделей багатфакторних процесів композиційного методу / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага, А.В. Найдиш // Збірник доповідей VI-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – Випуск 6. – С. 12 – 18.
5. Адоньєв Є.О. Композиційний метод геометричного моделювання: суть, особливості та перспективи застосування / Є.О. Адоньєв // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького. – Мелітополь, 2017. – Вип. 8. – С. 3-14.
6. Адоньєв Є.О. Особливості б-ліній, б-поверхонь, визначення, переваги та можливості застосування у композиційному методі геометричного моделювання / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2017. – Вип. 3(62). Т.2. – С. 249-255.

7. Adoniev Y. Technology of The Use of Geometric Matrixes for the Development of B-Surface Equations / Y. Adoniev, V. Vereshchaga // Intellectual Archive: Shiny Word Corp. Concord, Ontario, Canada (September/October of 2017). – Volume 6. – Number 6. – p. 19-25.

УСТАНОВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПРОСТЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ ТРЕХ ТОЧЕК ПРЯМОЙ И БН-КООРДИНАТАМИ ДЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР

Адоньев Е.А., Верещага В.М., Лысенко К.Ю.

Доказано, что простое отношение трех точек прямой является собой БН-координату текущей точки относительно вершин базисной геометрической фигуры. Показано, что значение БН-координаты не изменяется в результате проектирования. Доказано, что части любой геометрической фигуры, которые в сумме составляют целое, всегда можно подать в виде простого отношения трех точек прямой.

Ключевые слова: точечное исчисление Балюбы-Найдыша (БН-исчисление), простое отношение трех точек прямой, БН-координаты.

SETTING THE RELATIONSHIP BETWEEN THE SIMPLE RATIOS OF THREE POINTS OF THE STRAIGHT LINE AND BN-COORDINATES FOR GEOMETRIC FIGURES

Adoniev Y., Vereschaga V., Lysenko K.

It is proved that the simple ratio of three points of a straight line is the BN-coordinate of the current point relative to the vertices of the basic geometric figure. It is shown that the BN coordinate value does not change as a result of design. It is proved that parts of any geometrical figure, which in sum make up an integer, can always be submitted in the form of a simple ratio of three points of a straight line.

Keywords: Balyuba-Naidysh point calculation (BN-calculus), simple ratio of three points of a straight line, BN coordinates.

УДК 515.2

АНАЛІТИЧНА ПОБУДОВА ТІНЬОВОЇ МАСКИ СВІТЛОПРОРІЗА

Андропова О.В.,

Козак Ю.В.

*Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)*

В задачах інсоляції будують тіньові маски світлопрорізів за допомогою послідовної проекції на небесну сферу з центром в розрахунковій точці та проекції на горизонтальну площину з центром проекції в надирі. Задача ускладнюється при врахуванні граничної поверхні. Автоматизація побудов за допомогою аналітичних рівнянь дозволяє спростити рішення.

Ключові слова: тіньова маска, надир, небесна сфера.

Постановка проблеми. При моделюванні інсоляційних процесів вирішується дві задачі – нормативна необхідність інсоляції приміщень та захист від надмірного сонячного випромінювання. Самі методи моделювання вирішуються за допомогою моделі небесної сфери, на яку будуються проекції руху сонця, тіньові маски світлопрорізів та затінюючих будівель. Для зручності всі побудови прийнято проєціювати на горизонтальну площину небесної сфери, а центром проекції брати надир. При накладанні побудов на сонячну карту з'ясовується час інсоляції та затінення. Розрахункову точку рекомендовано замінити граничною поверхнею. Для спрощення розрахунків запропоновано автоматизувати побудови методами аналітичної геометрії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В публікаціях [1-3] приведені алгоритми розрахунку інсоляції приміщень графічними методами з використанням розрахункової точки та надані пропозиції з графічного розрахунку інсоляції методом граничної поверхні. Для спрощення розрахунку побудовані шаблони ходу тіней на проекції небесної сфери. В статті [4] запропоновано алгоритм визначення проектного простору нового будинку за методом РТ при умові виконання нормативних вимог до інсоляції приміщень в існуючих будинках та на прилеглий території. У роботі [5] надані алгоритми та рівняння для автоматизації інсоляційних розрахунків, що дозволяє знаходити всі необхідні значення ліній ходу тіней в будь який час, кути нахилу сонячного променю до площини та кількість отримуваної

теплової енергії. Приведені дані дозволяють проектувати необхідні розміри світлопрорізів.

Формулювання цілей статті. Написання алгоритму аналітичної побудови тіньових масок методом граничної поверхні.

Основна частина. Для розрахунку повної тривалості інсоляції запропоновано моделювати перетворення простору, при якому гранична поверхня перетворюється у точку. Аналітичним методом це перетворення можна інтерпретувати як рух РТ по ГП, при цьому рухається небесна сфера, центр якої залишається в РТ. Таким чином, в центрі небесній сфери і буде здійснюватися перетворення ГП в точку.

Розглянемо в якості прикладу zenітний ліхтар прямокутної форми та ГП також прямокутної форми (рис. 1). Розташуємо центр небесної сфери та початок координат в РТ та будемо в подальшому рухати його разом зі сферою. Плоский пучок променів з центром в РТ залишає слід на небесній сфері у вигляді кола з центром в центрі небесної сфери. Цей пучок знаходиться під кутом α до площини xOy . Запишемо рівняння кола, нахиленого до xOy . Для цього використаємо рівняння оберту відносно координатних осей.

Матриці повороту будуть мати вигляд:

$$M_x(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}; \quad (1)$$

$$M_y(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix}; \quad (2)$$

$$M_z(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Таким чином, параметричне рівняння кола в площині xOy

$$x=r \cos v, y=r \sin v, z=0, \quad (4)$$

де r – радіус небесної сфери, довільне значення, $0 \leq v \leq 2\pi$.

Рівняння перетворення координат шляхом повороту на кут α відносно осі x буде:

$$x=x_1, y=y_1 \cos \alpha - z_1 \sin \alpha, z=y_1 \sin \alpha + z_1 \cos \alpha. \quad (5)$$

Після підстановок параметричного рівняння кола (4) замість x_1, y_1, z_1 в (5), отримаємо рівняння кола небесної сфери μ :

$$x= r \cos v, y= r \sin v \cos \alpha, z= r \sin v \sin \alpha \quad (6)$$

Ділянка світлопрорізу 2-3 знаходитиметься в межах проекції кута 2А3.

Далі напишемо рівняння проекції з надиру $S(0,0,r)$ отриманого кола μ на площину xOy . Для цього розглянемо небесну сферу (рис.1,б,

рис.2). Візьмемо довільну точку $M(x, y, z)$, яка належить μ . $M'(x', y', z')$ буде проекцією точки M на площину XOY . З подібних трикутників видно, що $SM' = k SM$, де k – коефіцієнт подібності трикутників.

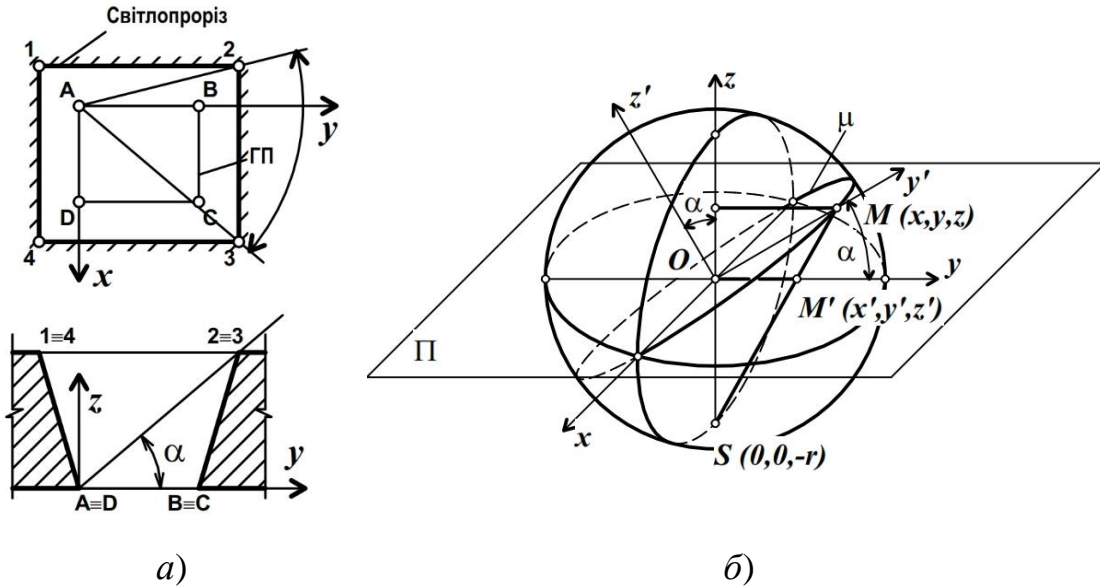


Рис.1. Побудова тіньової маски на небесну сферу

a – проекції зенітного ліхтаря та ГП; b – послідовна проекція прямолінійної грані світлопрорізу на небесну сферу з центром проекції в центрі сфери та проекція отриманого кола на площину xOy з центром проекції в надирі (точка S)

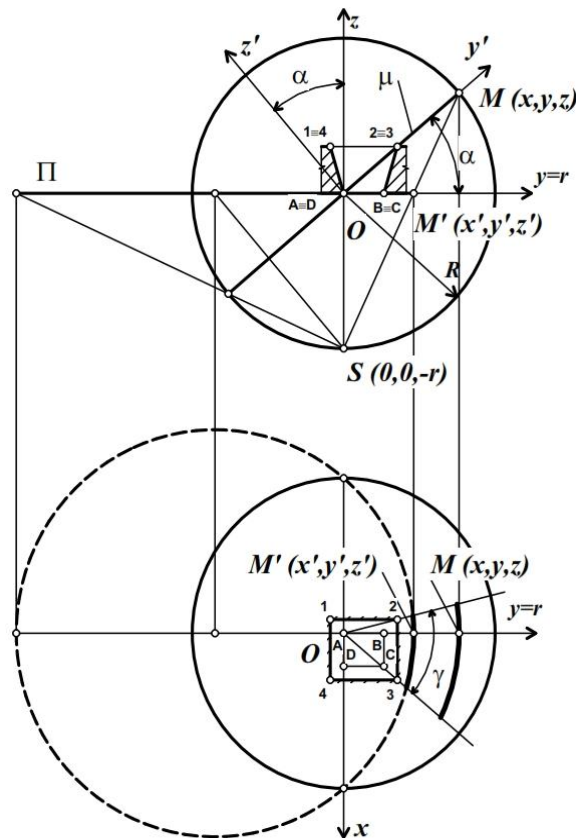


Рис.2. Побудова тіньової маски на небесну сферу в проекціях

Відповідно, $x'=kx$, $y'=ky$, $z'=kz=0$ і буде рівнянням проекції. По катетам трикутників видно, що $-r=k(-r+z)$, звідки знаходимо коефіцієнт пропорційності $k=-r/(z-r)$. Після відповідних підстановок отримаємо бажане рівняння проекції кола на задану площину:

$$x' = \frac{r \cos v}{\sin v \sin \alpha + 1}, y' = \frac{r \sin v \cos \alpha}{\sin v \sin \alpha + 1}, z' = 0. \quad (7)$$

За отриманими рівняннями були побудовані тіньові маски для заданого віконного прорізу в програмі Mathematica (рис.3). Аналогічним чином записуються рівняння тіньових масок для інших видів світлопрорізів та граничних поверхонь.

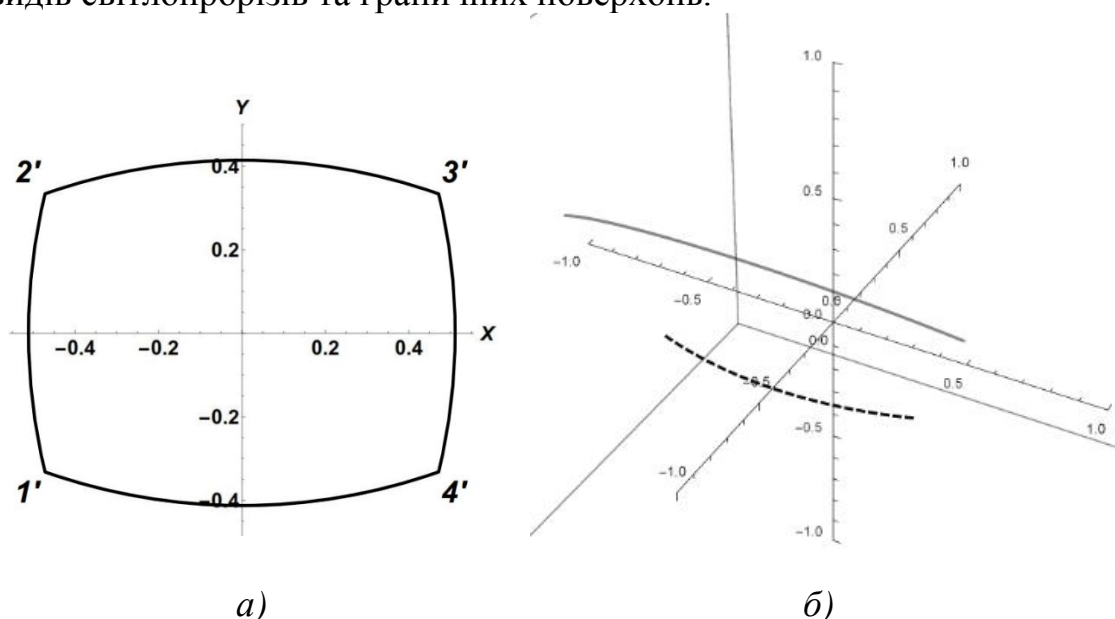


Рис.3. Побудова отриманих рівнянь в програмі Mathematica: *а* – в площині XOY ; *б* – в просторовій системі координат

Висновки. В статті надано алгоритм аналітичної побудови тіньової маски світлопрорізу прямокутної форми від граничної поверхні, що дозволяє автоматизувати побудови. Подальші дослідження допоможуть будувати тіньові маски від граничної поверхні та світлопрорізу криволінійної форми.

Література

1. Сергейчук О. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: дис. ... доктора технічних наук/ О. Сергійчук. – Київ, 2008. – 425 с.
2. Сергейчук О. В. Перетворення світлопрорізів та затінюючих елементів при розрахунку інсоляції за методом граничної поверхні інсоляції / О. В. Сергейчук, Насехіпур Мехді. // Праці Тавр. держ. агротехн. акад. – Мелітополь : ТДАТА, 2007. – Вип. 4 : прикл. геометрія та інж. графіка. – Т. 34. – С. 103-108.

3. ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 "Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення" (Частина 1) [32.]; ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 "Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення" (Частина 2. Додатки)
4. Andropova O. Plotting the new building project space in the existing development at the designing stage while following the insolation standards/ O. Andropova // Construction of optimized energy potential / Politechnika czestochowska Czestochowa university of technology. – Czestochowa, 2014. – 1(13). – P.15-21.
5. Подгорный А. Л. К вопросу автоматизации инсоляционных расчетов / А. Л. Подгорный // Прикл. геометрия и инж. графика : республ. межвед. науч.- техн. сб. – К. : Будівельник, 1981. – Вып. 31. – С. 12-15.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ ТЕНЕВОЙ МАСКИ СВЕТОПРОЕМА

Андропова О.В., Козак Ю. В.

В задачах инсоляции возникает потребность в построении теневых масок светопроемов с помощью последовательной проекции на небесную сферу с центром в расчетной точке и проекции на горизонтальную плоскость с центром в надире. Задача усложняется при учете граничной поверхности. Автоматизация построений с помощью аналитических уравнений позволяет упростить решение задачи методами компьютерной графики.

Ключевые слова: теневая маска, надир, небесная сфера.

ANALITICAL CONSTRUCTION OF WINDOW SHADOW TRACK

Andropova O., Kozak Y.

In the problems of insolation, there is a need to build shadow tracks of windows by means of a consecutive projection on a sky sphere centered at the calculation point and projection onto the horizontal plane with the projection center is located in nadir. The problem becomes more complicated when the boundary surface is taken into account. Automation of constructions with the help of analytical equations allows to simplify the solution of the problem by computer graphics methods.

Key words: shadow track, nadir, sky sphere.

УДК 514.18

МОДЕЛЮВАННЯ DICOM ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ВИБІРКИ КОНКРЕТНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ОБРОБКИ ДЛЯ ПОДАЛЬШОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ В 3D

Бадаєв Ю.І., д.т.н.,

Плесканко Н.В.

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

***Пропонується моделювання 3D об'єкту на основі серій
DICOM зображень з забезпеченням належної преобробки як
фільтрація, бінаризація, лейбелінг та масштабування.***

***Ключові слова: обробка зображень, фільтрація,
апроксимація, 3d модель ока, dicom зображення, цифрова обробка.***

Постановка проблеми. Сьогодні в техніці немає практично не має жодної області, у котрій в тій чи іншій мірі застосовується цифрова обробка зображень. Головним джерелом енергії для формування зображень є електромагнітне випромінювання. Також існують акустичні та ультразвукові коливання, електронні пучки, що застосовуються в електронній мікроскопії. Крім цього широкого застосування набули синтетичні (штучні), котрі синтезуються комп'ютерними програмами та для моделювання та візуалізації. Найбільш привичні для людського ока зображення створені електромагнітним випромінюванням, особливо в видимому спектрі чи рентгенівському діапазоні. Електромагнітні хвилі можна трактувати як синусоїдальні коливання певної частоти, а можна як потік частинок, що рухаються зі швидкістю світла. Кожна частина має певну енергію, не нулевою масою і називається квантом випромінювання (фотонем).

Можливо, найбільш відомий спосіб застосування рентгенівських променів, це компютерна томографія. Завдяки високому розширенню і можливості 3D візуалізації. Аналогічна технологія використовується в промисловому виробництві, хоча там зазвичай застосовуються рентгенівське випромінювання з високою енергією. Наприклад, контроль печатних плат на наявність дефектів, таких як відсутність деталей чи розриви контактних доріжок. Промислова компютерна томограма застосовується коли деталі можливо просвітити рентгенівським випромінюванням, що очевидно може застосовуватись для пластикових виробів, а також можлива навіть при контролі великогабаритних виробів як твердотопливні реактивні двигуни. Тому

однією з актуальних є задача побудови 3D об'єктів із урахуванням анатомічних особливостей та особливостей вхідних файлів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні, існуючі методи окулярної сегментації здорових структур у магнітному резонансі (MP) і (КТ) спираються на напіваавтоматичні методики на основі параметричних моделей, призначених для сегментування очних ділянок [1], при цьому дозволяють лише грубу сегментацію різних очей частин (наприклад, очна лінза або скляний гумор (VH)). Також, інші підходи, такі, як ті, що були представлені у Veena [2], спрямовані на вимірювання тривимірної форми сітківки для вивчення ненормальних змін форми та периферичного зору. Поряд з цим, активні форми (ASMs), які спочатку були представлені у Cootes [3] враховують анатомію очей за допомогою об'ємних інтерполяційних досліджень мозку (VIBE) зображень MR та CT [4, 5]. У цій роботі основна мета полягала в тому, щоб розмежувати здорові структури очей, та вирішити проблему розпізнавання пухлини очей. Представлений алгоритм адаптований саме під роботу із рентгенівськими знімками та використовується мануальна вибірка області для побудови моделі, що мінімізує похибку у порівнянні із іншими уже представленими способами побудови.

Формулювання цілей статті. Моделювання 3D об'єкту із серії DICOM зображень із використанням низькочастотної фільтрації, котра найкраще піходить для обробки файлів формату DICOM та обробка лейбелінгу із врахуванням анатомічних особливостей.

Основна частина.

У роботі пропонується наступний алгоритм обробки:

1. **Масштабування.** Збільшення частин діагностичних зображень важливо для інтерпретації медичного зображення, оскільки воно дозволяє краще розглянути анатомічні структури, що представляють інтерес для діагностичних цілей. У типових додатках формування зображення використовують функціональні можливості масштабування і панорамування, що дозволяють користувачеві виставляти на огляд представляють інтерес ділянки на зображенні і показувати деталі цих ділянок. Масштабування (збільшення) і панорамування (переміщення) вважаються основними операціями для додатків формування зображення, і тому їх часто використовують під час сеансу інтерпретації зображення.

Масштабування 16-бітного зображення у 8 бітне може бути як лінійним так і нелінійним, яке на вхід бере інтенсивність 16 бітного зображення і перетворює в певне значення 8 бітного зображення.

При цифровому формуванні зображення може бути відображено в безлічі різних масштабів. Такі масштаби також можуть називатися або коефіцієнтами збільшення, або рівнями масштабування. Термін

«масштабування» може стосуватись розширення частини зображення на екрані, наприклад, на основі піксельної інтерполяції даних зображення. Також при розгляді тривимірних зображень можна відзначити, що в поле перегляду дисплея може бути візуалізоване двовимірне уявлення, наприклад, проекція.

2. *Подавлення шуму.* Цифровий шум на фотографії - дефект зображення, який полягає у виникненні хаотично розкиданих пікселів випадкового кольору і яскравості по всьому зображенню, що не відповідають зареєстрованому світлу. Основні причини виникнення шуму:

- чутливість ISO;
- витримка;
- щільність розміщення пікселів (розмір осередків матриці). Оптимальний розмір лежить в межах від 6 до 11 мкм. У компактних камерах розмір осередків становить 3-5 мкм, що й обумовлює високий рівень шумів;
- технологія виробництва сенсорів. У загальному випадку матриці CMOS генерують більше шуму, ніж матриці ПЗС;
- а також технічні параметри матриці (дефекти кристалічної решітки кремнію, домішки, які не працюють пікселі і т.д.).

Шум проявляється на однотонних ділянках, в градаціях, і особливо помітний на темних ділянках зображення при висвітленні.

Медіанні фільтри володіють двома основними достоїнствами: хороше придушення імпульсних перешкод шириною менше половини вікна фільтра і пропускання без спотворень східчастих і пилоподібних сигналів при малому розмірі вікна, а найголовніше запобігає змазування об'єктів на зображенні.

Ключова різниця між низькочастотним на Гауса в тому, що формула Гауса не створює "хвилі", а для медіанного її немає. У ньому вибирається певна маска і алгоритм роботи зі значеннями які попадають у вибрану маску.

3. *Бінаризація.* Бінаризація зображень, тобто переклад повнокольорового або в градаціях сірого зображення в монохромне, де присутні тільки два типи пікселів (темні і світлі) має велике значення при розпізнаванні образів. Існує два типи бінаризації: проста і адаптивна. У простій достатньо вказати одну межу, все що входить отримує значення 0, все що після 1. У адаптивній можна вказати один або кілька діапазонів для 0 та 1. Для програми вибрана адаптивна, так як потрібно вибрати певний діапазон.

4. *Лейбелінг.* Маркування з'єднаних компонентів (альтернативний аналіз з'єднаних компонентів, видобуток блоку, маркування регістрів, виявлення блокування або видобуток регіону) є алгоритмічним застосуванням теорії графів, де підмножини

пов'язаних компонентів однозначно містять на основі заданої евристичної. Маркування пов'язаних компонентів не слід плутати з сегментацією.

Граф, що містить вершини та з'єднувальні ребра, будується з відповідних вхідних даних. Вершини містять інформацію, необхідну для порівняння евристичної, а краю - пов'язані "сусіди". Алгоритм перетинає графік, позначаючи вершини на основі зв'язності та відносних значень сусідів. Зв'язок визначається середовищем; Графіки зображення, наприклад, можуть бути 4-з'єднаними або 8-з'єднаними.

Після етапу маркування граф може бути розділений на підмножини, після чого вихідна інформація може бути відновлена та оброблена.

5. *Побудова 3D об'єкту.* Marching cubes (крокуючі кубики) - алгоритм комп'ютерної графіки Лоренсена та Кліна. Створений для видобутку полігональної сітки із зористої поверхні з тривимірного дискретного скалярного поля (іноді його називають вокселем). Застосування цього алгоритму в основному стосується медичних візуалізацій, таких як зображення зображень даних сканування КТ та МРТ, а також спеціальних ефектів або 3-D моделювання з тим, що є зазвичай називають метаболі або інші метаповерхні. Аналогічний двовимірний метод називається алгоритмом маршування квадратів.

Алгоритм проходить через скалярне поле, приймаючи вісім сусідніх місць за один раз (таким чином утворюючи уявний куб), а потім визначаючи багатокутник, необхідні для представлення частини ізоповерхні, що проходить через цей куб. Потім окремі багатокутники зливаються на потрібну поверхню.

Це робиться шляхом створення індексу для попередньо розрахункового масиву з 256 можливих конфігурацій багатокутника ($2^8 = 256$) в кубі, обробляючи кожен з 8 скалярних значень як біт у 8-бітному ціле. Якщо значення скалярного значення перевищує ізо-значення (тобто він знаходиться всередині поверхні), тоді відповідний біт встановлюється в один, а якщо він нижчий (зовні), він встановлюється в нуль. Останнє значення, після перевірки всіх восьми скалярів, є фактичним індексом масиву індексів полігону [6].

Нарешті, кожна вершина згенерованих багатокутників розташована у відповідному положенні уздовж краю куба шляхом лінійної інтерполяції двох скалярних значень, з'єднаних цим краєм.

Гradient скалярного поля на кожній точці сітки також є нормальним вектором гіпотетичної ізоповерхні, що проходить з цієї точки. Тому ці нормали можуть бути інтерпольовані вздовж країв кожного куба, щоб знайти нормали згенерованих вершин, які необхідні для затінення результуючої сітки з деякою моделлю освітлення.

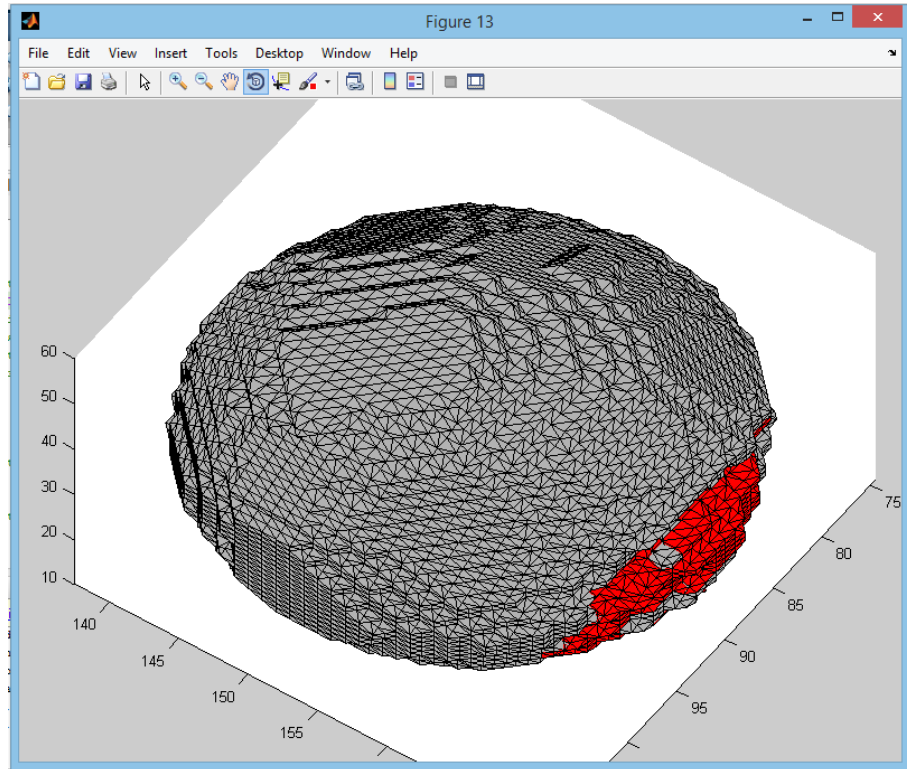


Рис.1. Результат моделювання 3D об'єкта ока

Висновки. Запропонований у роботі алгоритм обробки дає можливість побудови 3D моделі з використанням низькочастотної фільтрації, врахуванням анатомічних особливостей та особливостей DICOM формату.

Література

1. Dobler B. Precise modelling of the eye for proton therapy of intra-ocular tumours [Електронний ресурс] / B. Dobler, R.Bendl // Physics in medicine and biology. – 2002. – 47(4). – P.593–613. Режим доступу: <https://doi.org/10.1088/0031-9155/47/4/304> PMID:11900193.
2. Automated retinal topographic maps measured with magnetic resonance imaging [Електронний ресурс] / JWM Beenakker, DP Shamonin, AG Webb, GPM Luyten, BC Stoel // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2015. – № 56, P.1033–1039. Режим доступу: <https://doi.org/10.1167/iovs.14-15161> PMID: 25593030.
3. Active shape models – their training and application [Електронний ресурс] / T.F. Cootes, C.J. Taylor, D.H. Cooper, J.Graham // Comput vis image underst. – 1995. – 61(1). – P.38–59. Режим доступу: <https://doi.org/10.1006/cviu.1995.1004>

4. Gonzalez R.C. Algorithm of self-organizing maps restoration of corrupted graphic data / R.C. Gonzalez, R.E. Woods // Prentice Hall: Digital Image Processing (2nd ed.). – 2001. – 1072 pp.
5. Gonzalez R.C. Algorithm of self-organizing maps restoration of corrupted graphic data / R.C. Gonzalez, R.E. Woods // Prentice Hall: Digital Image Processing (2nd ed.). – 2001. – 1072 pp.
6. Saaty T.L. Relative measurement and its generalization in decision making: why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors / T.L. Saaty // Series A. Mathematics: Digital Image Processing. – 2008. – 102 pp.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ DICOM ИЗОБРАЖЕНИЙ для
выборки КОНКРЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ И ОБРАБОТКИ ДЛЯ
ДАЛЬНЕЙШЕЙ РЕКОНСТРУКЦИИ В 3D**

Плесканко Н.В., Бадаев Ю.И.

Предлагается моделирования 3D объекта на основе серий DICOM изображений с обеспечением надлежащей преобработки как фильтрация, бинаризация, лейбеллинг и масштабирования.

Ключевые слова: обработка изображений, фильтрация, аппроксимация, 3D модель глаза, DICOM изображения, цифровая обработка.

**MODELING DICOM IMAGES FOR SELECTING SPECIFIC
OBJECTS AND PROCESSING FOR FURTHER
RECONSTRUCTION IN 3D**

Pleskanko N., Badaev Y.

It is proposed to simulate a 3D object based on DICOM series of images with the provision of proper prefaults like filtering, binarization, labeling and scaling.

Keywords: image processing, filtering, approximation, 3D model of the eye, DICOM images, digital processing.

УДК 721.02.23

АНАЛИЗ ЗАКОНОВ ПРОЕКЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ

Браилов А.Ю., д.т.н.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры
(Украина)

В настоящей работе обоснована необходимость выполнения анализа законов проекционных связей. Выявлена основная проблема и определены первостепенные задачи. Сформулированы требования к синтезу общего закона проекционных связей.

***Ключевые слова:* закон, геометрическая модель, проекционная связь, комплексный чертеж, изделие.**

Постановка проблемы. Для эффективного изучения дисциплины "Инженерная графика" и решения постоянно усложняющихся инженерных геометрических задач необходимо синтезировать обобщенный закон проекционных связей.

В инженерной геометрии комплексный двухмерный чертеж образа формируется методом ортогонального проецирования на три взаимно перпендикулярные плоскости с последующим совмещением горизонтальной и профильной плоскости с фронтальной плоскостью проекций. Таким образом, комплексный чертеж геометрического образа состоит из его фронтальной, горизонтальной и профильной проекций [1–9]. Совмещение горизонтальной и профильной плоскостей проекций с фронтальной плоскостью осуществляется поворотом этих плоскостей вокруг осей, расположенных между поворачиваемыми плоскостями и неподвижной фронтальной плоскостью.

Проекция исходной (исследуемой, изучаемой) точки трехмерного объекта (предмета, изделия) является и изображается на комплексном чертеже *точкой* [2, 3-5].

Взаимное расположение проекций на чертеже изделия зависит от взаимного расположения элементов аппарата ортогонального проецирования [2, 9].

Проблема заключается в том, что, с целью обеспечения эффективного использования законов проекционных связей в американской и европейской системах измерения для любого из восьми октантов, описание *многочисленных* практических признаков содержания законов *противоречит* необходимости выделения *только сути* исследуемых элементов, свойств и отношений.

Разрешение такого противоречия позволит обеспечить соответствие изложенных законов проекционных связей и синтезируемого обобщенного (общего) закона.

Анализ последних исследований и публикаций. Одним из главных разделов инженерной графики является инженерная геометрия для построения геометрической модели объекта [1, 2, 5–9, 12]. Методы построения геометрической модели описаны в работах профессоров Михайленко В.Е., Ванина В.В., Ковалева С.Н., Найдыша В.М., Подкорытова А.Н., Скидана И.А., Рыжова Н.Н., Фролова С.А. и других ученых [3, 4].

Для корректного построения геометрической модели объекта используются законы проекционных связей [2, 5].

Законы проекционных связей с предложенными дополнительными признаками приведены в таблице.

Таблица

Законы проекционных связей

№	Профессор Подкорытов А. Н. [5]	Профессор Браилов А. Ю. [2]
1	2	3
1	Фронтальная и горизонтальная проекции точки лежат на вертикальной линии связи, перпендикулярной оси X ($A_1A_2 \perp X_{21}$).	<i>Первый закон проекционных связей.</i> Фронтальная A_2 и горизонтальная A_1 проекции точки A расположены на <u>одной и той же</u> линии проекционной связи 1–1, которая перпендикулярна оси OX_{21} и <u>проходит через соответствующую координате X_A точки A опорную точку A_{21} ($1-1 \perp X_{21}$).</u>
2	Фронтальная и профильная проекции точки лежат на горизонтальной линии связи, перпендикулярной оси Z ($A_2A_3 \perp Z_{23}$).	<i>Второй закон проекционных связей.</i> Фронтальная A_2 и профильная A_3 проекции точки A расположены на <u>одной и той же</u> линии проекционной связи 2–2, которая перпендикулярна оси OZ_{23} и <u>проходит через соответствующую координате Z_A точки A опорную точку A_{23} ($2-2 \perp Z_{23}$).</u>

1	2	3
3	Горизонтальная и профильная проекции точки лежат на ломаной линии связи, перпендикулярной оси Y ($A_1A_3 \perp Y_{13}$).	<i>Третий закон проекционных связей.</i> Горизонтальная A_1 и профильная A_3 проекции точки A расположены на <u>одной и той же ломаной линии проекционной связи 3–3</u> , которая перпендикулярна <u>осям</u> OY_{13} и <u>проходит через соответствующие координате</u> Y_A <u>точки A опорные точки A_{13} ($3-3 \perp Y_{13}$)</u> . <u>Ломаная линия проекционной связи 3–3 образуется двумя бесконечными взаимно перпендикулярными прямыми линиями.</u>

Формулирование целей статьи. Цель настоящего исследования – на основе анализа законов проекционных связей *определить требования* для синтеза обобщенного закона проекционных связей.

Задачи исследования:

1. Выполнить *анализ* законов проекционных связей [2].
2. Определить *требования* к обобщенному (общему) закону проекционных связей.

Основная часть. Анализ сформулированных в работе [2] законов проекционных связей позволяет выявить основное противоречие.

Сформулированные законы проекционных связей [2] содержат *описание* необходимых для практического использования признаков, которые *затрудняют* понимание сути исследуемого явления.

В отдельных законах проекционных связей [2] *отсутствует* доказательство их справедливости для европейской и американской систем измерения (Рис. 1, 2).

Отсутствует доказательство справедливости отдельных законов проекционных связей [2] при их комплексном использовании в *любом* из восьми октантов трехмерного пространства (Рис. 1, 2).

Положения различных видов, относительно основного (фронтального) вида, определяются вращением плоскостей проекций вокруг линий, совпадающих с координационными осями (или параллельных осям) [11]. Плоскости вращаются до полного совмещения с координационной плоскостью (поверхностью чертежа), на которую спроецирован основной вид спереди (Рис. 2).

В соответствии с принципом наглядности [10, 11] выполнен комплексный чертеж отрезка прямой линии для третьего октанта в американской системе измерения (Рис. 2). Вид снизу располагается *сверху* вида спереди, а вид слева – *справа* от вида спереди (Рис. 2).

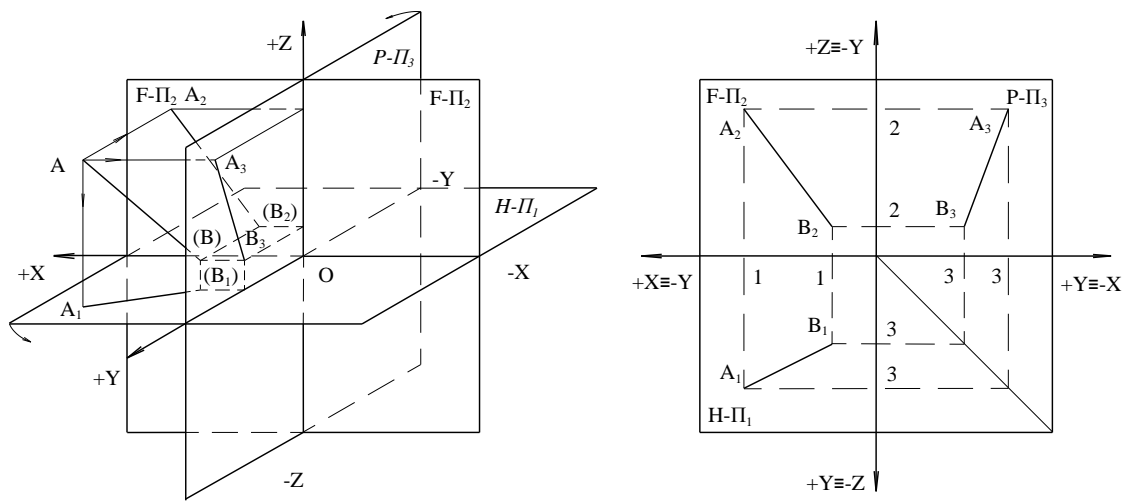


Рис. 1. Геометрические модели отрезка АВ прямой линии для первого октанта в *европейской* системе измерения

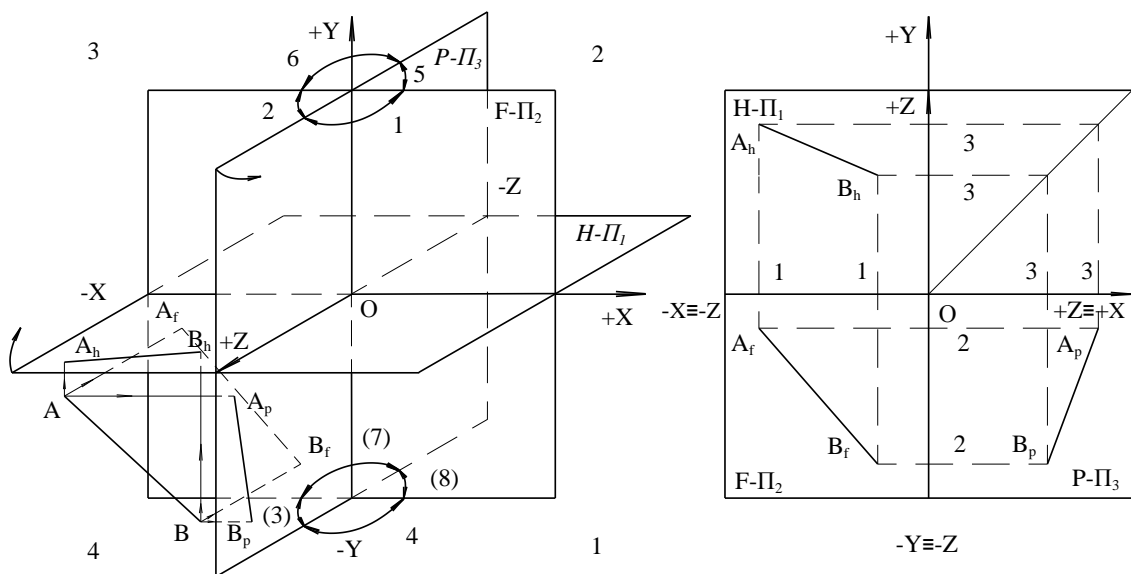


Рис. 2. Геометрические модели отрезка АВ прямой линии для третьего октанта в *американской* системе измерения [12]

Выполненный анализ законов проекционных связей и построенные с их использованием геометрические модели (Рис. 1, 2) доказывают необходимость синтеза обобщенного закона проекционных связей. Первым шагом в решении такой задачи является определение требований к обобщенному (общему) закону проекционных связей.

На основании выполненного анализа сформулированных в работе [2] законов определены *требования* к обобщенному закону проекционных связей.

1. Обобщенный закон проекционных связей должен быть *непротиворечивой дедуктивной основой* для каждого частного закона отдельной проекционной связи.

2. Формулировка обобщенного закона должна *содержать только существенные отношения* между характерными признаками без дополнительных пояснений.

3. Обобщенный закон проекционных связей должен быть *справедлив для любой из проекционных связей* комплексного чертежа геометрического образа.

4. Обобщенный закон проекционных связей должен быть *справедлив для любой системы измерения*.

5. Формулировка обобщенного закона должна иметь *степень общности*, достаточную для его использования при решении задачи в любом из *восьми октантов*.

6. Обобщенный закон проекционных связей должен позволять *проверять правильность геометрических построений* в соответствии с требованиями любого международного стандарта [10, 11].

7. Обобщенный закон и частные законы проекционных связей, в комплексе, должны быть *необходимыми и достаточными компонентами* для их эффективного применения в *многомерных пространствах*.

Выводы. 1. Доказана необходимость синтеза обобщенного (общего) закона проекционных связей.

2. Определены требования к обобщенному (общему) закону проекционных связей.

Литература

1. Браилов А. Ю. Компьютерная инженерная графика в среде T–FLEX: преобразования двухмерных и трехмерных моделей изделий / А. Ю. Браилов. – Киев: Каравелла, 2007. — 176 с.
2. Браилов А. Ю. Инженерная геометрия / А. Ю. Браилов. – Киев: Каравелла, 2013. — 456 с.
3. Михайленко В. Є. Інженерна та комп'ютерна графіка / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Подкоритов, І. А. Скидан. – Київ: Вища школа, 2001. – 350 с.
4. Михайленко В. Е. Инженерная и компьютерная графика / В.Е. Михайленко, В. В. Ванин, С. Н. Ковалёв. – К.: Каравелла, 2013. – 328 с.
5. Подкорытов А.Н. Конспект лекций по инженерной графике (со структурно-логическими схемами и с алгоритмами графических построений при решении типовых задач) для студентов немеханических специальностей / А.Н.Подкорытов, Е.Г.Галзман, В.Ф. Перевалов. – Одесса: ОГПУ, 1993. – 83 с.
6. Brailov A.Yu. Principles of Design and Technological Development of

- Product / A.Yu. Brailov // International Journal of ADVANCES IN MACHINING AND FORMING OPERATIONS. – Detroit, Michigan, USA: ISP, 2011. – Vol. 3. – Num. 1. – P. 11–17.
7. Brailov A.Yu. Laws of projective connections / A.Yu. Brailov // Proceedings of the Fifteenth International Conference on Geometry and Graphics (Montreal, CANADA). – ISGG, 2012. – P. 121–122.
 8. Brailov A.Yu. The general approach to the solution of typical engineering geometrical problems / A.Yu. Brailov // Proc. of the 16-th Int. Conf. on Geom. and Graph. (AUSTRIA). – ISGG: Innsbruck University Press, 2014. – P. 444–458.
 9. Brailov A.Yu. Engineering Graphics. Theoretical Foundations of Engineering Geometry for Design [ISBN 978-3-319-29717-0, DOI 10.1007/978-3-319-29719-4] / A.Yu. Brailov. – Springer International Publishing, 2016. – 340 p.
 10. BRITISH STANDARD BS 8888: 2011 Technical product documentation and specification (BS EN ISO 5456-2). – London: BSI Standard Publication, 2011. – pp. 94 (ISBN 978-0-580-72757-3).
 11. INDIAN STANDARD IS 15021 (Part 2): 2001, ISO 5456-2: 1996 Technical drawings – projection methods. Part 2 Orthographic representations. – New Delhi: Bureau of Indian standards, 2001. – 12 p.
 12. Ryan D.L. CAD/CAE descriptive geometry / Daniel L. Ryan. – Boca Raton: CRC Press, 1992. – 209 p.

АНАЛІЗ ЗАКОНІВ ПРОЕКЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ

Браїлов О.Ю.

У роботі обґрунтовано необхідність виконання аналізу законів проекційних зв'язків. Виявлено проблему й визначені першорядні задачі. Визначені умови щодо синтезу загального закону проекційних зв'язків.

Ключові слова: закон, геометрична модель, проекційний зв'язок, комплексне креслення, виріб.

ANALYSIS OF LAWS OF PROJECTIVE CONNECTIONS

Brailov A.

In the present work, the necessity of execution of the analysis of the laws of projective connections is substantiated. The problem is revealed and important tasks for its resolution are defined. A set of the requirements to synthesize of the general law of projective connections are defined and allocated.

Keywords: law, geometric model, projection link, complex drawing, product.

УДК 004.925.8:629.7

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ КРИЛА В КОНТЕКСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ЛІТАКА З УРАХУВАННЯМ ЗМІНЮВАНИХ ПАРАМЕТРІВ

Ванін В.В., д.т.н.,

Незенко А.Й., аспірант*

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)*

У статті проаналізовано деякі особливості моделювання поверхонь крила літака з урахуванням змінюваних протягом життєвого циклу виробу параметрів. Подані матеріали слугують теоретичною основою для розробки комп'ютерних програмних засобів автоматизованого формоутворення.

Ключові слова: геометричне моделювання, життєвий цикл літака, стапельна конфігурація, польотна конфігурація, стоянкова конфігурація, скрут крила.

Постановка проблеми. Для досягнення оптимальних льотних характеристик літака на всіх режимах польоту поверхня крила формується зі скрутом поперечних перерізів уздовж розмаху. Це обумовлено необхідністю збереження несучих властивостей крила при змінюванні кута атаки. Для запобігання зриву потоку поверхня крила формується зі скрутом поперечних перерізів уздовж розмаху так, щоб при збільшенні кута атаки кінцеві поверхні крила зберігали несучі властивості та забезпечували необхідну ефективність елеронів для управління літаком.

У зв'язку з тим, що процеси, які відбуваються в конструкції складного технічного виробу при деформаціях вивчені недостатньо, дослідження змін геометричних параметрів потребує опрацювання великої кількості проектних різновидів крила, моделювання крила за фактичними контрольними даними виготовлення та експлуатації.

Отже, моделювання крила сучасного літака може відбуватись лише з урахуванням усього життєвого циклу виробу (ЖЦВ) в контексті процесів інших технічних дисциплін. Таке моделювання забезпечується застосуванням сучасних засобів підтримки ЖЦВ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З метою підвищення ефективності автоматизованого проектування різноманітних технічних об'єктів науковою школою прикладної геометрії НТУУ «КПІ ім. Ігоря

* Науковий керівник – д.т.н., професор Вірченко Г.А.

Сікорського» напрацьовано методологію структурно-параметричного формоутворення, яка широко використовується, зокрема, для розробки літаків [1-3]. При цьому важливим для подальших наукових досліджень є напрямок пошуку нових продуктивних методів, способів, прийомів та алгоритмів геометричного моделювання, що забезпечують одержання оптимальних інтегральних характеристик з урахуванням усього життєвого циклу літака.

Формулювання цілей статті. Завдання публікації полягає в систематизації процесів геометричного моделювання складних технічних виробів упродовж життєвого циклу в контексті процесів багатьох технічних дисциплін для реалізації в сучасних засобах підтримки ЖЦВ.

Основна частина. Побудова моделі крила здійснюється шляхом ітераційного структурно-параметричного оптимального формоутворення в контексті життєвого циклу літака [1]. Для визначення та формалізації процесу формоутворення в ЖЦВ необхідно створити функціональну модель процесу геометричного моделювання, яку рекомендується розробляти у відповідності до міжнародного стандарту IDEF0.

На рис.1 наведено укрупнену схему процесу геометричного моделювання крила літака впродовж ЖЦВ.

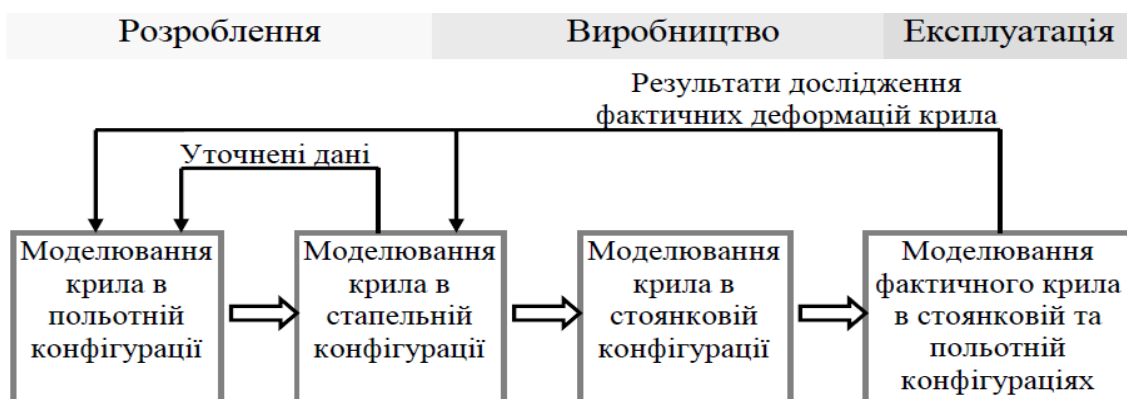


Рис.1. Схема процесного геометричного моделювання крила літака протягом ЖЦВ

На схемі показано поділ процесу моделювання крила на 4 підпроцеси. Принципи моделювання в підпроцесах аналогічні, але вони відбуваються на різних стадіях ЖЦВ і враховують змінювані параметри, що визначають льотні характеристики виробу.

Вхідними даними для моделювання крила є профілі P , площа крила S , видовження λ , кут стрілоподібності ψ , скрут ε та кут φ поперечного V крила. Похідними геометричними параметрами від вказаних вище є довжини хорд профілів l_x , розмах L , звуження η та

координати x, y, z установки профілів у декартовій системі координат. При цьому такі параметри як профілі, площа, видовження, стрілоподібність можуть змінюватись лише у процесі вибору оптимального варіанта крила на попередніх стадіях та етапах проектування і вважаються незмінними на стадіях робочого проектування, виробництва та експлуатації. Скрут крила та кути поперечного V є змінюваними як у процесі вибору оптимального варіанта крила на початкових стадіях проектування, так і на наступних стадіях ЖЦВ при виготовленні та під час експлуатації.

Запишемо кортеж параметрів крила

$$Pk = (P, S, \lambda, \phi, \varepsilon, \varphi, lx, L, \eta, x, y, z). \quad (1)$$

З них початкові параметри

$$Pk_{поч} = (P, S, \lambda, \phi, \varepsilon, \varphi), \quad (2)$$

залежні параметри

$$Pk_{зал} = (lx, L, \eta, x, y, z), \quad (3)$$

незмінювані параметри в ЖЦВ

$$Pk_{const} = (P, S, \lambda, \phi, lx, L, \eta), \quad (4)$$

змінювані параметри в ЖЦВ

$$Pk_{змін} = \{\varepsilon, \varphi, x, y, z\}. \quad (5)$$

Розглянемо як приклад використання формул (1) ... (5) змінювання параметра скруту ε при геометричному моделюванні крила в ЖЦВ. Кутом скруту називають кут між хордою поточного перетину крила та хордою бортового перетину. Для кожної з конфігурацій крила, які моделюються на різних стадіях ЖЦВ, параметри скруту мають різні значення і визначаються розрахунковими засобами. На рис. 2 показано скрут поточних перетинів у залежності від конфігурації крила.

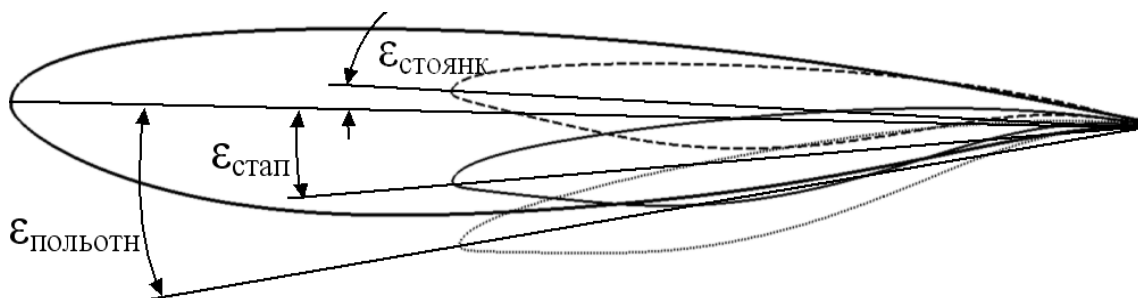


Рис. 2. Скрут крила
(розташування поточного профілю в залежності від конфігурації крила для наочності суміщено по лінії 100% хорд)

Моделювання крила відбувається методами кінематичного формоутворення. Для відтворення фактичних геометричних параметрів літального апарата значення кутів скруту є визначаються за результатами контрольних обмірів літака після виготовлення та під час експлуатації. Для цього в конструкції літака передбачаються спеціальні мітки (реперні точки). На рис. 3 зображено результат процесного геометричного моделювання крила.

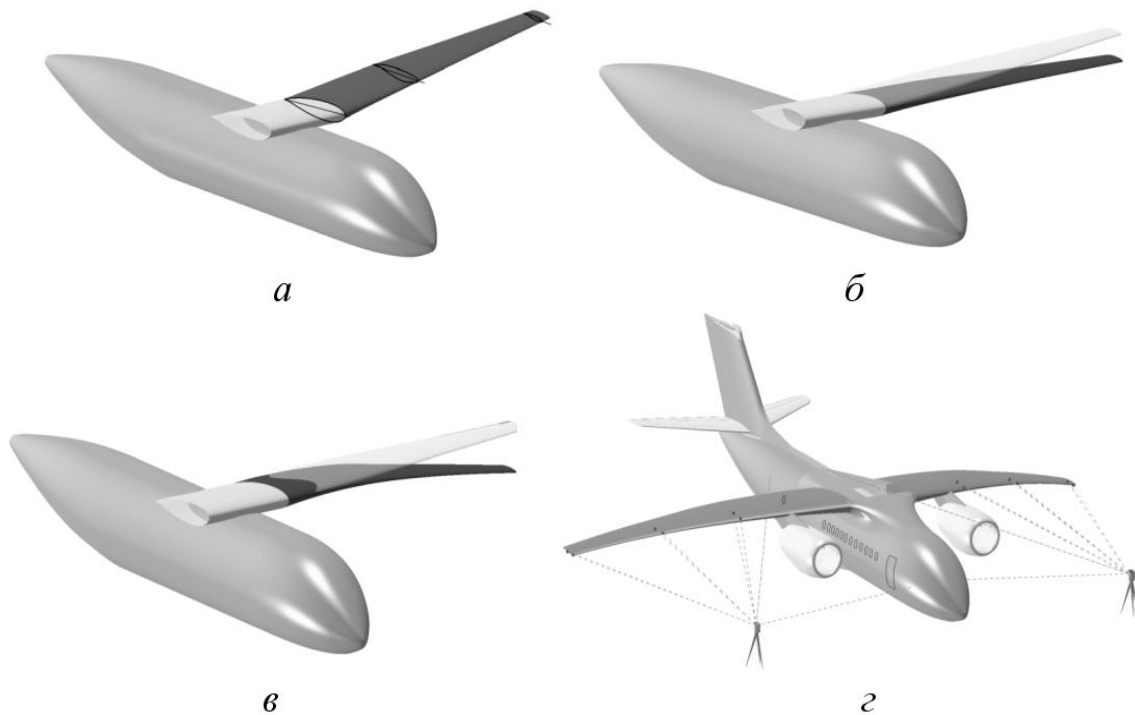


Рис.3. Процесне геометричне моделювання крила:

а – модель польотної конфігурації крила; *б* – модель стапельної конфігурації крила; *в* – модель стоянкової конфігурації крила; *г* – обмір крила з допомогою координатно-вимірювальної машини для формування моделі фактичного крила у стоянковій конфігурації

Оскільки кути скруту разом з іншими геометричними параметрами визначають форму крила, варіювання ними призводить до змінювання функціональних параметрів і характеристик даного агрегату.

Висновки. При запропонованому підході до геометричного моделювання крила літака процеси на всіх стадіях та етапах життєвого циклу можна об'єднати в єдиний наскрізний процес, що дозволяє визначити оптимальні характеристики та підвищити якість проектування та виготовлення літака. Перспективними напрямками проведення подальших наукових досліджень можна вважати практичне впровадження напрацьованих результатів.

Література

1. Ванін В.В. Особливості геометричного моделювання поверхні крила в аспекті життєвого циклу літака / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, А.Й. Незенко // Вісник ХНТУ. – Вип. 3(62).Т.2. – Херсон: ХНТУ, 2017. – С. 260-263.
2. Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як засіб інтеграції автоматизованого проектування сучасного літака / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко // Вісник ХНТУ. – Вип. 3(50). – Херсон: ХНТУ, 2014. – С. 571-574.
3. Ванін В.В. Комп'ютерні структурно-параметричні геометричні моделі як засоби конструкторсько-технологічної оптимізації літака / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, О.В. Збруцький // Механіка гіроскопічних систем. – Вип.27. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2014. – С. 111-119.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРЫЛА В КОНТЕКСТЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА САМОЛЕТА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ

Ванин В.В., Незенко А.И.

В статье проанализированы некоторые особенности моделирования поверхностей крыла с учетом изменяемых в процессе жизненного цикла изделия параметров. Представленные материалы служат теоретической основой для разработки компьютерных программных средств автоматизированного формообразования.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, жизненный цикл самолета, стаяльная конфигурация, полетная конфигурация, стояночная конфигурация, крутка крыла.

GEOMETRICAL MODELING OF WING THEORETICAL SURFACES IN LIFE CYCLE AIRPLANE CONTEXT TAKING INTO ACCOUNT VARIABLE PARAMETERS

Vanin V., Nezenko A.

The article analyzes some modeling features of airplane wing surfaces, taking into account the variable parameters that change during the life cycle of the product. The presented materials serve as a theoretical basis for the development of computer software for automated shaping.

Key words: geometrical modeling, airplane's life cycle, stack configuration, flight configuration, parking configuration, wing twist.

УДК 514.18

ПІДГОТОВКА ВИХІДНОЇ ХМАРИ ТОЧОК ПРИ СТВОРЕННІ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ

Верещага В.М., д.т.н.,

Павленко О.М., к.т.н.

Мелітопольська школа прикладної геометрії

Мелітопольський державний педагогічний університет

імені Богдана Хмельницького (Україна)

Розглядаються питання підготовки вихідної інформації для її застосування у процесі геометричного моделювання рельєфу за допомогою геометричного апарату точкового числення Балюби-Найдиша (БН-числення).

Ключові слова: наземне лазерне сканування (НЛС), точкове числення Балюби-Найдиша (БН-числення), хмара точок, рельєф, геометрична модель.

Постановка проблеми. Створенню формалізованої геометричної моделі топографічної поверхні за результатами наземного лазерного сканування (НЛС) передують створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР), для якої вихідна інформація, за результатами НЛС, потребує певної підготовки [2]. У даній статті розглядаються питання підготовки вихідної інформації для її застосування у процесі геометричного моделювання рельєфу за допомогою геометричного апарату точкового БН-числення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі досліджень [2], запропоновано спосіб підготовки вихідної інформації, отриманої за результатами НЛС. Але розробка носить загальний вигляд і є доволі складною для програмної реалізації. Розробка, що пропонується у цьому підрозділі, носить частинний випадок і тому є більш спрощеною і простішою у реалізації.

Формування цілей статті. У процесі підготовки вихідної, після НЛС, інформації необхідно виконати наступне:

- видалити шумову складову скану;
- геометрично встановити межі господарського майданчика, при цьому, видалити точкам скану, що знаходяться за межами майданчика;
- упорядкувати точки скану, видаливши надлишкову інформацію.

Основна частина. Згідно з дослідженнями [2] шумовою складовою вважаються елементи (предмети), що випадково опинилися у полі «зору» сканера у момент зйомки, що постійно знаходяться над поверхнею рельєфу земельної ділянки, при цьому, не цікавлять дослідника (дерева, кущі, будівлі, споруди тощо), а також множина точок, що знята сканером, але знаходиться за межами промислового майданчика.

Перш ніж скористатися результатами сканування, всі ці елементи, що подані відповідними точковими множинами, треба видаляти із вихідної хмари точок. Від якісного видалення шумової складової залежить робота усіх алгоритмів, що будуть розроблятися далі.

У роботі [2] розроблено алгоритми для видалення зайвих елементів з вихідної хмари точок та виконана його програмна реалізація, тому у своїх дослідженнях ми не будемо розглядати питання видалення шумів, а скористаємося цією розробкою.

Розглянемо частинний випадок підготовки вихідної хмари точок для створення множини вузлових точок, що будуть застосовуватись у побудові формалізованої континуальної геометричної моделі рельєфу промислового майданчика [3].

Що треба розуміти під підготовкою вихідної хмари точок? Річ у тім, що навіть на мінімальному налаштуванні матриці сканера, кількість точок після сканування буде надлишковою для створення неперервної формалізованої геометричної моделі сегменту топографічної поверхні.

У зв'язку з цим, підготовка вихідної хмари точок означає видалення надлишкової кількості точок вихідної хмари, щоби залишені точки віддзеркалювали геометрію рельєфу і дозволили, з наперед заданою точністю, континуально реконструювати сканований рельєф промислового майданчика [1]. У нашій розробці пропонується визначати та залишати точки вихідної хмари, що знаходяться на структурних лініях, зокрема на горизонталях.

Нехай до вихідної хмари точок застосовано алгоритми видалення шумової складової та встановлено межі [4] промислового майданчика.

Відстань між найвищою та найнижчою точками не перевищує одного метра, наприклад, дорівнює 0,5 метра. Призначимо крок між горизонталями 0,05 метра, отримаємо одинадцять рівнів, на яких необхідно виділити, з вихідної хмари точок, точки, що утворюють дискретно подану горизонталь.

На рис. 1 графічно відображено ситуацію, яку було обумовлено вище.

наявного досвіду моделювання і дотримання необхідної точності реконструкції топографічної поверхні, обираємо допуск ε на відхилення аплікату точок, що будуть визначати дискретну горизонталь, від аплікату відповідного рівня. На наш погляд, цей допуск ε не повинен перевищувати 10% відстані між суміжними рівнями. У нашому прикладі, прийнято відстань $0,05h$ метра між рівнями 1 та 2 і 2 та 3, тому $\varepsilon \leq 0,05h$ сантиметрів. Відносно рівня горизонталі h_2 усім точкам, що мають аплікату Z_i у межах $(h_2 - 0,5\varepsilon) \leq Z_i \leq (h_2 + 0,5\varepsilon)$ призначаємо аплікату горизонталі другого рівня $Z_i = Z_2$. Аналогічно виконуємо і для інших рівнів 3, 4, ..., 10. Для першого рівня відхилення дорівнює $h_1 + 0,5\varepsilon$ і усім точкам, аплікати яких $Z_i \leq h_1 + 0,5\varepsilon$, призначаємо $Z_i = Z_1$. Для вершини 11 відхилення призначаємо $h_{11} - 0,5\varepsilon$ усім точкам, аплікати яких $Z_i \leq h_{11} - 0,5\varepsilon$, призначаємо $Z_i = Z_{11}$.

Отримані таким чином точки, зобразимо на горизонтальній площині і виконаємо аналіз щодо побудови додаткових горизонталей (рис. 3).

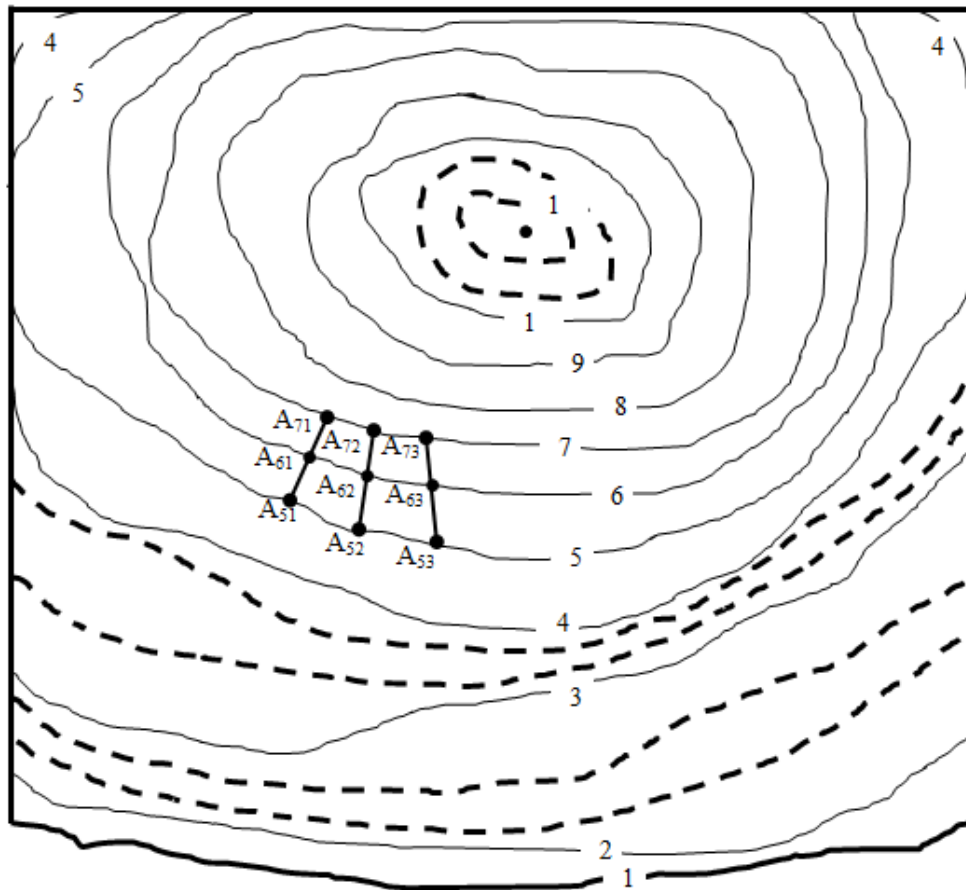


Рис. 3. Приклад дискретно поданих горизонталей сформованих на поверхні хмари точок

Як бачимо у плані, відстань між горизонталями, у більшості своїй,

скрізь, приблизно, однакова, і можна вирахувати середню, але між другим та третім, між третім та четвертим і між десятим та одинадцятим рівнями відстані є значно більшими за середню. Це означає, що реконструкція рельєфу, з використанням визначених горизонталей, у вказаних місцях буде мати значно більшу похибку у порівнянні з рештою поверхні. Для виправлення цієї вади у вказаних місцях додатково проводимо горизонталі (на рис.3 показані штрихованими лініями), щоб у місцях найбільшої відстані між горизонталями досягти середньої відстані.

У вказаних місцях, у нашому прикладі, проведемо по дві додаткові горизонталі, але їх може бути і по одній, і по три, і по чотири, і так далі в залежності від рельєфу.

Ще раз наголосимо, що всі отримані горизонталі є дискретно поданими, тобто сформовані одновимірними замкненими, незамкненими або з розривами множинами точок, для побудови у зоні допусків ε у відповідності до наперед визначених рівнів (рис. 1, рис. 2). Всі інші точки, між визначеними рівнями, виключаємо з тих, що будуть використані у цифровій моделі рельєфу.

Виникає питання, а навіщо не включені у цифрову модель точки необхідно було сканувати? Річ у тім, що, навіть при мінімально налаштованій матриці сканування, отримана хмара точок буде утримувати надлишкову кількість точок, яка доволі точно віддзеркалює рельєф, але повне включення усіх точок хмари для створення його цифрової моделі буде потребувати великих витрат комп'ютерних та фінансових ресурсів. Тому запропонований алгоритм побудови горизонталей призначений для оптимізації процесу «точність-видатки». Цей процес оптимізації не є метою дисертаційних досліджень і тому питання оптимізації не будуть досліджуватись.

Якщо, у разі тестування моделі, з'ясується, що точність реконструкції рельєфу, при обраній кількості горизонталей, не є задовільною, то необхідно повернутися до вихідної хмари точок і збільшити кількість горизонталей у тій частині моделі рельєфу, де виникла велика похибка.

Висновки. За результатами підготовки вихідної хмари точок, тобто, видалення шумової складової та надлишкової інформації шляхом побудови горизонталей, що графічно подають рельєф майданчика, можна застосувати алгоритми з метою отримання цифрової моделі рельєфу.

Література

1. Верещага В.М. Оптимізація математичного моделювання на основі геометрії числа / В.М. Верещага // Перспективні напрями сучасної

- електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2015). Тези доповідей на Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та студентів: 25-27 листопада 2015. – Дніпропетровськ: Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, 2015. – с. 11-12.
2. Кучеренко В.В. Формалізовані геометричні моделі нерегулярної поверхні для гіперкількісної дискретної скінченної множини точок: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / Вадим Володимирович Кучеренко; Дніпр. нац. ун-т. – Дніпропетровськ, 2013. – 187 с.
 3. Павленко А.М. Условия установления конечных точек на карте рельефа / А.М. Павленко // In: Инновационные технологии в кооперативном образовательном процессе. – 2016. – С. 310-316.
 4. Павленко О.М. Геометричне моделювання горизонтальних земельних ділянок з використанням методів точкового БН-числення: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / Олександр Михайлович Павленко; МДПУ імені Б. Хмельницького. – Мелітополь, 2017. – 224 с.

ПОДГОТОВКА ИСХОДНОГО ОБЛАКА ТОЧЕК ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Верещага В.М., Павленко А.М.

Рассматриваются вопросы подготовки исходной информации для ее применения в процессе геометрического моделирования рельефа с помощью геометрического аппарата точечного исчисления Балюбы-Найдыша (БН-исчисления).

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование (НЛС), точечное исчисление Балюбы-Найдыша (БН-исчисление), облако точек, рельеф, геометрическая модель.

PREPARATION OF THE INITIAL CLOUD OF POINTS AT THE CREATION OF THE DIGITAL RELIEF MODEL FROM THE RESULTS OF GROUND LASER SCANNING

Vereshchaha V., Pavlenko O.

Questions of preparation of the initial information for its application in the process of geometrical modeling of a relief with the help of a geometrical device of a point BN-calculus are considered.

Keywords: ground laser scanning (GLS), point calculation Balyuba-Naidysh (BN-calculus), point cloud, relief, geometric model.

УДК 519.632.4

ВПЛИВ БАЗИСНИХ ФУНКЦІЙ НА ВЛАСТИВОСТІ РЕКУРЕНТНОГО СПЛАЙНА П'ЯТОГО СТЕПЕНЯ

Вірченко Г.А., д.т.н.

*Національний технічний університет України "Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (Україна),*

Маломуж Т.В., к.т.н.,

Старун Н.В., к.т.н.,

Тулученко Г.Я., д.т.н.

Херсонський національний технічний університет (Україна)

У роботі обґрунтовується доцільність опису ланки рекурентного згладжувачого сплайна п'ятого степеня за допомогою полінома Ерміта спеціального виду. За результатами аналізу характеристик матриць, що використовуються при реалізації алгоритму, надано практичні рекомендації щодо форми подання полінома з поточної ланки сплайна.

Ключові слова: *сплайн, матриця стійкості, матриця Грама, базисні поліноми Ерміта.*

Постановка проблеми. Пошуки можливостей надання сплайнам додаткових властивостей, що необхідні для розв'язання прикладних задач, супроводжують усю історію розвитку теорії сплайнів. При апроксимації часових рядів актуальною є задача побудови згладжувачих сплайнів, які є наближеними до оптимальних і припускають переобчислення незначної кількості останніх ланок при надходженні нової порції експериментальних даних. Традиційними недоліками алгоритмів, що реалізують побудову таких сплайнів є суб'єктивне визначення критерію довжини поточної ланки сплайна та поява осциляцій у сплайнової кривої по мірі росту послідовності експериментальних даних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботах [1-3] розглядається алгоритм побудови згладжувачого напівлокального сплайна на рівномірних сітках моментів спостережень та вузлів сплайна, які не співпадають між собою. У цих дослідженнях для опису ланок сплайна використовуються виключно поліноми у степеневих базисах. У наших попередніх дослідженнях [4] показано, що опис ланки кубічного сплайна за допомогою поліномів у інших базисах може приводити до покращення стійкості вказаного алгоритму. Крім того, встановлено, що для побудови сплайна другого порядку гладкості є доцільним підвищення степеня сплайна.

Формулювання цілей статті. Дослідити вплив форми подання полінома для опису поточної ланки сплайна п'ятого степеня на стійкість названого алгоритму.

Основна частина. Позначимо поточну ланку сплайна $[x_a; x_b]$. Розглянемо чотири форми опису ланки сплайна п'ятого степеня дефекту 3:

1) поліномом у степеневому базисі:

$$P_{St}(x) = \sum_{i=0}^5 a_i x^i; \quad (1)$$

2) поліномом Ерміта з двома вузлами, в яких задані значення функції та її похідних перших двох порядків:

$$P_{Herm1}(x) = \begin{pmatrix} f_a & f'_a & f''_a & f_b & f'_b & f''_b \end{pmatrix} \cdot V_{Herm1}^{-1} \cdot X, \quad (2)$$

$$\text{де } V_{Herm1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ x_a & 1 & 0 & x_b & 1 & 0 \\ x_a^2 & 2x_a & 2 & x_b^2 & 2x_b & 2 \\ x_a^3 & 3x_a^2 & 6x_a & x_b^3 & 3x_b^2 & 6x_b \\ x_a^4 & 4x_a^3 & 12x_a^2 & x_b^4 & 4x_b^3 & 12x_b^2 \\ x_a^5 & 5x_a^4 & 20x_a^3 & x_b^5 & 5x_b^4 & 20x_b^3 \end{pmatrix};$$

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 & x^4 & x^5 \end{pmatrix}^T;$$

3) поліномом Ерміта з трьома вузлами $(x_a < x_0 < x_b)$, для якого в першому вузлі задані значення функції та її похідних перших двох порядків, у другому вузлі – значення функції, у третьому вузлі – значення функції та її першої похідної:

$$P_{Herm2}(x) = \begin{pmatrix} f_a & f'_a & f''_a & f_0 & f_b & f'_b \end{pmatrix} \cdot V_{Herm2}^{-1} \cdot X, \quad (3)$$

$$\text{де } V_{Herm2} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ x_a & 1 & 0 & x_0 & x_b & 1 \\ x_a^2 & 2x_a & 2 & x_0^2 & x_b^2 & 2x_b \\ x_a^3 & 3x_a^2 & 6x_a & x_0^3 & x_b^3 & 3x_b^2 \\ x_a^4 & 4x_a^3 & 12x_a^2 & x_0^4 & x_b^4 & 4x_b^3 \\ x_a^5 & 5x_a^4 & 20x_a^3 & x_0^5 & x_b^5 & 5x_b^4 \end{pmatrix};$$

- 4) поліномом Ерміта з трьома вузлами $(x_a < x_0 < x_b)$, для якого в першому вузлі задані значення функції та її похідних перших двох порядків, у другому вузлі – значення функції та її першої похідної, у третьому вузлі – значення функції:

$$P_{Herm3}(x) = \begin{pmatrix} f_a & f_a' & f_a'' & f_0 & f_0' & f_b \end{pmatrix} \cdot V_{Herm3}^{-1} \cdot X, \quad (4)$$

$$\text{де } V_{Herm3} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ x_a & 1 & 0 & x_0 & 1 & x_b \\ x_a^2 & 2x_a & 2 & x_0^2 & 2x_0 & x_b^2 \\ x_a^3 & 3x_a^2 & 6x_a & x_0^3 & 3x_0^2 & x_b^3 \\ x_a^4 & 4x_a^3 & 12x_a^2 & x_0^4 & 4x_0^3 & x_b^4 \\ x_a^5 & 5x_a^4 & 20x_a^3 & x_0^5 & 5x_0^4 & x_b^5 \end{pmatrix}.$$

При побудові рекурентного сплайна за алгоритмом Д.О. Силаєва [1-3] матриця системи для знаходження частини коефіцієнтів ланки сплайна за методом найменших квадратів (МНК) складається з одного блоку традиційної матриці для цього методу. У даному випадку з блоку, що містить три останні рядки та стовпчики. Як відомо, апроксимаційні властивості базисів оцінюють за числом обумовленості матриці Грама. Для їх обчислення при використанні різних форм подання полінома, не втрачаючи загальності результатів, покладемо $[x_a; x_b] = [0; 1]$. Також будемо вважати, що $x_0 = (x_a + x_b) / 2$. Доцільність такої локалізації внутрішнього вузла доводиться, зокрема, в роботі [4].

Із даних табл. 1 очевидно, що суттєві переваги має застосування поліномів Ерміта виду (4). Також відзначимо, що у своїх дослідженнях автори розглядали більшу кількість видів форм поліномів, але їх застосування негативно впливало на число обумовленості матриці Грама.

Таблиця 1

Числа обумовленості матриці Грама G та її блока

Поліном	Число обумовленості	
	матриці Грама G	блока
Поліном із степеневим базисом (1)	$1,495 \cdot 10^7$	30298,672
Поліном Ерміта з двома вузлами (2)	$2,056 \cdot 10^6$	$1,977 \cdot 10^5$
Поліном Ерміта з трьома вузлами (3)	$1,102 \cdot 10^6$	2884,545
Поліном Ерміта з трьома вузлами (4)	$1,450 \cdot 10^6$	15,930

Висновки. У роботах [1-3] для оцінки стійкості досліджуваного алгоритму використовується величина найбільшого модуля власного числа матриці спеціального виду, яка названа матрицею стійкості. Наші дослідження показали, що форма подання полінома не впливає на значення власних чисел цієї матриці для різних співвідношень попередньої та остаточної довжин ланок сплайна (табл. 2).

Таблиця 2

Приклади оцінки модулів власних чисел матриці стійкості

M	m	$\min \max_M \lambda_i $	M	m	$\min \max_M \lambda_i $
6	3	0,267	11	7	0,204
7	4	0,226	12	7	0,221
8	5	0,205	13	8	0,208
9	5	0,236	14	9	0,203
10	6	0,214	15	9	0,213

Тому для обробки експериментальних залежностей, що містять похибки вимірювань доцільним є використання поліномів Ерміта з трьома вузлами виду (4). При цьому внутрішній вузол рекомендовано розміщувати у вузлі, який є найближчим до середини ланки сплайна.

Література

1. Силаев Д.А. Полулокальные сглаживающие сплайны / Д.А. Силаев // Труды семинара им. И. Г. Петровского. – 2013. – Вып. 29. – С. 443–454.

2. Силаев Д.А. Полулокальные сглаживающие S-сплайны / Д.А. Силаев // Компьютерные исследования и моделирование. – 2010. – Т. 2. – № 4. – С. 349–357.
3. Полулокальные сглаживающие сплайны класса C_1 / Д.А. Силаев и др. // Труды семинара имени И. Г. Петровского. – 2007. – Вып. 26. – С. 347–367.
4. Tuluchenko G. Generalization of One Algorithm for Constructing Recurrent Splines / G. Tuluchenko, G. Virchenko, G. Getun, V. Martynov, M. Tymofieiev // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 2. – №4. Mathematics and Cybernetics – Applied Aspects. – P. 53–62.

ВЛИЯНИЕ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ НА СВОЙСТВА РЕКУРЕНТНОГО СПЛАЙНА ПЯТОЙ СТЕПЕНИ

Вирченко Г.А., Маломуж Т.В., Старун Н.В., Тулученко Г.Я.

В работе обосновывается целесообразность описания звена рекуррентного сглаживающего сплайна пятой степени с помощью полинома Эрмита специального вида. На основании результатов анализа характеристик матриц, которые используются при реализации алгоритма построения такого сплайна, даны практические рекомендации относительно формы представления полинома для текущего звена сплайна.

Ключевые слова: сплайн, матрица устойчивости, матрица Грама, базисный полином Эрмита.

INFLUENCE OF BASIC FUNCTIONS ON THE PROPERTIES OF THE FIRST DEGREE RECURRENT SPLINE

Virchenko G., Malomuzh T., Starun N., Tuluchenko G.

The feasibility of describing the link of a recurrent smoothing spline of the fifth degree with the help of the Hermite polynomial of a special type is justified in this paper. Based on the results of the analysis of the characteristics of matrices that are used in the implementation of the algorithm for constructing such a spline, practical recommendations are given regarding the form of the representation of the polynomial for the current link of the spline.

Keywords: spline, matrix, Gram matrix, Hermite basic polynomial.

УДК 514.18

ВИКОРИСТАННЯ ТАБЛИЧНОЇ ПАРАМЕТРИЗАЦІЇ В СИСТЕМІ AUTOCAD ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТИПОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРЕСЛЕНИКІВ

Грицина Н.І., к.т.н.

Шапа С.Ю.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
(Україна)*

В роботі пропонується з'ясувати можливості використання табличної параметризації в системі AutoCAD для створення типових елементів креслеників.

Ключові слова: параметризація, типові елементи, блок, примітиви.

Постановка проблеми. Найчастіше при проектуванні в кресленик доводиться вносити зміни, викликані недоліками конструкції або модифікації, і часом навіть незначні коригування в розмірах частини зображення призводить до значного редагування всього зображення. В [1] розглядалися можливості системи AutoCAD для створення бібліотеки блоків, за допомогою яких забезпечується швидке створення та редагування документа. Ще один із способів спрощення модифікації кресленика – використання параметричних моделей, які визначаються геометричними та розмірними залежностями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Параметризація двовимірних креслень зазвичай доступна в cad-системах середнього і важкого класів. Проте упор в цих системах зроблений на тривимірну технологію проектування і можливості параметризації двовимірних креслень практично не використовуються. Параметричні cad-системи, орієнтовані на двовірне креслення частенько є «урізаними» версіями більш просунутих САПР. Приклади двовірних САПР з можливістю параметризації: T-FLEX CAD, Solid Edge 2D, AutoCAD, AutoCAD Mechanical, КОМПАС-График.

Формулювання цілей статті. Ставиться мета з'ясування можливостей пакету AutoCAD при побудові параметричних двовимірних зображень для створення типових елементів креслеників.

При зміні величини елемента в параметричній моделі, вона корегується відповідно до цього значення, а також з існуючими геометричними залежностями. Точні ж ескізи не мають інтелектуальності параметричних ескізів. Інтелектуальність зображення досягається кількома різними способами. Вона може

полягати у вказанні простої геометричної залежності, яка визначає, наприклад, що дві лінії є паралельними чи два кола – концентричними, а також у вказанні розмірних залежностей, які визначають постійність розміру елемента або ж дозволяють змінювати розмір на основі заданої формули.

Таблична параметризація полягає в створенні таблиці параметрів типових деталей. Створення нового екземпляра деталі, або його частини, виробляється шляхом вибору з таблиці типорозмірів. Можливості табличної параметризації вельми обмежені, але вона знаходить широке вживання у всіх параметричних САПР.

В системі AutoCAD існує можливість двомірної параметризації, що дозволяє значно підвищити продуктивність за рахунок обмежень: накладання геометричних та розмірних залежностей [2, 3].

Інструменти для створення геометричних та розмірних залежностей розташовуються на стрічці «ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ», яка за замовчуванням відображується в режимі «2D рисование и аннотации» (рис. 1).



Рис. 1. Стрічка «ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ»

Геометричні залежності встановлюють та підтримують обмеження відносно геометрії об'єктів, ключових точок об'єкта, а також між об'єктом і системою координат. Геометричні залежності визначаються за допомогою обмежень панелі «Геометрические» стрічки «ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ».

Розмірні залежності в AutoCAD знаходяться і на панелі «Размерные» стрічки «ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ» (рис. 2), і в «Редакторе блоков» стрічки «ВСТАВКА» (рис. 3). Відрізняються різним кольором замочків та мають різні можливості.

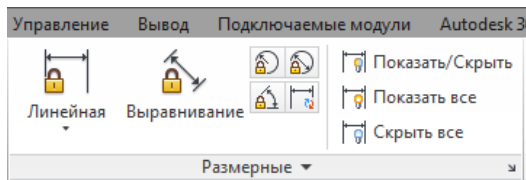


Рис. 2. Розмірні залежності поза блоком

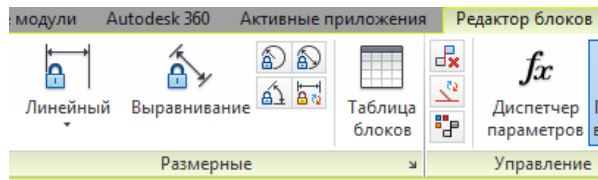


Рис. 3. Розмірні залежності всередині блоку

Студенти механічного факультету в дисципліні «Комп'ютерна графіка», освоюючи систему AutoCAD, виконують завдання «Кулачок» (приклад кресленника на рис. 4).

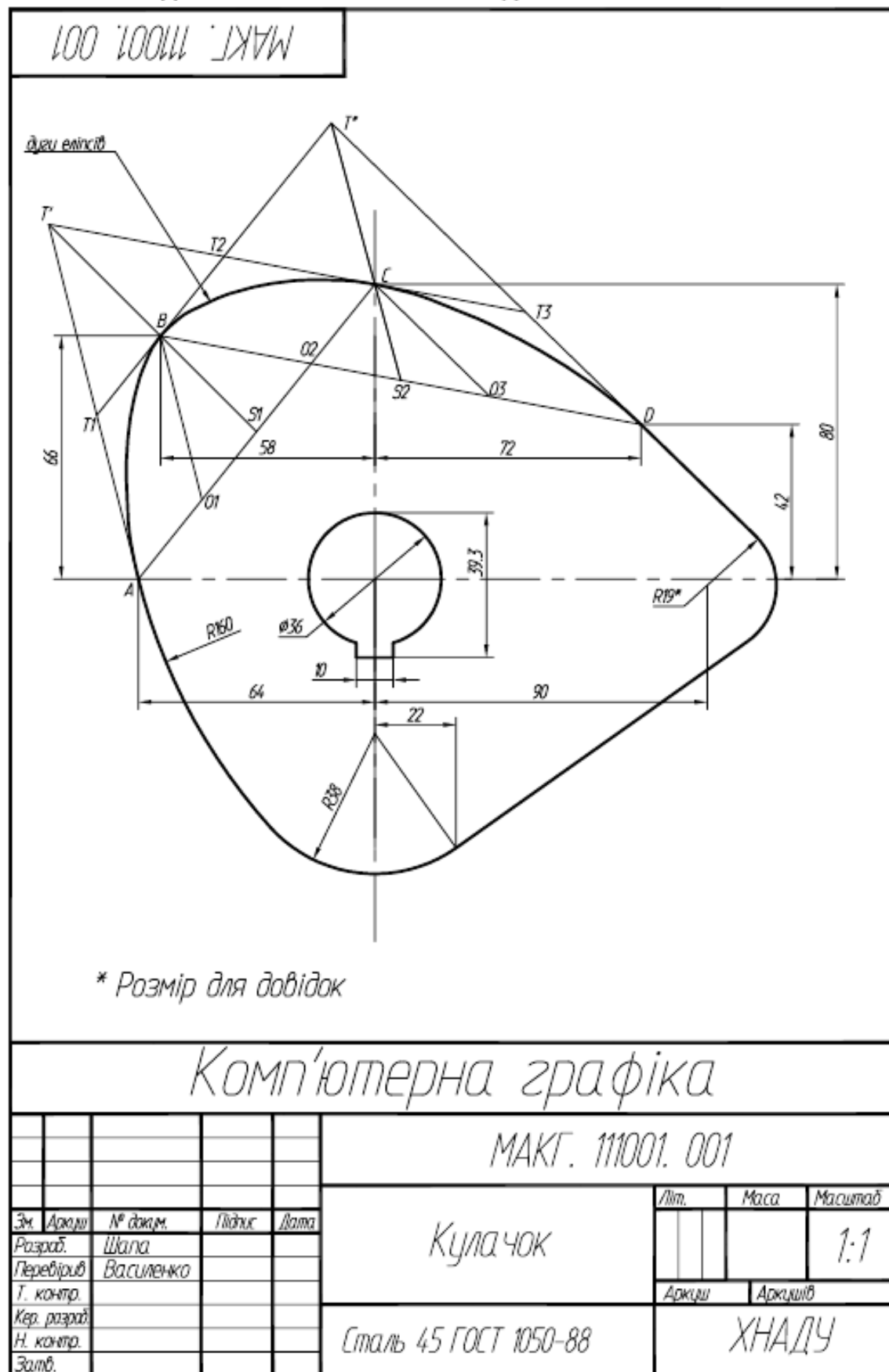


Рис. 4. Кресленик «Кулачок»

Де при однаковій формі зовнішнього контуру деталі можуть бути задані кілька варіантів значення діаметру отвору зі шпонковим пазом. Глибина й ширина паза, як відомо, визначається стандартом і залежить від діаметра вала. Пропонується створити типовий елемент *«отвір зі шпонковим пазом»*, який мав би можливість змінювати свої розміри в залежності від обраного (заданого) діаметру, не порушуючи своєї геометрії.

Сформуємо блок отвору зі шпонковим пазом [2, 3], послідовно задавши параметри в діалоговому вікні *«Определение блока»* (рис. 5).

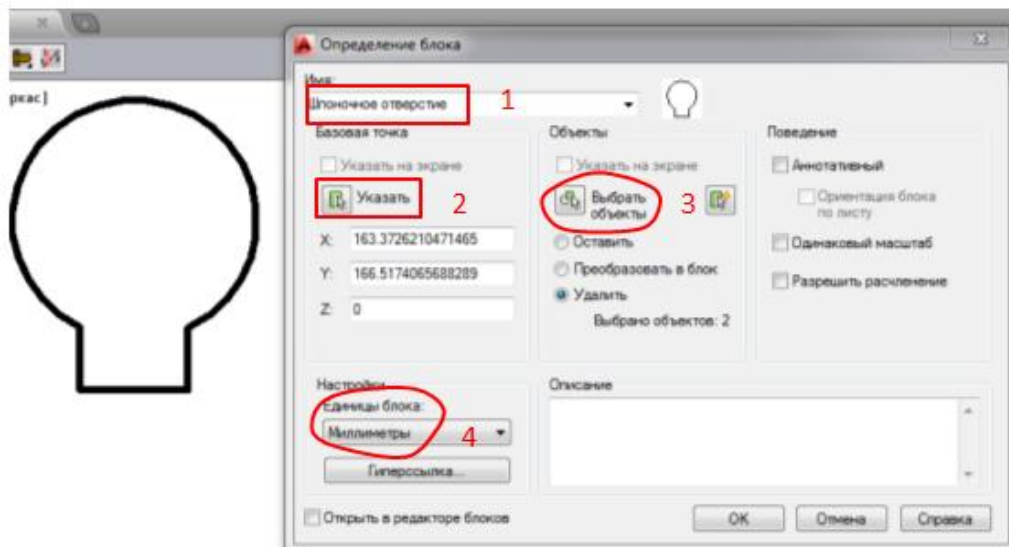


Рис. 5. Створення блоку «Шпонковий отвір»

Накладемо необхідні геометричні залежності та параметричні розміри. Ними простіше керувати за допомогою *«Диспетчера параметров»* (рис. 6), де можна створювати користувацькі (*«пользовательские»*) параметри, надавати любому параметру нове ім'я, також надавати йому числове значення або формулу в якості його виразу. Формульний вираз параметра може вміщати посилання на інші параметри таким чином, щоб його значення автоматично оновлювалось при зміні цих параметрів. Між іншим, параметризація дозволяє працювати з додатковими *Користувацькими змінними*, що необхідні для правильного завдання форми виробу. В якості таких змінних можуть бути використані довідникові параметри, що необхідні для розрахунку розмірів виробу, а при використанні в блоках вони можуть бути використані як атрибути.

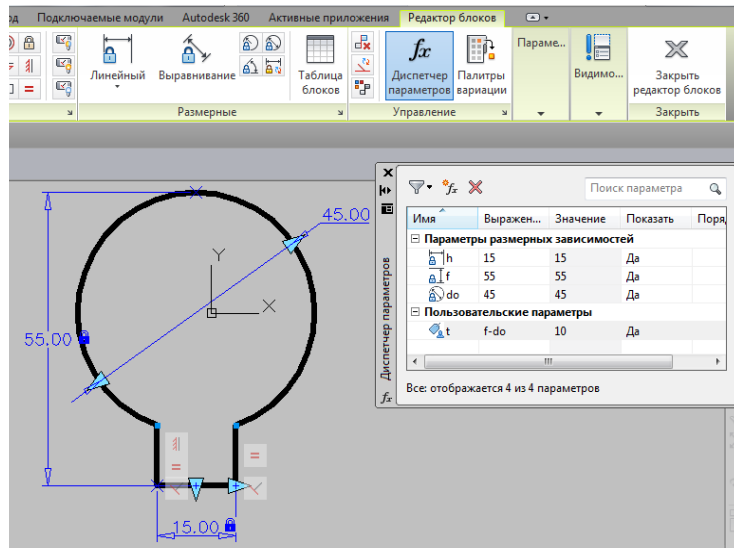


Рис. 6. Завдання розмірних залежностей

Сформуємо та обробимо для зручності використання таблицю властивостей блоку, в якій головним параметром буде діаметр отвору, а залежні від нього – ширина та глибина шпонкового пазу (рис. 7,8).

Створений таким чином блок *отвір зі шпонковим пазом* отримує мітку у вигляді маленького трикутника з таблицею (рис. 9), яка з'являється при його виділенні, та має можливість при використанні його на кресленнику міняти розміри із запропонованих, зберігаючи свою геометрію (рис. 10).

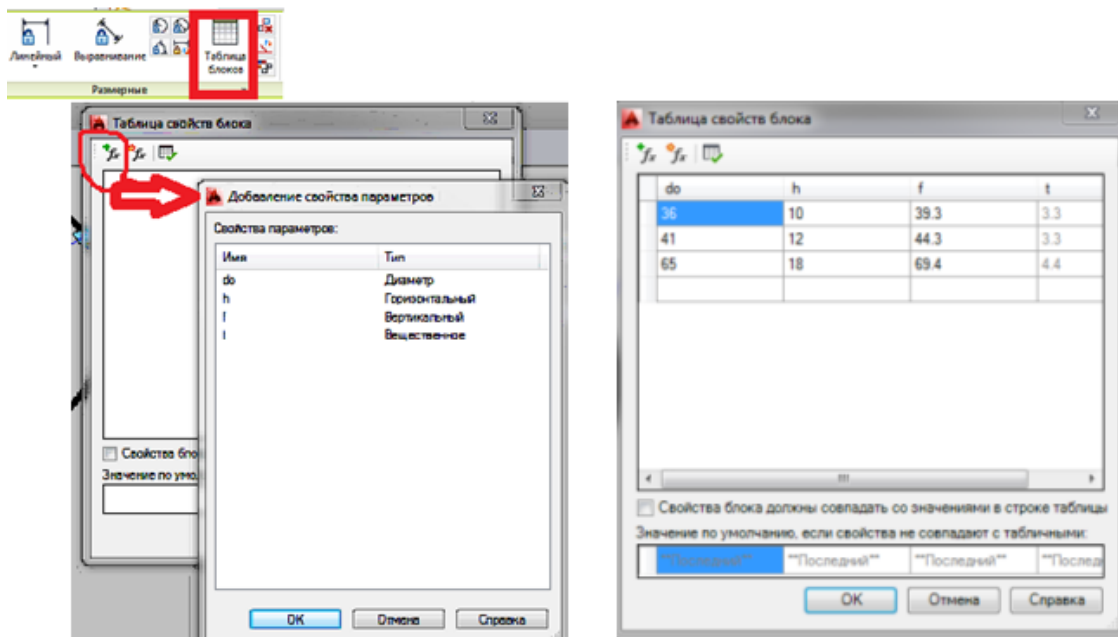


Рис. 7. Оформлення таблиці властивостей блоку

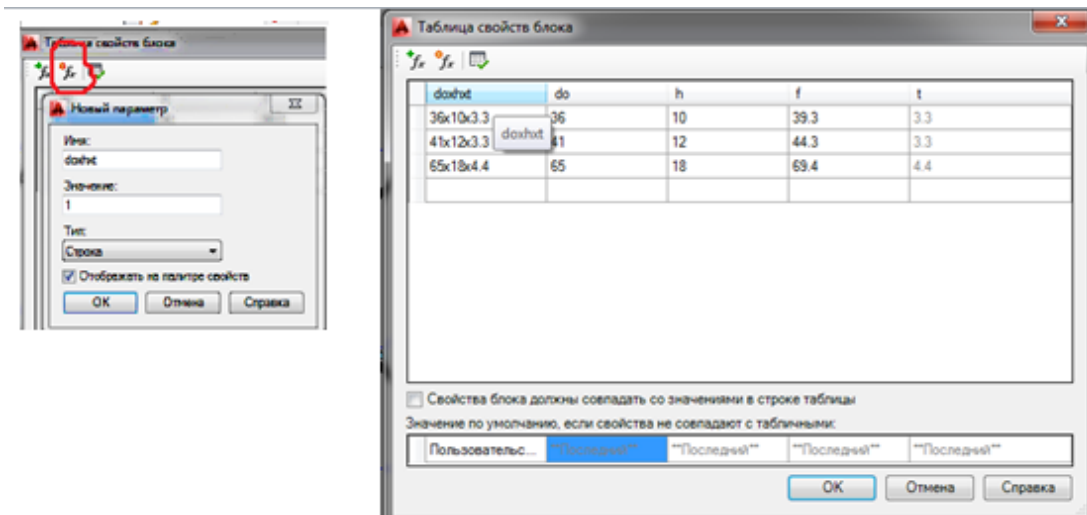


Рис. 8. Редагування таблиці властивостей блоку

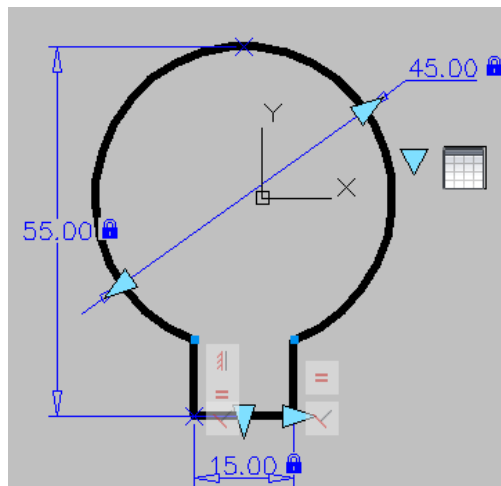


Рис. 9. Блок з властивостями табличної параметризації

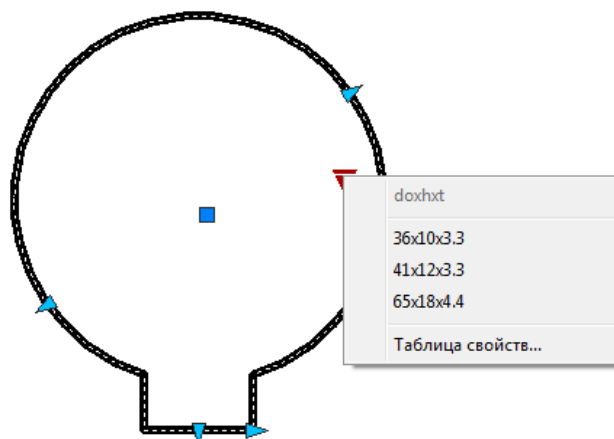


Рис. 10. Зображення створеного блоку на кресленику з можливістю вибору запропонованих розмірів

Висновки. Пакет AutoCAD придатний для створення параметричних двовимірних зображень, що дозволяє суттєво прискорити процес їхнього проектування та редагування за рахунок використання готової моделі.

Література

1. Грицина Н.І. Створення бібліотеки типових елементів для автоматизації роботи над креслениками та схемами / Н.І. Грицина, І.М. Грицина // Вестник ХНАДУ: сб.науч. тр. – Харьков, 2017. – Вып. 76. – С. 128-132.
2. Самоучитель AutoCAD «Легкое и приятное обучение в сжатые сроки» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://autocadteacher.ru>.
3. Меркулов А.В. Самоучитель AutoCAD «Создание проекта от идеи до печати» [Електронний ресурс] / А.В. Меркулов. Режим доступу: <http://kurs.autocad-specialist.ru>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАБЛИЧНОЙ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ AUTOCAD ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЧЕРТЕЖЕЙ

Грицына Н.И., Шапа С.Ю.

В работе предлагается выяснить возможности использования табличной параметризации в системе AutoCAD для создания типовых элементов чертежей.

Ключевые слова: параметризация, типовые элементы, блок, примитивы.

USING TABLING PARAMETERIZATION IN THE AUTOCAD SYSTEM FOR CREATION OF TYPICAL ELEMENTS OF DRAWINGS

Hrytsyna N., Shapa S.

In the paper it is proposed to find out the possibilities of using table parameterization in the AutoCAD system for creating typical elements of drawings.

Key words: parametrization, typical elements, block, primitives.

УДК 532.5.013

ПОБУДОВА ПОВЕРХНІ, ЩО ВИЗНАЧАЄ НАПРУГИ В ПІДЗЕМНИХ СПОРУДАХ ЦИЛІНДРОВОЇ ФОРМИ ПІД ДІЄЮ ГРУНТОВИХ ВОД

Єремєєв В.С., д.т.н.,

Лебедев В.О., к.т.н.

Мелітопольська школа прикладної геометрії

*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана
Хмельницького (Україна)*

Розроблена модель для проведення аналізу впливу ґрунтових вод на утворення механічної напруги в підземних спорудах циліндрової форми. Визначена величина виштовхуючої сили, що діє на фундамент. Побудована поверхня, яка визначає залежність еквівалентної напруги фундаменту від її параметрів і характеристик водоносного шару в найбільш небезпечних місцях фундаменту.

Ключові слова: водоносний шар, ґрунтові води, коефіцієнт п'єзопровідності, механічне навантаження, підземна споруда, поверхня, еквівалентна напруга, фільтрація, формула Дарсі, фундамент.

Постановка проблеми. Дія ґрунтових вод на підземні частини будівельних споруд може привести до тяжких наслідків [1]. Підтоплення будов є причиною зміни властивостей матеріалів, викликає деформацію і руйнування конструкцій. Прогнозуванню небажаної ситуації, пов'язаної з несприятливим впливом підтоплення на підземні частини будівельних об'єктів і, зокрема, фундаментів, приділяється велика увага [2], тому проведення досліджень в цьому напрямі має практичний інтерес [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Надійність експлуатації підземних споруд багато в чому залежить від поведінки ґрунтових вод в зоні фундаменту. Зазвичай передбачається, що механічна дія ґрунтових вод на фундамент визначається відстанню між фундаментом і верхньою межею водоносного шару [1]. Подібний підхід дозволяє оцінити максимальне значення тиску води. Насправді, водоносний шар є динамічною системою, і величина тиску залежить від великого числа чинників. Теорія перенесення води в пористих ґрунтах побудована на основі формули Дарсі, яка використовується при вивченні фільтрації рідини. Розподіл тиску води в ґрунтовому пласті має вигляд [4]:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi \Delta p(x, y, z), \quad (1)$$

де $\chi = k_{\phi} / (\rho g (m\beta_e + \beta_{cp}))$ – коефіцієнт п'єзопровідності, k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації, ρ – щільність води, g – прискорення сили тяжіння, m – пористість ґрунту, β_e – коефіцієнт об'ємного стискування води, β_{cp} – коефіцієнт об'ємного стискування твердої частини ґрунту.

Коректний опис ролі водоносного шару при вивченні механічної дії ґрунтових вод на підземні споруди може бути отриманий з використанням рівняння (1).

Формування мети статті. Нехай об'єкт циліндричної форми з радіусом R розташований у водоносному шарі завтовшки h , рис. 1.

У плоскорадіальному випадку, коли тиск залежить тільки від радіусу r , рівняння (1) спрощується:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi \left(\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right). \quad (2)$$

Рішення рівняння (2) з подальшим аналізом напружено-деформованого стану в основі підземної споруди дозволяє побудувати поверхню, яка визначає залежність напруги у фундаменті від його параметрів і характеристик водоносного шару. Рішення проведемо для наступних умов:

$$p(r, 0) = p(\infty, t) = P_0 = h\rho g = \text{const}, \quad \partial p / \partial r_{r=R} = \text{const}. \quad (3)$$

Основна частина. Рішення рівняння (2) у разі нескінченної труби з нульовим радіусом, рис.1, знайдено в роботі [4] при виконанні умов $p(r, 0) = p(\infty, t) = P_0 = h\rho g = \text{const}$. Якщо припустити, що в початковий момент часу $t=0$ в точці $r=0$ починає діяти стік потужністю D , то рішення має вигляд:

$$p(r, t) = P_0 \left\{ 1 + \frac{D\rho g}{4\pi h P_0 k_{\phi}} \left[\ln z + 0,5772 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n n!} z^n \right] \right\}, \quad (4)$$

де $z = r^2 / 4\chi t$.

Приватна похідна функції (4) по радіусу дорівнює:

$$\frac{\partial p(r, t)}{\partial r} = \frac{D\rho g}{2\pi h k_{\phi} r} \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!} z^n \right]. \quad (5)$$

Припустимо, що на зовнішній поверхні труби радіусу R задано

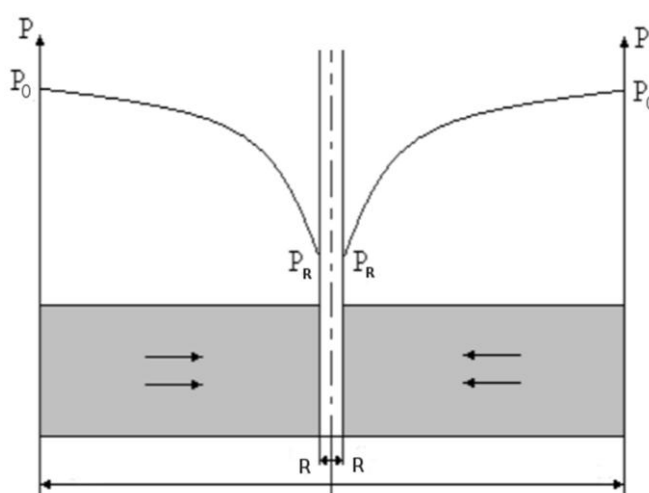


Рис. 1. Розподіл тиску в зоні об'єкту циліндричної форми

потік, визначуваний формулою (5), тобто гранична умова має вигляд:

$$\frac{\partial p(r, t)}{\partial r} \Big|_{r=R} = \frac{D\rho g}{2\pi h k_{\phi} R} \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!} b^n \right], \quad (6)$$

де $b = R^2/4\chi t$.

В цьому випадку рішенням рівняння (2) з початковими і граничними умовами (3) і (6) для труби радіусу R , буде функція (4). Зокрема, тимчасова залежність тиску на поверхні труби визначиться формулою:

$$P(a, b) = h\rho g \left\{ 1 + a[\ln b + 0,5772 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{nn!} b^n] \right\}, \quad (7)$$

де $a = D\rho g/4\pi P_0 k_{\phi}$, $b = R^2/4\chi t$.

Відомо, що гідростатичний тиск води може викликати спливання підземної споруди, привести до зрушення і перекидання фундаменту або появи в них тріщин. У відповідність з формулою (7) величина сили, що виштовхує фундамент, дорівнює:

$$F(a, b) = \pi R^2 h\rho g \left\{ 1 + a[\ln b + 0,5772 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{nn!} b^n] \right\}. \quad (8)$$

Оцінимо напругу, що виникає під дією тиску (7) на фундамент круглого перерізу радіусу R і завтовшки d . Максимальне навантаження під дією тиску виникає на поверхні плити поблизу контуру. Відповідна еквівалентна розтягуюча напруга залежить від способу закріплення плити і дорівнює [5]:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{3}{4} \frac{pR^2}{b^2} \quad (\text{жорстке закріплення}), \quad (9)$$

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{3}{8} (3 + \nu) \frac{pR^2}{d^2} \quad (\text{вільна плита}),$$

де ν – коефіцієнт Пуассона.

В якості матеріалу для фундаментів в підземних спорудах зазвичай використовується бетон. Значення ν бетону приблизно рівний 0,17. В цьому випадку коефіцієнт, що стоїть у виразі (9) перед pR^2/d^2 для вільної плити, рівний 1,19, що по порядку величини близько до аналогічного коефіцієнта у формулі (9) для жорсткого закріплення і рівному 0,75. Тому при проведенні оцінних розрахунків можна скористатися наближеним виразом

$$\sigma_{\text{екв}} \approx \frac{pR^2}{d^2}. \quad (10)$$

Підставляючи (7) у формулу (10), отримаємо наступний вираз для визначення еквівалентної напруги:

$$\sigma_{\text{экв}}(a, b, c) = c \left\{ 1 + a [\ln b + 0,5772 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{nn!} b^n] \right\}. \quad (11)$$

де $c=R^2 h p g / d^2$, $a=D/4\pi h k_{\phi}$, $b=R^2/\chi t$.

Залежність $\sigma_{\text{экв}}$ від a і b при $c=1$, розрахована по формулі (11), представлена в таблиці.1 і на рис.2 у вигляді поверхні.

Таблиця 1

Залежність еквівалентної напруги в МПа від безрозмірних параметрів a і b для $c=1$

Перший рядок - параметр b, стовпець ліворуч - параметр a.					
$a \backslash b$	0.355	0.0355	0.0065	0.0015	0.00015
0.030	0.986	0.917	0.866	0.822	0.753
0.070	0.968	0.807	0.688	0.585	0.424
0.090	0.959	0.752	0.599	0.467	0.260
0.120	0.945	0.669	0.465	0.289	0.013

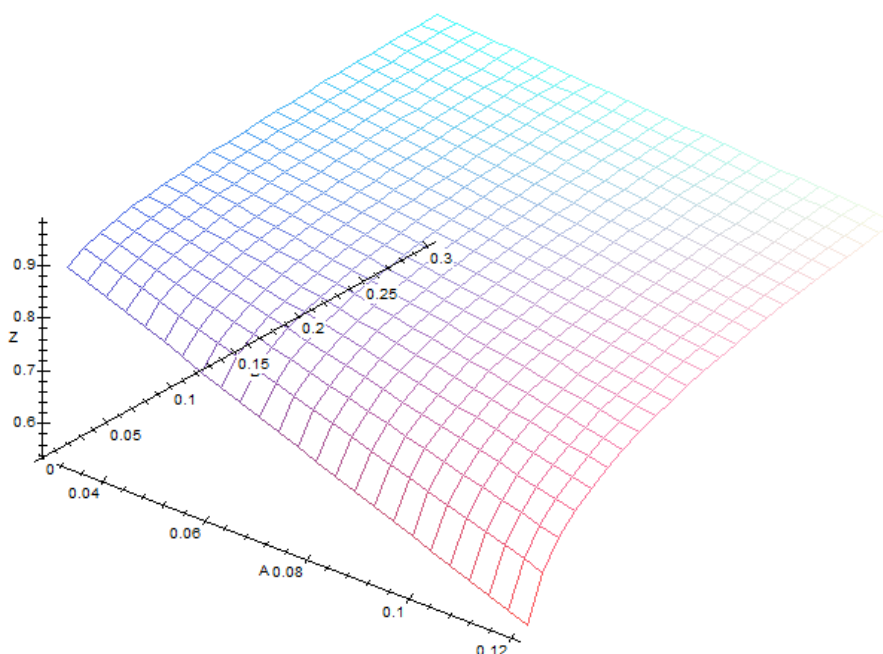


Рис.2. Залежність еквівалентної напруги в МПа від безрозмірних параметрів a і b для $c=1$

Границя міцності бетону на розтягування σ_b залежить від його марки. Допустиме значення $\sigma_{\text{экв}}$, визначуване формулою (11), не повинне перевищувати цієї величини, а допустимий тиск, обчислений за формулою (7) не повинен перевищувати p_b . Значення σ_b для бетону змінюється в межах $(1\div 3)$ МПа [6]. Згідно таблиці. 1 і рис.2 величина напруги знаходиться в допустимих границях при $c=1$,

$a \leq 0,12$, $b \leq 0,355$. З формули (11) видно, що збільшення параметра c в k разів призводить до підвищення напруги в стільки ж разів. Отже, при $k=3$ і більше величина напруги знаходиться на рівні границі міцності бетону в широкому інтервалі зміни параметрів a і b .

Висновки. Отримані результати дозволяють досліджувати механічну дію ґрунтових вод на підземні споруди. Вирази (7), (8) і (11) визначають величину тиску води на фундамент, виштовхуючу силу, що діє на фундамент, і величину еквівалентної напруги в найбільш небезпечному місці фундаменту циліндричної форми. Обговорювані формули містять більше десяти параметрів, які доцільно розбити на дві групи. Перша група характеризує фізико-хімічні властивості водоносного шару. Вона включає коефіцієнт фільтрації водоносного шару k_ϕ , коефіцієнти динамічної μ і кінематичної η в'язкості, щільність ґрунту ρ , пористість ґрунту m , коефіцієнт об'ємного стискування води β_v , коефіцієнт об'ємного стискування твердої частини ґрунту β_{cp} і коефіцієнт п'єзопровідності χ . До другої групи входять чинники, які визначають товщину водоносного шару h і умови зовнішньої дії підземної споруди: час t , швидкість відкачування води з водоносного шару D , розмір і форма підземної споруди (у разі циліндричної форми - радіус R). Таким чином, для обчислення тиску потрібна інформація, принаймні, про десяток параметрів. Багато хто з них вимірюється з точністю до порядку. Наприклад, коефіцієнт п'єзопровідності знаходиться в межах 10^2 - 10^5 м²/с, тому для надійного прогнозування рівня тиску потрібно проведення великого комплексу експериментальних досліджень.

Використання безрозмірних параметрів $a=D/4\pi h k_\phi$ і $b=R^2 \rho g m \beta_v / k_\phi t$ спрощує проведення теоретичного аналізу. За сприятливих умов досить поставити декілька дослідів для оцінки a і b , знання яких дозволяє прогнозувати силову дію водоносного шару на підземну споруду. В цьому випадку необхідність виміру усіх характеристик, визначальних a і b (швидкість відкачування води D , товщина водоносного шару, коефіцієнт фільтрації і так далі), відпадає.

Література

1. Зарубина Л. П. Защита территорий и строительных площадок от подтопления грунтовыми водами / Л.П. Зарубина. – М.: «Инфраинженерия», 2017. – 212 с.
2. Болдырев Г.Г. Механика ґрунтов. Основания и фундаменты [Учеб. пособие. 4-е изд., перераб. и доп.] / Г.Г.Болдырев, М.В.Малышев. – Пенза: ПГУАС, 2009.
3. Проектирование и расчет подземных сооружений [Электронный ресурс] / В.П. Петрухин, Д.Е. Разводовский, И.В. Колыбин, Б.Ф.Кисин. – НИИОСП, 2008. Режим доступа:

http://www.eccpf.com/upload/publikazii/XII%20tom%20RASEh_prouektirovanie.pdf

4. Басниев К. Подземная гидромеханика. 2-е издание / К. Басниев, Н. Дмитриев, Р. Каневская, В. Максимов. – М.: «Институт компьютерных исследований», 2006. – 488с. ISBN 5-93972-547-3.
5. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов [Учебник] / В.И. Феодосьев. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 590 с.
6. Свод правил СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Дата введения 2013-01-01.

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕНИЕ В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГРУНТОВЫХ ВОД

Еремеев В.С., Лебедев В.А.

Разработана модель для проведения анализа влияния грунтовых вод на возникновение механического напряжения в подземных сооружениях цилиндрической формы. Определена величина силы, которая действует на фундамент. Построена поверхность, которая определяет зависимость эквивалентного напряжения фундамента от его параметров и характеристик водоносного слоя в наиболее опасных местах фундамента

Ключевые слова: водоносный слой, грунтовые воды, коэффициент пьезопроводимости, подземная конструкция, поверхность, эквивалентное напряжение, фильтрация, формула Дарси, фундамент.

CONSTRUCTION OF SURFACE DETERMINING STRESS IN UNDERGROUND STRUCTURES OF CYLINDRICAL FORM UNDER THE ACTION OF GROUND WATER

Eremeev V., Lebedev V.

A model has been developed for analyzing the effect of groundwater on the formation of mechanical stresses in underground structures of cylindrical shape. The buoyancy force acting on the foundation is determined. A surface is constructed that determines the dependence of the equivalent voltage in the most dangerous places of the basement on its parameters and characteristics of the aquifer.

Key words: aquifer, groundwater, coefficient of gravity, mechanical load, underground structure, surface, equivalent voltage, filtration, Darcy formula, foundation.

УДК 37.091.3; 514.18

**ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ,
ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА»
ЗА ЗМІШАНОЮ ФОРМОЮ НАВЧАННЯ**

Єрмакова О.А., к.т.н.,

Архіпов О.В., к.т.н.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(Україна)*

В роботі розглядаються педагогічні аспекти змішаного навчання стосовно викладання дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка». Наведений принцип проектування змішаного навчання та різноманітні інформаційні технології для його підтримки.

Ключові слова: змішане навчання, дистанційне навчання, нарисна геометрія, інженерна графіка, інформаційні технології.

Постановка проблеми. В умовах кредитно-трансферної системи все більш нагальною стає проблема застосування в процесі навчання не тільки традиційних способів навчання та дистанційної форми, а й застосування змішаної форми, як основи сучасної форми прийняття інформації в процесі навчання. Крім того, система дистанційного навчання є складовою частиною системи навчання сучасного університету і складається з методичного, організаційного, кадрового, програмного, технічного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальним проблемам впровадження в Україні змішаної форми навчання присвячено не тільки певна кількість наукових статей, а й декілька монографій [1], [2]. Але увага в них недостатньо приділяється окремим дисциплінам, зокрема графічним.

Формулювання цілей статті. Стаття присвячена проблемам інформатизації навчального процесу, де вивчаються особливості та основні вимоги до структури змішаного навчання; визначенню можливостей та функцій змішаного навчання для вивчення дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» та відповідних вимог до сучасного викладача закладу вищої освіти.

Основна частина. У залежності від засобів використання дистанційного курсу навчальний процес поділяють на традиційне навчання підсилене дистанційними технологіями (до 30%), змішане навчання (mixed education) з використанням до 80% дистанційних технологій та дистанційне навчання (online education) [3].

Приєднання України до кредитно-трансферної системи та відповідне об'єднання системи вищої освіти на принципах європейських стандартів вимагають радикальних реформ сучасної вищої школи. Відповідні зміни відбуваються в організації навчального процесу, систематизації та структурування навчального матеріалу, системи моніторингу знань студентів та ін.

Кредитно-трансферна система вимагає в першочерговому порядку форм академічної роботи, де широко застосовується самостійна робота студентів. Одночасно принципи організації освітнього простору України вимагають впровадження особистісно-орієнтованого навчання, гнучкого підходу та індивідуалізації навчання, розвитку творчих здібностей кожного окремого студента.

Серед гострих протиріч сучасної освіти можна вважати той факт, що навчальний план постійно впроваджує нові дисципліни, за рахунок чого скорочується кількість годин, що виділяється на вивчення фундаментальних дисциплін. Таким чином, у сучасній професійній освіті виникла проблема – як отримати максимальний результат навчання з мінімальними витратами засобів і часу [1]. Одним із шляхів оптимізації навчання є розробка та впровадження технологічних тренінгів з використанням комп'ютерних технологій, електронних курсів-ресурсів, вдосконалення сучасних форм підготовки фахівців у денній та заочній формах.

Особливе значення застосування змішаного навчання набуває в процесі вивчення дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», де візуальність впливає на швидкість і якість сприйняття інформації, глибину розуміння її сутності та рівня знань. Це можливо завдяки застосуванню сучасних мультимедійних засобів, які дозволяють ефективно організувати процес передачі абстрактних знань студентам: кольорові рисунки, анімація, аудіо, відео, що допомагає асимілювати основні теми нарисної геометрії.

В процесі вивчення комп'ютерної графіки змішане навчання допомагає виконувати функції самонавчання при роботі в системах автоматизованого проектування, наприклад, в системі Autodesk Inventor. При цьому викладач використовує курси-ресурси, відео уроки, презентаційні слайди, які дозволяють в короткі строки оволодіти основними навичками.

Предметом наукового аналізу є педагогічні підходи до комп'ютеризації навчального процесу, концептуальні педагогічні положення про дистанційне та змішане навчання (О.О. Андреев, В.М. Кухаренко, Н.Г. Сиротенко). Однак, викладачі в основному зосереджені на стратегічних завданнях та напрямках їх вирішення. Розглянемо конкретні способи впровадження новітніх інформаційних технологій при вивченні нарисної геометрії, інженерної та

комп'ютерної графіки. В результаті проведених досліджень було встановлено, що раціональна структура змішаного курсу навчання повинна включати наступні розділи [2]:

- вступ до дисципліни (предмет, актуальність, мета та цілі вивчення дисципліни, зв'язки з іншими дисциплінами);
- навчальний план дисципліни та методичні вказівки;
- основний зміст, структурований за розділами;
- тести, питання, завдання для навчання (за розділами);
- практичні завдання для самостійної роботи;
- словник термінів, довідники та посилання;
- інформація про автора.

Повнота змісту змішаного курсу навчання, якщо можливо, має бути такою, щоб мінімізувати звернення студента до додаткової освітньої інформації. Серед загальних характеристик змішаного курсу можна відокремити наступні [2]:

- орієнтація на сучасний підхід, діяльність в навчанні;
- активізація навчання шляхом активного залучення до навчального процесу кожного студента;
- організація самостійної роботи студента, інтерактивність;
- можливість використання елементів змішаної форми в традиційних формах навчання, комбіноване використання основних факторів (посилення цілеспрямованості, підвищення інтенсивності завдань, підвищення рівня та прискорення темпів навчання);
- ефективна організація доступу до всього матеріалу;
- динамічне формування навчально-тестового комплексу відповідно до необхідного рівня студента, можливості створення ситуації, при вирішенні яких студенти не тільки можуть творчо засвоїти матеріал.

Змішане навчання дозволяє забезпечити методичну підтримку через Інтернет для викладача для отримання нових навчальних матеріалів, пошук інформації студентами у виконанні творчих завдань, надання студентам у віддалені райони країни з доступом до кращих освітніх ресурсів та консультації провідних викладачів. Викладач доповнює завдання, складає нові уроки, технічні інструменти для складання контролю над роботами та окремих завдань – повний набір методичних матеріалів для викладачів.

Розглянемо можливості та функції змішаної форми навчання в організації підготовки студентів у вивченні дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка». По-перше, відзначаємо що зміст дисципліни при змішаній формі навчання має заощаджувати час студента, зменшуючи допоміжну діяльність, пов'язану безпосередньо із процесом оволодіння знаннями.

Окремо слід зазначити структуру змішаної форми, де весь навчальний матеріал поділяється на окремі розділи та теми. Кожний розділ – це логічно завершена частина навчальної інформації, яка включає в себе презентацію теоретичного матеріалу, практичні завдання та приклади їх рішень, контроль тесту з оцінкою інформус студента про ступінь освоєння нових знань.

Третя характеристика змішаної форми навчання – це наявність дво- та тривимірної графіки, яка забезпечує ефективне сприйняття та розуміння нового матеріалу. Ілюстративний матеріал має особливе значення при вивченні дисципліни нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки. Доведено, що людина пам'ятає 15% інформації, яку вона чує, 25% того, що бачить, але якщо вона одночасно бачить і слухає, то 65% залишиться в її пам'яті. Тому ефективно в системі змішаної форми навчання підтримувати складні, незрозумілі моменти ілюстративного матеріалу звуковими поясненнями, що записані викладачем. Особливо корисною є можливість застосування в такій системі навчання анімаційних роликів. Наприклад, отримання проєкцій геометричних об'єктів, утворення та перетин поверхонь. Завдяки інструментам анімації, студент сприймає динамічну інформацію, яка може супроводжуватися звуковим поясненням від викладача. У цьому випадку оптимальним є запис курсу лекції у цифровому форматі кращими лекторами.

Для вивчення теоретичного матеріалу представлена форма навчання має містити індивідуальні практичні завдання, які студент обирає залежно від варіанту. Щоб полегшити рішення індивідуальних вправ за допомогою методу відеороликів та презентацій, можна навести приклад вирішення певного завдання, де буде показано основний алгоритм вирішення даної задачі.

Кожний розділ навчального матеріалу повинен бути завершений шляхом тестування знань студента, яке може бути організоване методом контрольного тестування. В системі Moodle можливо обрати тип тесту: один вибір правильної відповіді, множинний вибір, відкритий тест, тест на встановлення правильної відповідності, тест для визначення правильної послідовності. На підставі результатів тестування студент отримає остаточну оцінку та звіт про результати.

Висновки. На основі наведеного вище та оцінюючи перспективи подальших досліджень за тематикою, що розглядається, можна зробити висновок, що в контексті глобальної інформатизації суспільства необхідно більш широко використовувати різні види технічних та електронних засобів у навчальному процесі на основі загальних педагогічних та психологічних вимог, всебічно аналізувати та узагальнювати досвід їх використання при впровадженні в умовах кредитно-трансферної системи навчання змішаної форми.

Запропоновані підходи були реалізовані на кафедрі «Інженерної та комп'ютерної графіки» ХНАДУ при розробці відео матеріалів, методичних вказівок, презентаційних матеріалів, дистанційного курсу «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», курс-ресурсу «Інженерна графіка», які представлені на файловому архіві.

Література

1. Педагогічні аспекти відкритого дистанційного навчання / [О.О. Андреев, К.Л. Бугайчук, Н.О. Каліненко та ін.]. – Харків: «Міськдрук», 2013. – 212 с.
2. Теорія та практика змішаного навчання / [В.М. Кухаренко, С.М. Березенська, К.Л. Бугайчук та ін.]. – Харків: «Міськдрук», 2016. – 284 с.
3. Blended learning / University of Waterloo. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uwaterloo.ca/centre-for-teaching-excellence/resources/blended-learning> (дата звернення 05.04.2018).

ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИИ, ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА» ПО СМЕШЕННОЙ ФОРМЕ ОБУЧЕНИЯ

Ермакова Е.А., Архипов А.В.

В работе рассматриваются педагогические аспекты смешанного обучения при преподавании дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика». Приведен принцип проектирования смешанного обучения и разнообразные информационные технологии для его поддержки.

Ключевые слова: смешанное обучение, дистанционное обучение, начертательная геометрия, инженерная графика, информационные технологии.

LEARNING OF DISCIPLINE " DESCRIPTIVE GEOMETRY, ENGINEERING AND COMPUTER GRAPHICS" BY MIXED FORM OF EDUCATION

Yermakova O., Arkhipov O.

The pedagogical aspects of mixed education to study the "Descriptive geometry, engineering and computer graphics" discipline is considered. The principle of design and variety of information technologies for mixed education is provided.

Key words: mixed education, distance education, descriptive geometry, engineering graphics, information technologies.

УДК 519.6

АДАПТАЦИЯ ПО ТОЧНОСТИ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ДВУХУРОВНЕВОЙ САМООРГАНИЗАЦИЕЙ

Залевская О.В., к.т.н.,
Мирошниченко И.В.

*Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт имени Игоря Сикорского» (Украина)*

В статье рассматривается оценки начальных и центральных одномерных моментов до 4-го порядка, полученные в СОЭД первого и второго уровней самоорганизации, могут быть использованы при вычислениях смешанных характеристик второго порядка, в основном спектральных и корреляционных функций сигналов, а также при синтезе структур СОЭД третьего уровня самоорганизации. Разработка таких систем позволяет не только структурировать данные об этапах изготовления изделия, но и хранить их на протяжении всего жизненного цикла.

Ключевые слова: *информационные технологии, адаптация, системы обработки экспериментальных данных, обобщённая точность.*

Постановка проблемы. Рассмотренные ранее Cals-технологии позволяли работать и создавать уже готовое изделие. Разработка системы для обработки экспериментальных данных позволило получить адаптивную систему с многоуровневой самоорганизации. Созданные системы позволяют хранить структурированные данные на протяжении всего жизненного цикла изделия.

Анализ последних исследований и публикаций. Основой научной деятельности, связанной с экспериментами в конкретной предметной проблемной области (PRAR – Problem area), в ходе которых проверяются эмпирические знания, философские идеи, гипотезы, теории и создаются концепции, являются математические модели (ММ) процессов в PRAR. В теории обобщенной точности систем вычисления статистических характеристик (СХ) по результатам измерения параметров PRAR, далее систем обработки экспериментальных данных (СОЭД), разработаны приближенные методы расчета суммарной погрешности от совокупного действия источников, описываемого математической моделью (ММ) в виде случайного процесса $\xi(t)$. Для ММ в виде стационарных нормальных $\xi(t)$ в пренебрежении аномальными ошибками выражения для

суммарной погрешности СОЭД получаются достаточно простыми и, самое главное, однозначными [1, 2].

Сложнее обстоит дело с обоснованием распределения требований к источникам погрешностей при проектировании различных СОЭД, т.е. при синтезе их структуры, так как при этом необходимо решать обратную задачу с множеством решений. Поэтому применяются приближенные методы решения, допускающие группировку помех $n(t)$ и исключение некоторых из них и т.д. Методы уменьшения погрешностей проектируемых СОЭД с адаптацией можно разбить на три группы [3].

1. Устранение источников погрешностей в месте возникновения: подавление $n(t)$ внутри этих источников (экранирование); уменьшение внутренних шумов аппаратуры; переход на более совершенную или принципиально иную элементную базу; временное, пространственное и другие виды разделения каналов для ослабления их взаимного влияния; повышение помехоустойчивости при переходе каналов связи на сложные и шумоподобные сигналы; переход на новые диапазоны передачи (миллиметровые волны, оптический диапазон) и обработки сигналов, где уровень помех резко уменьшается; термостабилизация и термоизоляция; применением интегральной технологии для уменьшения числа контактов; стабилизация источников питания и т.д.

2. Ослабление действия источников погрешностей в тех местах СОЭД, где действие их максимально. Сюда относится пространственно-временная обработка сигналов $x(t)$ для уменьшения влияния помех $n(t)$; применение принципов компенсации, инвариантности и комплексирования измерений для уменьшения аппаратной погрешности; резервирование аппаратуры; встроенный контроль для повышения надежности, в том числе и метрологической; применение обратной связи (ОС) для уменьшения погрешностей измерений за счет уменьшения внутренних нестабильностей, подавление $n(t)$ и т.д.; термостатирование, экранирование и другая защита от различных полей; тренировка аппаратуры для выявления отказов и т.д.

3. Комбинированные методы, позволяющие устранить одни источники погрешностей и ослабить действие других. Одним из этих методов является переход к цифровой обработке $x(t)$, при которой устраняется погрешность от нелинейности и уменьшается влияние нестабильности тракта передачи. Использование интегральных схем с большим уровнем интеграции даёт возможность реализации более помехоустойчивых алгоритмов обработки (адаптивных, пространственно-временной обработки, стохастических,

итерационных и т.д.) и расширяются возможности резервирования аппаратуры за счет применения типовых элементов замены (ТЭЗ).

Цифровая обработка, в большинстве случаев, повышает обобщенную точность СОЭД при использовании структурных методов повышения точности [4], позволяющих использование внешне-внутренней адаптации. Но при цифровой обработке появляются дополнительные погрешности от квантования [5] и погрешности алгоритмов и, самое главное, значительно расширяется полоса частот каналов связи, что усиливает влияние других погрешностей, например, от конечной скорости выполнения операций на ЭВМ.

Формулирование целей статьи. Создать отказоустойчивую систему для обработки экспериментальных данных.

Основная часть. Принимая в качестве определяющего показателя качества СОЭД погрешность вычисления статистических характеристик (СХ) по результатам измерения параметров $x(t)$, можно сформулировать требования к её измерительному каналу (ИК). В общем случае ИК представляет собой многоканальное (или многофункциональное) техническое устройство, содержащее совокупность датчиков, устройств согласования (усилителей, аналого-цифровых преобразователей и т.д.), мер, коммутаторов и линий связи, объединенных общим алгоритмом получения данных о состояниях проблемной области PRAR (Problem area) в виде именованных чисел или логических высказываний.

При оптимальной обработке выходных сигналов $x(t)$ от датчиков на фоне помех $n(t)$ СОЭД имеют возможность воздействия на объект измерений с целью приближения к экстремуму целевой функции эксперимента – погрешности, надежности, затрат ресурсов и т. д. Основными составляющими суммарной погрешности СОЭД являются погрешности датчиков, так как их принципиально невозможно охватить ОС [3]. Поэтому при проектировании адаптивных СОЭД различного уровня необходимо учитывать следующие основные принципы: применение информационных критериев эффективности адаптации; учет степени априорной неопределенности условий работы; применение вероятностных статистических методов и формализация описания СОЭД [2].

Если же плотности вероятности $W(x)$ или другие параметры $\xi(t)$ неизвестны, то принято говорить о задачах статистического синтеза в условиях априорной неопределенности. При этом всегда следует иметь в виду, что, при отсутствии априорных сведений о сигналах $x(t)$ и помехах $n(t)$, решение задачи синтеза оптимальной системы невозможно в принципе. Однако на практике всегда есть данные,

основанные на предыдущем опыте, физической трактовке задачи или интуиции. Физическая трактовка относится к ключевой задаче формирования ММ, а задача получения априорных данных – к задачам формирования баз знаний. Лучшие результаты получаются при осуществлении направленного перебора вариантов структур, опирающегося на определенные знания.

Уровень самоорганизации адаптивных СОЭД определяется рядом их свойств, причем более высокоорганизованные СОЭД опираются на большую базу знаний.

Адаптивные СОЭД *первого уровня самоорганизации* ориентированы на вычисление параметров физических величин по результатам измерений только в одной PRAR. Алгоритм работы СОЭД первого уровня выполняется фиксированной программой обработки, которая является основным инвариантом таких систем, например, экспертных.

Второй уровень самоорганизации адаптивных СОЭД должен позволять изменять программу основной обработки и некоторую часть базы знаний, часто называемую условно-постоянной информацией (классификаторы и тезаурусы), при изменении условий функционирования. Инвариантами СОЭД второго уровня являются уже значения критерия эффективности, программы оптимизации и методы повышения точности. Архитектура большинства адаптивных СОЭД второго уровня может быть представлена набором модулей информационного (ИО) и математического (МО) обеспечения.

Проектирование СОЭД *третьего уровня самоорганизации* в большинстве случаев сводится к проектированию некой двухуровневой СОЭД, в которой инвариантами являются уже метакритерии – критерии более высокого ранга, например, этические или эстетические. Исходными данными в этих СОЭД являются $x(t)$ и возможные внутренние состояния всего подмножества проектируемых СОЭД нижних уровней. К системам третьего уровня относятся так называемые “интеллектуальные САПР” с постоянно обновляемыми базами знаний.

Опыт разработки СОЭД первого уровня для обработки негауссовых $\xi(t)$ в различных PRAR даёт основания полагать, что при разработке адаптивных СОЭД второго уровня самоорганизации должны быть использованы методы повышения обобщенной точности, в частности и метод комплексирования [3]. При этом для уменьшения сроков разработки и стоимости изделия должна использоваться CALS-технология (Computer Aided Acquisition and Logistic Support) – непрерывная информационная поддержка эффективного управления на всех 7-ми этапах LT любой технической системы [6].

1) Внешнее проектирование: разработка концепции, формирование требований к системе и разработка технического задания (ТЗ) на внутреннее проектирование. Для успешного решения задачи внешнего проектирования, называемого также инфологическим уровнем описаний (DESL – Description Level), одной из наиболее важных является проблема постоянного пополнения и обновления исходных данных ИО. Производится разработка и использование программных средств управления базами данных (СУБД), на котором решаются задачи создания ММ (концепции моделирования) СОЭД, описания ее структуры, ограничений целостности и допустимости процедур обработки. Без такого ИО идея автоматизированного внешнего проектирования СОЭД на DESL уровне может быть дискредитирована [3].

2) Второй этап (DATL – Data Level) – внутреннее проектирование является стадией разработки СОЭД, на которой происходит процесс преобразования информации об объекте проектирования на основе опыта проектирования систем-аналогов в выходную информацию для изготовления СОЭД. На DATL уровне CALS-технологии используют специализированные системы: САПР – CAD (Computer Aided Design); инженерных анализов и расчетов – CAE (Computer Aided Engineering); компьютеризированных интегрированных производств – CIM (Computer Integrated Manufacturing) или CAM (Computer Aided Manufacture); управления проектом – PDM (Product Data Management) и планирования и управления производством – ERP (Enterprise Resource Planning).

3) На третьем, наиболее формализованном, этапе изготовления (CONL) используются прогрессивные технологии изготовления элементов, сборки, настройки и регулировки СОЭД. Изготовление единичных опытных образцов и доводка их до уровня промышленного производства (серийного или массового) является одним из главных направлений этапа CONL. Объединения DATL и CONL уровней в один этап DATCONL приводит к разработке САПР на “безбумажных носителях”, интегрированных в гибкие автоматизированные производства (ГАП) – “CID-CIM”.

4). Испытание СОЭД и ее промышленное производство

5). Эксплуатация (целевое применение)

6). Модернизация эксплуатируемой системы

7). Утилизация.

САПР – это диалоговая система, в которой диалог строится на анализе информации, полученной в результате решения строго формализованных задач на основе методов математического моделирования. Тенденция к интеграции CAD-систем и ERP-систем управления с одновременным автоматическим выделением

конструктивных особенностей (Design patterns), а также появление узкого класса специализированных CAD-систем генерирования инноваций для повышения качества решения интеграционной задачи, привели к появлению концепции Product Lifecycle Management (PLM), которая не является ни процессом в смысле его главных признаков (четкой определённости, управляемости и измеримости характеристик), ни собственно программным решением (продуктом).

В настоящее время PLM концепция характеризуется ее развитием в направлении GCE (Global Collaborative Environment – Глобальное коллективное окружение) – разработке уникальной PLM системы для всех этапов LT. Поэтому внедрение CALS-технологий невозможно без комплексного внедрения вышеперечисленных систем, так как ни одна из систем CAD/CAM/CAE, PDM, ERP не является универсальной, то есть совершенной с точки зрения разработчиков технических систем для исследования физических процессов в PRAR. При внешнем и внутреннем проектировании СОЭД содержательная сторона процедуры описания (формализации) имеет свою специфику и во многих случаях, например, в сейсмологии, гидроакустике, медицине, астрономии, физике и др., уникальна, что дает основания полагать о невозможности создания универсальной САПР, инвариантной к PRAR [2].

Информационно-измерительный подход гарантирует измеримость множеств оценок СХ в виде *результатов измерений*. В основе экспериментальных исследований в PRAR лежат измерительные преобразования сигналов $x(t)$ от датчиков СОЭД и вычисление по заданному алгоритму оценок СХ $\Theta^*[x(t)]$ как пределов выборочных средних значений $x(t)$. Это дает возможность разработать общую методику вычисления $\Theta^*[x(t)]$ и оптимально согласовать частные погрешности компонентов СОЭД, определяющие суммарную погрешность $\Delta\Theta^*[x(t)]$. Суммарная погрешность $\Delta\Theta_k^*[x(t)]$ вычисления оценки СХ k -го порядка, в которую входит и погрешность классификации, определяются общими и специфическими ограничениями.

Общие ограничения обусловлены физическим смыслом $\Theta^*[x(t)]$, уровнем развития теории и взаимодействием объектов в PRAR, что не позволяет формализовать идеальный оператор (Ideal operator) вычисления образцовой оценки $\Theta[x(t)]$. Специфическим ограничением является использование реального оператора (Real operator), зависящего от конечности объема выборки d мгновенных значений последовательностей $\{x_i(t)\}$ или ансамблей реализаций $\{x(t_i)\}$, полученных по результатам измерений.

Тогда, полагая

$$\Theta^*[x(t)] = \lim Sd[g[x(t)]]$$

где $Sd = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \vee \frac{1}{T} \int_0^T \vee \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N$ – оператор усреднения, $d = f\{N \vee T \vee NT\}$ –

параметр, характеризующий объем данных и, исключив абстрактные (т.е. практически нереализуемые) модели, при использовании реального оператора получается оценка:

$$\Theta^*[x(t)] = Sd[g[x(t)]] \neq \Theta[x(t)]. \quad (1)$$

Разнообразие статистических измерительных задач диктует необходимость их классификации [8], особенно на этапе внешнего проектирования СОЭД при реализации PLM и GCE-технологий. Основной трудностью при использовании классификаторов [8] является получение сведений о классе $\xi(t)$, или, иначе говоря, оценки погрешности классификации принятой ММ.

Сечение $x(t)$, для описания которого используется случайная функция $\xi(t, \omega)$ двух переменных: $t \in T$ и элементарного события $\omega \in \Omega$ всего множества событий с заданной на нём вероятностью, на любом значении аргумента t является случайной величиной (СВ), заданной на основном вероятностном пространстве (ξ, P, F) , где F – алгебра событий, например, ордината отраженного зондирующего сигнала и др.

Если t – время, то семейство СВ $\xi(t, \omega)$ называют случайным процессом $\xi(t)$. При анализе случайных $x(t)$, характеризующих аномалии скорости отраженного сигнала (при радио и гидролокации, активной сейсморазведке, ультразвуковых исследованиях в медицине, вычислении параметров шероховатости в машиностроении и т.д.) необходима обработка т.н. “полей”, в которых в качестве аргумента выступает пространственная переменная l , но *математический аппарат $\xi(t)$ при изменении переменной t на l не изменяется*, а СХ этой ММ в виде могут быть определены по результатам измерений ординат СВ реализаций $\xi(t)$, например ординат шероховатости поверхности [7].

Если $\xi(t)$ представлен реализациями $\{x_i(t)\}$ и используются две независимые переменные – время t и номер реализации N , то его теоретические ВХ выражаются через 3 предела выборочных средних как статистические характеристики $\Theta[x(t)]$:

$$\Theta[x(t)] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g[x_i(t)] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T g[x_i(t)] dt = \lim_{N \rightarrow \infty, T \rightarrow \infty} \int_0^T \sum_{i=1}^N g[x(t)] dt. \quad (2)$$

При представлении $\xi(t)$ последовательностями $\{x_i(t)\}$:

$$\Theta[x(t)] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g[x_i(t_j)] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N g[x_i(t_j)] = \lim_{N_1 \rightarrow \infty, N_2 \rightarrow \infty} \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} g[x_i(t_j)]. \quad (3)$$

В аналого-цифровых СОЭД первого уровня самоорганизации внешне-внутренняя адаптация может быть произведена минимизацией числа разрядов АЦП для достижения заданной суммарной погрешности $\Delta\Theta^*[x(t)]$ вычисления оценки $\Theta^*[x(t)]$. Для этого производится непрерывный анализ оценки плотности вероятности $W^*(x)$ – т.е. формируется “текущая гистограмма” $W[x_i(t_j)]$, по которой определяется минимальное число разрядов АЦП для достижения требуемой погрешности $\Delta\Theta^*[x(t)]$ всей СОЭД.

В таких адаптивных СОЭД оценка μ_K k -го порядка вычисляется как

$$\mu_{KA}^* = \langle g_A[x(t)] \rangle = \Delta x \sum_{i=1}^{n_{\Delta x}} [x_i(t)]^k W_i^*(x), \quad (4)$$

где μ_{KA}^* – оценка центральных μ_K^* k -го порядка, вычисляемых по адаптивному алгоритму, $W_i^*(x) = W[x_i(t_j)]$ – оценка $W(x)$ в виде “текущей гистограммы” с числом $n_{\Delta x}$ дифференциальных коридоров шириной Δx , $x_i(t)$ – квантованное значение ординаты для середины i -го дифференциального коридора шириной Δx .

В аналого-цифровых СОЭД второго уровня самоорганизации один из методов уменьшения $\Delta\Theta^*[x(t)]$ состоит в том, что в адаптивный алгоритм (4) вычисления μ_{KA}^* вводится коэффициент a *относительной коррекции* (сдвига) отсчета ординаты сигнала $x(t)$ относительно середины дифференциального коридора АЦП [9].

Вычисление μ_{KK}^* производится по алгоритму:

$$\mu_{KK}^* = \Delta x \sum_{i=1}^{n_{\Delta x}} \{ [x_{нач} + (i-1)\Delta x] a \}^k W_i^*(x), \quad (5)$$

где μ_{KK}^* – оценка скорректированного значения μ_K^* , $W_i^*(x)$ – оценка плотности вероятности для i -го дифференциального коридора шириной Δx , $x_{нач}$ – квантованное значение ординаты середины начального (первого) дифференциального коридора с фиксированной шириной Δx , a – табличные значения [10] коэффициента относительной коррекции, зависящей от вида $W_i^*(x)$.

Вычисленные по адаптивным алгоритмам (4) и (5) экспериментальные значения параметров этой ММ как оценки моментов первого и второго порядков (начальных α_K^* и центральных μ_K^*), могут быть использованы для вычисления оценок смешанных

моментов второго порядка – спектральных $S(\omega)$ и корреляционных $R_x(\tau)$ функций [10].

Выводы. Оценки начальных и центральных одномерных моментов до 4-го порядка, полученные в СОЭД первого и второго уровней самоорганизации, могут быть использованы при вычислениях смешанных характеристик второго порядка, в основном спектральных и корреляционных функций сигналов, а также при синтезе структур СОЭД третьего уровня самоорганизации.

Литература

1. Марчук М.А. Обобщенная точность систем обработки экспериментальных данных / И. В. Мирошниченко // Науковий журнал Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – Луганск, 2012. – № 8 (179) Ч 2. – С 121-130.
2. Цветков Э.И. Основы теории статистических измерений.–2-е изд., перераб. и дополн. / Э.И. Цветков. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 286 с.
3. Детлінг В.С. Вибір параметрів адаптивних систем обробки експериментальних даних / І.В. Мірошніченко, В.І. Павленко, В.О. Тихоход // Адаптивні системи автоматичного управління: міжвідомчий науково-технічний збірник. – Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, 2012. – Вип. 20(40). – С.41-51.
4. Туз Ю.М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств / Ю.М. Туз. – К.: Вища школа, 1976. – 256 с.
5. Мирошниченко В.С. Погрешности от квантования при измерениях центральных моментов случайных процессов / В.С.Мирошниченко, К.Л. Серпилин // Информационно-измерительные системы. – Новосибирск, 1984. – С. 89-92.
6. Норенков И.П. Информационная поддержка наукоёмких изделий (CALS-технологии) / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. – М.: Изд. МВТУ им. Н.Э Баумана, 2002.
7. Мирошниченко И. В. Формирование математической модели волнистости по результатам вычисления шероховатости протяженных изделий / И. В. Мирошниченко // “Технологический аудит и резервы производства”. – Харьков, 2014. – № 2/1 (16). – С. 11-15.
8. Мирошниченко И. В. Об одном способе классификации статистических измерительных задач / И. В. Мирошниченко // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки: зб. наук. праць Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова

- Національної академії наук України. – Кам'янець-Подільський: Національний університет ім. Івана Огієнка, 2012. – Вип. 7. – С.132-139
9. Пономаренко В.К. Повышение точности вычисления моментов высоких порядков случайных процессов с ограниченным диапазоном значений / В.С. Мирошніченко // Труды IV Всесоюзной Школы-семинара по статистической гидроакустике. – Новосибирск, 1973. – С. 123-128.
10. Харкевич А.А. Спектры и анализ [4-ое изд] / А.А. Харкевич. – М.: Физматгиз, 1962. – 201 с.

ТОЧНІСТЬ АДАПТАЦІЇ В СИСТЕМАХ ОБРОБКИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З ДВУХРІВНЕВОЮ САМООРГАНІЗАЦІЄЮ.

Залевська О.В., Мірошніченко І.В.

В статті розглядається оцінка початкових та центральних одновимірних моментів до 4-го порядку, отримані в СОЕД першого та другого рівня самоорганізації, можуть бути використані при обрахунку змішаних характеристик другого порядку в спектральних та кореляційних функціях сигналів, а також при синтезі структур СОЕД третього рівня самоорганізації. Розробка таких систем дозволяє не тільки структурувати дані про етапи виготовлення виробу, але і зберігати їх протягом всього життєвого циклу.

Ключові слова: інформаційні технології, адаптація, системи обробки експериментальних даних, узагальнена точність.

ADAPTATION IN ACCURACY IN EXPERIMENTAL DATA PROCESSING SYSTEMS WITH TWO-LEVEL SELF- ORGANIZATION

Zalevska O., Miroshnichenko I.

The article considers estimates of initial and central one-dimensional moments up to the 4th order, obtained in the first and second self-organization EEDS, can be used in calculations of second-order mixed characteristics, mainly spectral and correlation functions of signals, as well as in the synthesis of the third-level EEDS structures self-organization. The development of such systems allows not only to structure the data on the stages of manufacturing the product, but also to store them throughout the life cycle.

Key words: information technologies, adaptation, experimental data processing systems, generalized accuracy.

УДК 515.2

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТУ ДЖАНІБЕКОВА У СЕРЕДОВИЩІ МАТЕМАТИЧНОГО ПАКЕТУ MAPLE

Запольський Л.Л., к.т.н.

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

Наведено геометричну модель ефекту, відкритого космонавтом В. Джанібековим під час його польоту у космос. Ефект Джанібекова виявляється у періодичних переворотах на 180 градусів твердого тіла внаслідок його обертання навколо осі, у напрямку якої тіло рухається у невагомості. Диференціальні рівняння опису руху тіла складено з використанням кватерніонів. За допомогою розробленої maple програми показано, що нестійким буде обертання тіла навколо осі із середнім за значенням моментом інерції.

Ключові слова: ефект Джанібекова, моменти інерції тіла, обертання паралелепіпеда, кватерніони, елементи матриці повороту.

Постановка проблеми. Відкритий у 1985 році космонавтом В.Джанібековим ефект полягає у дивному поведженні обертового тіла, яке переміщається у невагомості [1-3]. Космонавт помітив, що при відкручуванні гайки з «вушками» (рис. 1) у разі її зіскоку з різьбового гвинта, гайка продовжує летіти вздовж осі обертання за інерцією, обертаючись як пропелер. Але незвичним було те, що пролетівши у невагомості певну відстань «вушками» вперед, гайка робила раптовий переворот на 180 градусів і продовжувала летіти у тому ж напрямку, але вже «вушками» назад і обертаючись в іншу сторону. Потім процес повторювався.

З точки зору механіки ефект Джанібекова демонструє приклад того, що в неінерційних системах відліку явища носять складніший характер порівняно з інерційними [1]. Тому актуальною буде тема дослідження характеру руху твердого тіла під час прояву ефекту Джанібекова. В тому числі, здійснена засобами геометричного моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Інтернеті можна знайти відеофайли поведження «гайки Джанібекова» й аналогічних експериментів в умовах земного тяжіння (наприклад, з тенісною



Рис. 1. Гайка з «вушками»

ракеткою [4]). З'явилися десятки різних пояснень цього ефекту. Цікаво, що у роботі [5] для цього розглядається навіть гіпотеза «одухотвореної матерії».

Ми схилиємося до такого пояснення [2, 6, 7]. Швидкість обертання гайки з «вушками» порівняно невелика, тому, на відміну від гіроскопа, вона перебуває у нестійкому стані. Гайка, крім основної осі обертання, також обертається й навколо двох інших просторових осей зі швидкостями на порядок нижчими (другорядні рухи). У результаті впливу цих другорядних рухів, згодом поступово відбувається зміна нахилу основної осі обертання (підсилюється прецесія), і коли він (тобто кут нахилу) досягає критичного значення, коливальна система здійснює перевертання.

Крім того, коли тіло обертається навколо осі з найменшим моментом інерції, то воно рухається досить стійко й ефект Джанібекова не проявляється. Прикладом такого обертання є куля, випущена з нарізного ствола зброї. Вона обертається навколо осі, що проходить уздовж витягнутої сторони. Інший крайній випадок – коли тіло обертається навколо осі з найбільшим моментом інерції. Прикладом цього є спортивний снаряд диск, який має обертатися під час польоту. У цьому випадку обертання є стійким.

Проявлятися ефект Джанібекова починає, коли обертання відбувається навколо осі із середнім значенням J моменту інерції, тобто коли $J_{\min} < J < J_{\max}$. Плюс до цього тіло повинне мати крім основного обертання, ще й дуже невеликі обертання навколо двох інших осей, швидкості яких мають бути на порядки меншими. У результаті такого «додавання» всіх трьох обертань виходить складний просторовий рух тіла, який у певний момент часу перескакує з одного нестійкого положення в інше нестійке. При цьому ніякі сторонні й невідомі сили в рух тіла не втручаються. Весь процес відбувається відповідно до відомих законів обертання й обчислюється за формулами механіки [1]. Конкретні комп'ютерні моделі для різних обчислювальних середовищ наведені у роботах [4, 8, 9].

Формулювання цілей статті. Розробити геометричну модель руху твердого тіла під час прояву ефекту Джанібекова. Для цього скласти Maple програму унаочнення характерних особливостей обертання твердого тіла з різними значеннями моментів інерції вздовж осей декартової системи координат. Показати, що нестійким буде рух, коли обертання тіла здійснюється навколо осі із середнім значенням моменту інерції.

Основна частина. Як приклад об'єкта обертання (твердого тіла) оберемо паралелепіпед одиничної маси, спрямувавши його сторони вздовж осей декартової системи координат: довшу – вздовж осі Ox , а коротшу – вздовж осі Oy . В цьому випадку середній за значенням

момент інерції буде при обертанні паралелепіпеда навколо осі Oz . Адже наближено моменти інерції тіла вздовж відповідних осей можна оцінити величиною площі, яку займає відповідна проекція. Тобто в даній роботі слід продемонструвати, що нестійким буде рух, коли обертання тіла здійснюється навколо осі Oz .

Для геометричного моделювання обертання паралелепіпеда було розроблено програму для середовища математичного пакету *maple*. Процес «перекидання» паралелепіпеда можна спостерігати за допомогою створеного анімаційного фільму.

Нехай моменти інерції обраного паралелепіпед мають значення вздовж відповідних осей I_x , I_y і I_z . Позначимо $i_y = I_y/I_x$ і $i_z = I_z/I_x$. В якості узагальнених координат оберемо швидкості зміни кутів обертання $u(t)$, $v(t)$ і $w(t)$ навколо осей, відповідно, x , y і z . Початкові швидкості обертань позначимо як u_0 , v_0 і w_0 .

Диференціальні рівняння обертання об'єкта складено із залученням кватерніонів $Q(t)$, $U(t)$, $V(t)$ і $W(t)$ з початковими значеннями Q_0 , U_0 , V_0 і W_0 [10]. В результаті маємо систему семи диференціальних рівнянь відносно функцій $u(t)$, $v(t)$, $w(t)$, $Q(t)$, $U(t)$, $V(t)$ і $W(t)$:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} u(t) &= (i_y - i_z) v(t) w(t) \quad ; \\ \frac{d}{dt} v(t) &= \frac{(i_z - 1) u(t) w(t)}{i_y} \quad ; \\ \frac{d}{dt} w(t) &= \frac{(1 - i_y) u(t) v(t)}{i_z} \quad ; \\ \frac{d}{dt} Q(t) &= -\frac{1}{2} U(t) u(t) - \frac{1}{2} V(t) v(t) - \frac{1}{2} W(t) w(t) \quad ; \\ \frac{d}{dt} U(t) &= \frac{1}{2} Q(t) u(t) + \frac{1}{2} W(t) v(t) - \frac{1}{2} V(t) w(t) \quad ; \\ \frac{d}{dt} V(t) &= -\frac{1}{2} W(t) u(t) + \frac{1}{2} Q(t) v(t) + \frac{1}{2} U(t) w(t) \quad ; \\ \frac{d}{dt} W(t) &= \frac{1}{2} V(t) u(t) - \frac{1}{2} U(t) v(t) + \frac{1}{2} Q(t) w(t) \quad . \end{aligned} \tag{1}$$

В формулах (1) збережено синтаксис математичного пакету *maple*. Розв'язувати систему рівнянь (1) будемо наближено методом Рунге-Кутти з початковими умовами $u(0) = u_0$, $v(0) = v_0$, $w(0) = w_0$, $Q(0) = Q_0$, $U(0) = U_0$, $V(0) = V_0$ і $W(0) = W_0$. Позначимо одержаний наближений розв'язок для функцій $Q(t)$, $U(t)$, $V(t)$ і $W(t)$ як $q(t)$, $U(t)$, $V(t)$ і $W(t)$. Головним в програмі є блок операторів обчислення координат точки (x_1, y_1, z_1) , яка одержується в результаті обертання поточної точки (X_1, Y_1, Z_1) навколо осі Oz з врахуванням ефекту Джанібекова:

```

q := q(T*i/N);      x := U(T*i/N);
y := V(T*i/N);      z := W(T*i/N);
M11 := 1 - 2*y^2 - 2*z^2;
M12 := 2*x*y - 2*z*q;
M13 := 2*x*z - 2*y*q;
M21 := 2*x*y + 2*z*q;
M22 := 1 - 2*x^2 - 2*z^2;
M23 := 2*y*z - 2*x*q;
M31 := 2*x*z - 2*y*q;
M32 := 2*y*z - 2*x*q;
M33 := 1 - 2*x^2 - 2*y^2;
A := array([ [M11,M12,M13],
              [M21,M22,M23], [M31,M32,M33] ]):
s := vector([X1,Y1,Z1]):
B := multiply(A, s);
x1 := B[1]: y1 := B[2]: z1 := B[3]:

```

В програмі T – інтервал часу інтегрування системи рівнянь, N – кількість проміжних положень обертання, а через M з індексами позначено елементи матриці повороту за допомогою обчислених координат q , x , y і z кватерніона [11-13]). Для обчислень обрано початкові значення кватерніону $Q_0=1$, $U_0=0$, $V_0=0$, $W_0=0$.

Звертаємо увагу, що в процесі розв'язання для перетворення координат не використовуються тригонометричні функції. Це дозволило реалізувати більш раціональний алгоритм стосовно часу обробки графічної інформації порівняно з алгоритмом на базі використання кутів Ейлера.

Нехай паралелепіпед має розміри 20, 10 і 15 вздовж осей x , y і z відповідно (всі параметри в умовних величинах). Тоді моменти інерції мають значення $I_x = 52,0833$; $I_y = 27,0833$ і $I_z = 41,6666$. Середній за значенням момент інерції спостерігається вздовж осі Oz . Тому нестійким очікується рух, коли обертання тіла здійснюється навколо осі Oz .

Для зручності аналізу особливостей характеру руху твердого тіла побудуємо траєкторію переміщення «сигнальної» точки, яка має синхронно рухатися з цим тілом. За допомогою траєкторії сигнальної точки на графічному рівні легко виявити впливи значень початкових швидкостей обертання на характеру руху твердого тіла. Початкове положення сигнальної точки в нашому випадку має координати (0,0,20). Кількість проміжних положень при обчисленнях руху сигнальної точки обрано $N=150$.

У наведених прикладах крім траєкторії переміщення сигнальної точки побудовано зображення двох граней твердого тіла

(паралелепіеда), а також зображення його еліпсоїда інерції. Зазначимо, що циклічні (без розривів) траєкторії переміщення сигнальної точки можна одержати за умови більш точного підбору величин початкових швидкостей. Час інтегрування системи диференціальних рівнянь не слід плутати з часом виконання програми.

Приклад 1. Нехай $u_0 = 0,2$; $v_0 = 0,2$; $w_0 = 0,5$. На рис. 2 зображено результати виконання програми. Час інтегрування $T=60$.

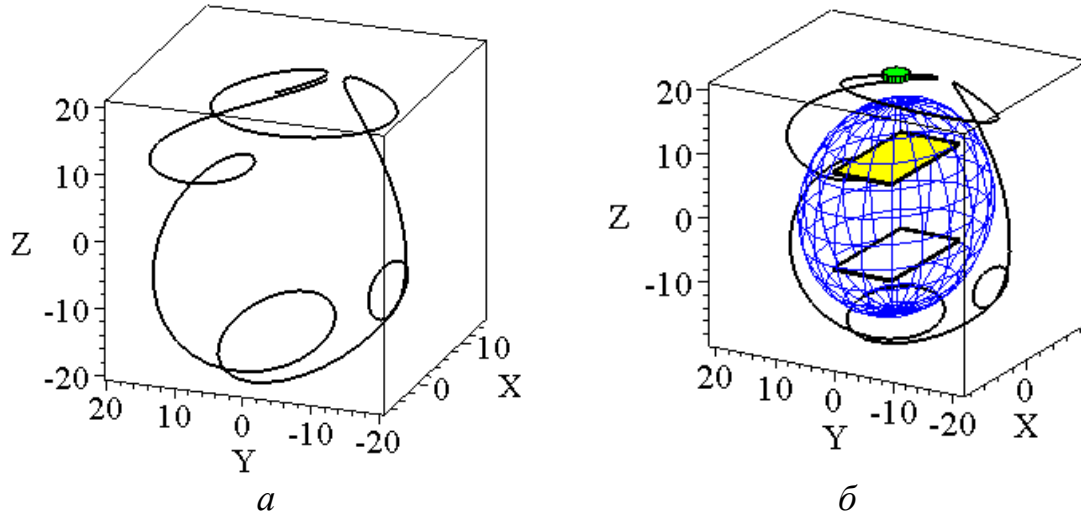


Рис. 2. *a* – траєкторія переміщення сигнальної точки для прикладу 1;
б – траєкторія, суміщена з гранями тіла та його еліпсоїдом інерції

Приклад 2. Нехай $u_0 = 0,2$; $v_0 = 0,2$; $w_0 = 1$. На рис. 3 зображено результати виконання програми. Час інтегрування $T=39$.

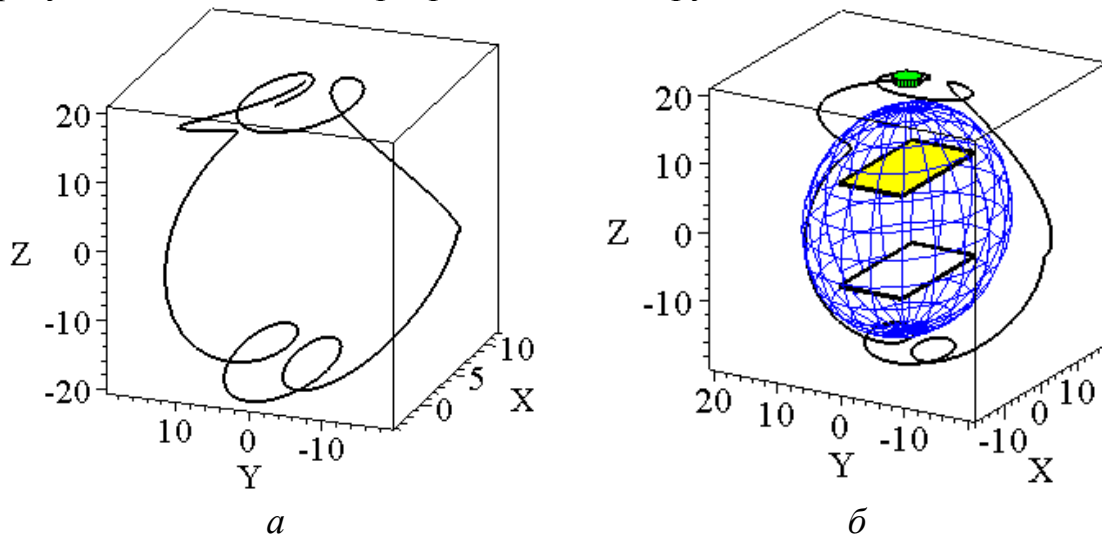


Рис. 3. *a* – траєкторія переміщення сигнальної точки для прикладу 2;
б – траєкторія, суміщена з гранями тіла та його еліпсоїдом інерції

Приклад 3. Нехай $u_0 = 0,2$; $v_0 = 0,2$; $w_0 = 3$. На рис. 4 зображено результати виконання програми. Час інтегрування $T=25$.

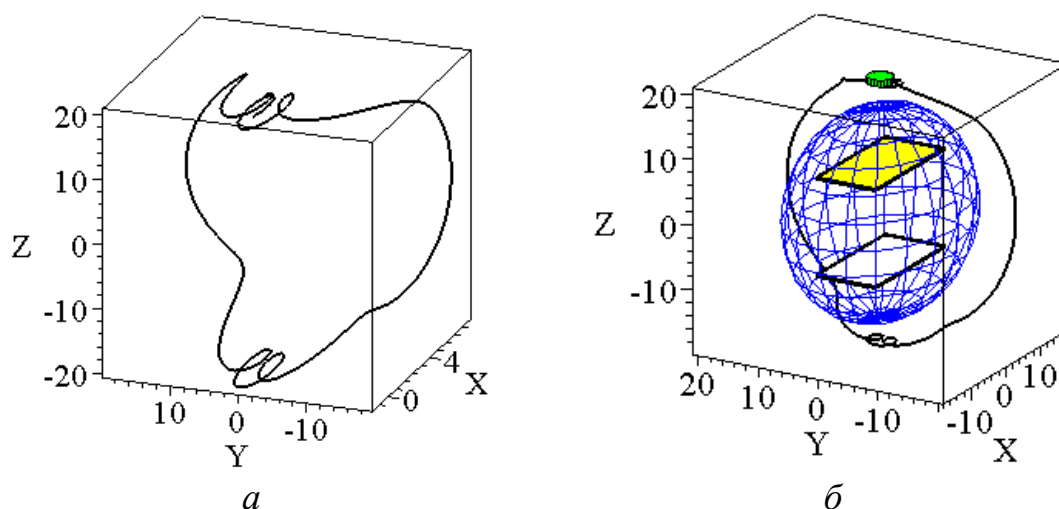


Рис. 4. *а* - траєкторія переміщення сигнальної точки для прикладу 3;
б – траєкторія, суміщена з гранями тіла та його еліпсоїдом інерції

Одержані результати демонструють нестійкість процесу обертання навколо осі із середнім значенням моменту інерції паралелепіпеда. При цьому за умови енергетично консервативної системи обертання зазначений процес буде прагнути перейти до зменшення енергії обертання. Образно говорячи, тіло буде перевертатися, намагаючись знайти собі «комфортне» положення, але щоразу буде його проскакувати й шукати заново. Аналогічний процес спостерігаємо під час коливання ідеального (математичного) маятника. Дійсно, нижнє положення маятника є енергетично оптимальним. Але маятник не зупиняється на ньому. За цією аналогією вісь обертання абсолютно твердого тіла ніколи не співпадає з віссю максимального моменту інерції, якщо спочатку вона не збігалася з нею.

Приклад 4. Нехай $u_0 = 1$; $v_0 = 1$; $w_0 = 3$. На рис. 5 зображено результати виконання програми. Час інтегрування $T=11$.

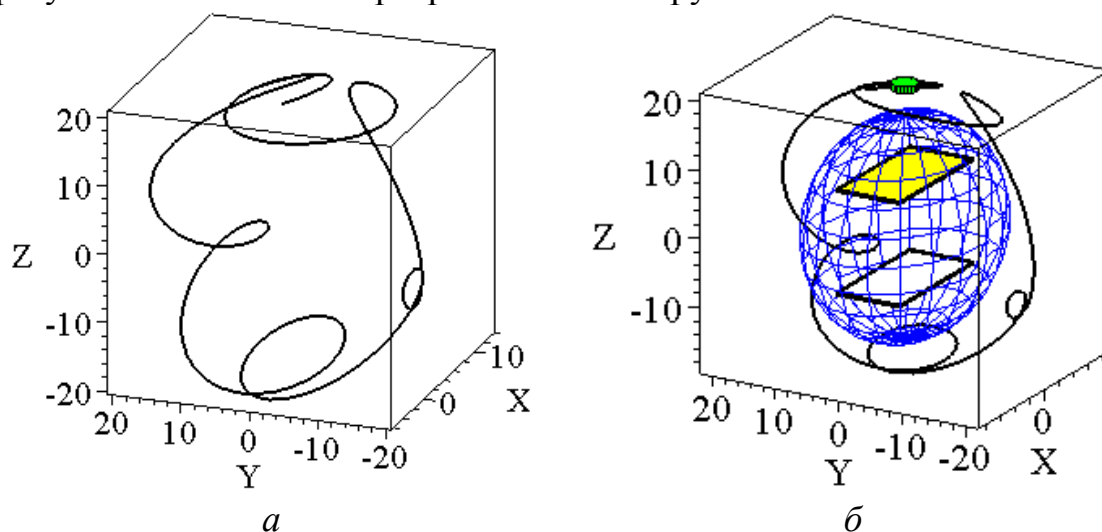


Рис. 5. *а* - траєкторія переміщення сигнальної точки для прикладу 4;
б – траєкторія, суміщена з гранями тіла та його еліпсоїдом інерції

Висновки. Складена програма дозволяє створити анімаційний фільм для аналізу характеру обертання тіла шляхом спостереження за переміщенням сигнальної точки між нестійкими положеннями. Ефект Джанібекова виявляється у періодичних переворотах твердого тіла завдяки його обертотним рухам навколо осі Oz . Саме в напрямку цієї осі інерція тіла має середнє значення порівняно зі значеннями його інерцій вздовж осей Ox і Oy декартових координат.

Література

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности / А.Н. Матвеев / – М.: ОНИКС 21 век: Мир и Образование, 2003. – 432 с.
2. Андреев Ю.М. Моделирование руху вільного твердого тіла в невагомості / Ю.М.Андреев, Т.А.Андреева, В.І. Василюк // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія: Механіка, енергетика, екологія. Севастополь, 2013.– Вип. 137/2013. – С. 3-8.
3. Видео «Эффект Джанибекова» [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.youtube.com/watch?v=L2o9eB1_Gzw.
4. Dzhanibekov Effect or tennis racket theorem [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://community.wolfram.com/groups/-/m/t/498246>
5. Шубейкина Т.Д. Эффект Джанибекова – наглядное проявление универсального закона творения[Електронний ресурс] / Т.Д. Шубейкина // Ноосфера. Общество. Человек. – № 4. – 2015. Режим доступу: <http://noocivil.esrae.ru/240-1400>.
6. Кирсанов Ф. Эффект Джанибекова [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.orator.ru/int_19.html
7. Эффект Джанибекова [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.orator.ru/int_19.html
8. Программа, демонстрирующая эффект Джанибекова. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://oko-planet.su/science/sciencehypothesis/15090-yeffect-dzhanibekova-gajka-dzhanibekova.html>.
9. Эффект Джанибекова - компьютерное моделирование. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://1tvprograma.ru/prosmotr/N1FlQ1F4R2ozOFE>.
- 10.Притыкин В. Магия тензорной алгебры: Часть 18– Математическое моделирование эффекта Джанибекова [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/264381/>
- 11.Норель М.П. Вращение и кватернионы. [Електронний ресурс] / М.П. Норель Режим доступу: <http://www.gamedev.ru/articles/?id=30129&page=4>.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТА ДЖАНИБЕКОВА В СРЕДЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПАКЕТА MAPLE

Запольский Л.Л.

Приведена геометрическая модель эффекта, открытого космонавтом В.Джанибековым во время его полета в космос. Эффект Джанибекова проявляется у периодических переворотах на 180 градусов твердого тела вследствие его вращения вокруг оси, в направлении которой тело перемещается в невесомости. Дифференциальные уравнения описания движения тела составлены с использованием кватернионов. С помощью разработанной maple программы показано, что неустойчивым будет вращение тела вокруг оси со средним по значению моментом инерции.

Ключевые слова: эффект Джанибекова, моменты инерции тела, вращение параллелепипеда, кватернионы, элементы матрицы поворота.

GEOMETRICAL MODELING OF THE DZHANIBEKOV EFFECT IN THE MEDIA OF MAPLE MATHEMATICAL PACKAGE

Zapolskiy L.

A geometric model of the effect discovered by cosmonaut V. Dzhanibekov during his flight into space is given. The effect of Dzhanibekov is revealed in periodic coups by 180 degrees of a solid body due to its rotation about an axis in the direction of which the body moves in weightlessness. Differential equations describing the motion of the body are made using quaternions. Using the developed maple program, it is shown that the rotation of the body around the axis with an average moment of inertia will be unstable.

Key words: Dzhanibekov effect, moments of inertia of the body, rotation of the parallelepiped, quaternions, elements of the rotation matrix.

УДК 515.2+563.3

МОДЕЛЮВАННЯ ДИСКРЕТНИХ КАРКАСІВ ПОВЕРХОНЬ ПОСЛІДОВНОСТЯМИ ФУНКЦІЙ

Ковальов С.М. д.т.н.,

Мостовенко О.В., к.т.н.

*Київський національний університет будівництва та архітектури
(Україна)*

В роботі запропоновано використання послідовностей функцій для моделювання поверхонь, які представлено дискретними лінійними каркасами.

Ключеві слова: числова послідовність, послідовність функцій, дискретний каркас, замкнена форма, рекурентна формула.

Постановка проблеми. В курсі нарисної геометрії криві поверхні графічно представляють у вигляді дискретних лінійних каркасів, але аналітичний опис таких каркасів не надається, хоча у більшості підручників з нарисної геометрії надається аналітичний супровід окремих тем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Після захисту докторської дисертації [2] у луцькій і київських школах прикладної геометрії продовжувались дослідження, пов'язані з формуванням дискретних точкових каркасів поверхонь на основі їх моделювання апаратом числових послідовностей. Зокрема відомі дослідження з питань утворення рекурентних залежностей, відмінних від операторів скінченних різниць [3]. Моделювання дискретних лінійних каркасів поверхонь на основі послідовностей функцій не розглядалось.

Формулювання цілей статті. Ціллю статті є показати, що геометричною інтерпретацією послідовності функцій є дискретний лінійний каркас поверхні.

Основна частина. Узагальненням поняття «числова послідовність» є послідовність функцій [1]:

$$\{f_j(x)\} \equiv f_0(x), f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), \dots \quad (1)$$

де $j=0; 1; 2; \dots, n \dots$

За аналогією з числовою послідовністю, яка може бути геометричною моделлю дискретно представленої кривої [2], послідовність функцій однієї змінної можна представити у вигляді дискретного лінійного каркаса поверхні з одиничним кроком уздовж

осі Oy в прямокутній декартовій системі координат (рис.1). У цьому випадку функції $f_1(x) \dots f_n(x)$ описують лінії каркаса поверхні.

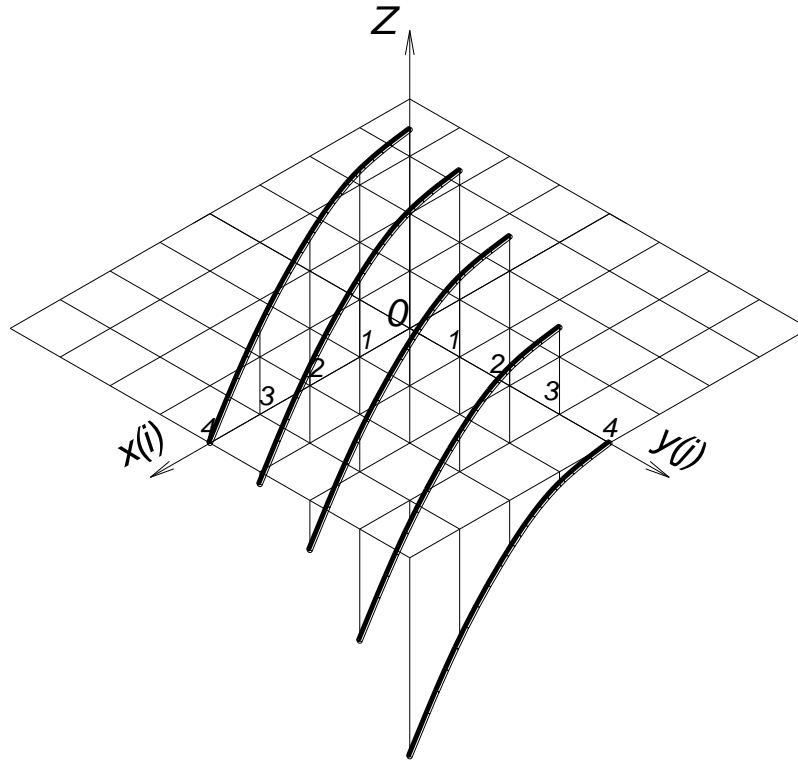


Рис. 1

На рис.1 наведено приклад моделювання дискретного лінійного каркаса поверхні послідовністю функцій:

$$\{f_j(x)\} = a \left(\frac{b^2 - x^2 - j^2}{b^2} \right), \quad (2)$$

де $a=b=4$ – параметри поверхні;

j – номер лінії каркаса.

Якщо в (2) дискретний параметр j замінити на неперервний y , отримаємо рівняння параболоїда обертання:

$$Z = a \left(\frac{b^2 - x^2 - y^2}{b^2} \right), \quad (3)$$

де при заміні в (3) неперервного параметра x на дискретний параметр i , отримаємо іншу послідовність функцій:

$$\{f_i(y)\} = a \left(\frac{b^2 - i^2 - y^2}{b^2} \right), \quad (4)$$

яка моделює інший дискретний каркас параболоїда (3) у площинах, які паралельні площині yOz . Нарешті при заміні в (3) обох неперервних параметрів x і y на дискретні i та j , отримаємо подвійну

числову послідовність, яка моделює дискретний точковий каркас поверхні (3).

Відомо [1], що числові послідовності мають дві форми математичного опису – замкнену (у вигляді дискретної функції) і рекурентну (у вигляді різницевого рівняння). За аналогією з числовими послідовностями послідовності функцій також можуть мати такі дві форми математичного опису. Так, вирази (2) і (4) є замкненою формою опису послідовності функцій. Для переходу до рекурентної залежності необхідно визначити значення кількох суміжних членів послідовності функцій, а тоді виключити з них дискретний параметр i (або j). Наприклад, для послідовності функцій (2) визначимо рівняння трьох суміжних функцій:

$$\begin{aligned} f_{j-1}(y) &= \frac{a \lfloor b^2 - x^2 - (j-1)^2 \rfloor}{b^2}, \\ f_j(y) &= \frac{a(b^2 - x^2 - j^2)}{b^2}, \\ f_{j+1}(y) &= \frac{a \lfloor b^2 - x^2 - (j+1)^2 \rfloor}{b^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

При звільненні в (5) дискретного параметра j отримаємо:

$$f_{j-1}(y) - 2f_j(y) + f_{j+1}(y) = \frac{2}{b^2}, \text{ або} \quad (6)$$

$$f_j(y) - 3f_{j+1}(y) + 3f_{j+2}(y) - f_{j+3}(y) = 0. \quad (7)$$

На рис.2 наведено інший приклад моделювання дискретного каркаса поверхні циліндроїда, напрямними якого є косинусоїда:

$$\begin{cases} Z = \frac{a^2}{2} \left(1 + \cos \frac{y \cdot 180^\circ}{a} \right), \\ x = a \end{cases}$$

де a – параметр ($CO=OD=a$), і парабола:

$$Z = \frac{y^2}{a}.$$

Рівняння поверхні має вигляд:

$$Z = \frac{2y^2(a-x) + a^2x \left(1 + \cos \frac{y \cdot 180^\circ}{a} \right)}{2a^2}. \quad (8)$$

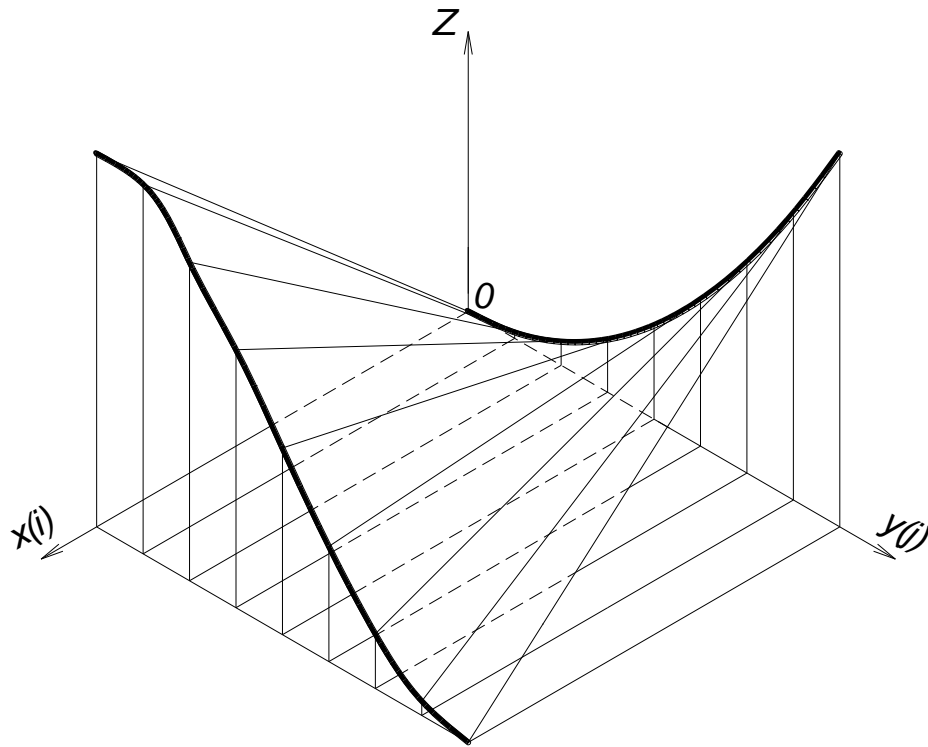


Рис. 2

При $a=8$ дискретний лінійчатий каркас з одиничним кроком уздовж осі Oy описується послідовністю функцій:

$$\{f_j(x)\} = \frac{32x[1 + \cos(22,5^\circ \cdot j)] - x + 8j^2}{64}. \quad (9)$$

Дискретний лінійний каркас поверхні (8) з одиничним кроком уздовж осі Ox отримаємо, якщо дискретний параметр j замінимо неперервним y , а неперервний параметр x – дискретним i :

$$\{f_i(y)\} = \frac{32i[1 + \cos(22,5^\circ \cdot y)] - i + 8y^2}{64}. \quad (10)$$

Рекурентною формулою послідовності (10) буде:

$$f_{i-1}(y) - 2f_i(y) + f_{i+1}(y) = 0.$$

Рекурентну формулу послідовності (9) вище зазначеним способом вивести неможливо, оскільки неможливо звільнитись від дискретного параметра j .

Висновки. Проведене у роботі дослідження експериментальним шляхом показало, що геометричною інтерпретацією послідовності функцій є дискретний лінійний каркас поверхні.

Література

1. Энциклопедия элементарной математики. Том III. Функции и

- пределы. – М-Л.: Гос. Издательство технико-теоретической литературы, 1952. – 559с.
2. Пустюльга С.І. Дискретне визначення геометричних об'єктів числовими послідовностями: дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.01/ С.І.Пустюльга / КНУБА. – К., 2006.
 3. Ковальов С.М. Рекурентні формули числових послідовностей у формуванні дискретно визначених геометричних образів / С.М. Ковальов, С.І. Ботвіновська //Прикл. геометрія та інженерна графіка. – К.:КНУБА, 2006, – Вип. 76. – С. 30-37.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ КАРКАСОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯМИ ФУНКЦИЙ

Ковалёв С.Н., Мостовенко А.В.

В работе рассмотрена возможность использования аппарата последовательностей функций для моделирования дискретных линейных каркасов поверхностей. Приведённые примеры наглядно демонстрируют эти возможности.

Ключевые слова: числовая последовательность, последовательность функций, замкнутая форма, рекуррентная формула, дискретный каркас.

SIMULATION OF DISCRETE FRAMES OF SURFACES BY SEQUENCES OF FUNCTIONS

Kovalov S., Mostovenko A.

In the paper, the possibility of using the sequence function apparatus for modeling discrete linear surface skeletons is considered. These examples clearly demonstrate these opportunities.

Key words: numerical sequence, sequence of functions, closed form, recursive formula, discrete skeleton.

УДК 514.182

АНАЛІЗ ПОВЕРХОНЬ ВІДБИТИХ ПРОМЕНІВ ДЛЯ ВІДБИВАЮЧИХ ПОВЕРХОНЬ РІЗНОЇ СКЛАДНОСТІ

Козак Ю. В.

Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)

В роботі розглядається побудова поверхонь відбитих променів від твірних відбиваючих поверхонь різної складності. Систематизовані відбиваючі поверхні однієї групи дають однакові поверхні відбитих променів, що дозволяє досягати взаємозамінності відбиваючих поверхонь. З отриманих властивостей витікає варіативність задач відбиття, універсалізація залів, використання трансформованих екранів та вирішення зворотної задачі отримання відбиваючих поверхонь по наперед заданим умовам.

***Ключові слова:* акустика, поверхні відбитих променів, поверхня нормалей, відбиваюча поверхня.**

Постановка проблеми. Сучасна архітектура в пошуках нових творчих рішень використовує скульптурні форми зовнішніх та внутрішніх поверхонь, в тому числі інтер'єрів видовищних залів. В таких випадках перед архітектурною акустикою постає питання побудови відбиттів від поверхонь складних форм. В разі використання в якості відбиваючих екранів аналітичних поверхонь, питання акустичного комфорту залів вирішується завдяки дослідженням поверхонь відбитих променів.

Конгруенція нормалей поверхонь відбиття розшаровується на поверхні нормалей вздовж перерізів відбиваючих поверхонь площиною. Для вирішення задач відбиття доцільно систематизувати відбиваючі поверхні по виду поверхонь нормалей до їх твірних або ліній перерізу. При побудові відбиттів від цих твірних для груп поверхонь з однаковими поверхнями нормалей отримаємо однакові поверхні відбитих променів. Для вирішення специфічних архітектурних та акустичних задач можна підбирати відбиваючі поверхні зі спільними твірним за умови спільних поверхонь нормалей до цих твірних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В публікації [1] наведені способи побудови поверхонь відбитих променів за допомогою поверхонь нормалей до твірних відбиваючих поверхонь. В публікаціях [2,3] розглядаються методи побудови та аналіз властивостей торсових поверхонь, їх класифікація та можливості їх використання в якості відбиваючих екранів.

В статті [4] запропонована систематизація відбиваючих

поверхонь по виду поверхонь нормалей до їх твірних.

В енциклопедії [5] показані дослідження аналітичних поверхонь, їх аналітичний опис та візуалізація.

Формулювання цілей статті. Загальне розширення кола відбиваючих поверхонь за рахунок поверхонь 2-го порядку, розгортних поверхонь та більш складних утворень.

Основна частина. Сучасні архітектурні форми мають ознаки скульптурності, що видно на таких зразках видовищних залів, як проекти Захи Хадид та інших архітекторів по всьому світу. Для складних форм внутрішніх поверхонь необхідно дослідити відбиття від них для вирішення питання проектування направлення звуку на найбільш віддалених слухачів, дифузного розповсюдження на поверхню слухачів та підбору відбивачів по заданим умовам.

Для вирішення задач відбиття від поверхонь різної складності доцільно систематизувати їх по виду поверхонь нормалей до їх твірних. Можна виділити п'ять груп таких поверхонь. **До першої** відносяться поверхні, в яких конгруенція нормалей розшаровується на плоскі пучки паралельних прямих. Такими є нормалі вздовж прямих, які належать площині та твірних розгортних поверхонь. **До другої** групи відносяться поверхні, вздовж твірних яких утворюються поверхні нормалей у вигляді гіпарів. **Третя група** об'єднує поверхні обертання з круговими конусами в якості поверхонь нормалей вздовж кіл перерізу площиною, перпендикулярною до осі поверхні. **До четвертої** групи відносяться циклічні, трубчаті, різні поверхні та окремі випадки інших поверхонь, у яких поверхня нормалей має вигляд плоского пучка прямих. **П'ята** група складається з поверхонь, для яких нормалі вздовж твірних створюють поверхню четвертого порядку. До таких відбиваючих поверхонь відносяться поверхні 2-го порядку загального виду.

При побудовах відбитого променя для I групи зручно використовувати уявне джерело $S'(x_{S'}, y_{S'}, z_{S'})$, для груп II-V точку симетричну джерелу відносно нормалі. Відбитий промінь пройде через S' та точку $A(x_a, y_a, z_a)$:

$$x = x_a + lk, \quad y = y_a + mk, \quad z = z_a + nk, \quad (1)$$

де $\{l, m, n\} = \{x_{S'} - x_a, y_{S'} - y_a, z_{S'} - z_a\}$ – вектор відбитого променя.

Для побудови поверхні відбитих променів необхідно замінити відбиваючу точку на твірну відбиваючої поверхні. Наприклад, якщо твірною є еліпс, його рівняння:

$$x_a = a \cos u, \quad y_a = b \sin u, \quad z_a = c, \quad (2)$$

де a, b – полуосі еліпса $0 \leq u \leq 2\pi$.

Координати точки $S'(x_{S'}, y_{S'}, z_{S'})$ знаходяться по алгоритму побудови дотичної площини до відбиваючої поверхні в точці А та знаходження симетричної точки для групи I відносно дотичної

площини, для груп II-V геометричного місця точок симетричних відносно нормалей до твірної поверхні відбиття. Після необхідних підстановок отримаємо координати точки S' для групи I:

$$\begin{aligned}x_{S'} &= -2 \frac{-B^2 x_s - C^2 x_s + AB y_s + AC z_s}{A^2 + B^2 + C^2} - x_s; \\y_{S'} &= -2 \frac{AB x_s - A^2 y_s - C^2 y_s + BC z_s}{A^2 + B^2 + C^2} - y_s; \\z_{S'} &= -2 \frac{AC x_s + BC y_s - A^2 z_s - B^2 z_s}{A^2 + B^2 + C^2} - z_s;\end{aligned}\quad (3)$$

та для груп II-V:

$$\begin{aligned}x_{S'} &= -2 \frac{-B^2 x_a - C^2 x_a - A^2 x_s}{A^2 + B^2 + C^2} - x_s; \\y_{S'} &= -2 \frac{AB x_a - AB x_s - A^2 y_s - B^2 y_s - C^2 y_s}{A^2 + B^2 + C^2} - y_s; \\z_{S'} &= -2 \frac{AC x_a - AC x_s - A^2 z_s - B^2 z_s - C^2 z_s}{A^2 + B^2 + C^2} - z_s,\end{aligned}\quad (4)$$

де $\{A, B, C\}$ – нормальний вектор дотичної площини в точці А. Його можна отримати як частинні похідні рівняння відбиваючої поверхні:

$$A = \begin{vmatrix} y'_{\beta} & z'_{\beta} \\ y'_{\gamma} & z'_{\gamma} \end{vmatrix}, \quad B = \begin{vmatrix} z'_{\beta} & x'_{\beta} \\ z'_{\gamma} & x'_{\gamma} \end{vmatrix}, \quad C = \begin{vmatrix} x'_{\beta} & y'_{\beta} \\ x'_{\gamma} & y'_{\gamma} \end{vmatrix}. \quad (5)$$

Таблиця 1

Характеристики відбиваючих твірних та поверхонь нормалей
для п'яти груп відбиваючих поверхонь

№ групи	I	II	III	IV	V
Відбиваюча твірна	пряма	пряма	коло	крива 2го порядку	крива 2го порядку
Поверхня нормалей	пучок паралельних прямих	гіпар	круговий конус	плоский пучок прямих	поверхня 4го порядку

Перша група об'єднує площину, конус, циліндр та торс вздовж прямолінійних твірних. Поверхні нормалей, які мають вигляд пучка паралельних прямих, будуть мати вигляд

$$x = x_a + lk + At, \quad y = y_a + mk + Bt, \quad z = z_a + nk + Ct. \quad (6)$$

Плоский пучок відбитих променів (поверхня відбитих променів), який проходить через уявне джерело, запишеться:

$$\begin{aligned}x &= x_{S'} + t(x_a - x_{S'} - k x_{\beta}), \\y &= y_{S'} + t(y_a - y_{S'} - k y_{\gamma}), \quad z = z_{S'} + t(z_a - z_{S'} - k z_{\beta}),\end{aligned}\quad (7)$$

де x_a, y_a, z_a – координати довільної точки твірної відбиваючої поверхні, $x_{S'}, y_{S'}, z_{S'}$ – координати уявного джерела, параметри якого

залежать від трьох коефіцієнтів площини A, B, C , дотичної до відбиваючої поверхні в точці $A(x_a, y_a, z_a)$.

Для торсової поверхні, отриманою методом обкатки, де встановлюється однозначна відповідність між лініями обкатки, поверхня відбитих променів буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} x &= x_{s'} + t(x_a - x_{s'} - k(x_\beta - x_\gamma)); \\ y &= y_{s'} + t(y_a - y_{s'} - k(y_\beta - y_\gamma)); \\ z &= z_{s'} + t(z_a - z_{s'} - k(z_\beta - z_\gamma)), \end{aligned} \quad (8)$$

де $x_\beta, y_\beta, z_\beta$ – координати довільної точки лінії обкатки β , $x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma$ – координати відповідної точки лінії обкатки γ .

Для відбиваючих поверхонь II групи поверхня відбитих променів буде мати вигляд (8) з тою різницею, що однозначна відповідність між лініями β та γ буде встановлюватись для кожної поверхні по своєму.

Відбиваючі поверхні V групи в якості відбиваючої лінії мають криві 2-го порядку. Поверхнею нормалей є поверхня 4-го порядку. Тоді данні по цим поверхням можна звести в таблицю:

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів, які відповідають поверхням V групи

Назва	Рівняння	A	B	C	x_a, y_a, z_a
Конус загального вигляду	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0$	$\frac{x_a}{a^2}$	$\frac{y_a}{b^2}$	$-\frac{z_a}{c^2}$	$x_a = a \cos u,$ $y_a = b \sin u,$ $z_a = c = h$
Еліпсоїд загального вигляду	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$	$\frac{x_a}{a^2}$	$\frac{y_a}{b^2}$	$\frac{z_a}{c^2}$	$x_a = a \cos u \sqrt{1 - \frac{h^2}{c^2}}$ $y_a = b \sin u \sqrt{1 - \frac{h^2}{c^2}}$ $z_a = h < c$
Однопорожнинний гіперболоїд загального вигляду	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$	$\frac{x_a}{a^2}$	$\frac{y_a}{b^2}$	$-\frac{z_a}{c^2}$	$x_a = a \cos u \sqrt{1 + \frac{h^2}{c^2}}$ $y_a = b \sin u \sqrt{1 + \frac{h^2}{c^2}}$ $z_a = h$
Двупорожнинний гіперболоїд загального вигляду	$-\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$	$\frac{x_a}{a^2}$	$\frac{y_a}{b^2}$	$-\frac{z_a}{c^2}$	$x_a = a \cos u \sqrt{\frac{h^2}{c^2} - 1}$ $y_a = b \sin u \sqrt{\frac{h^2}{c^2} - 1}$ $z_a = h > c$

Параболоїд загального вигляду	$z = \frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2q}$	$\frac{x_a}{p}$	$\frac{y_a}{q}$	-1	$x_a = \cos u \sqrt{2hp}$ $y_a = \sin u \sqrt{2hq}$ $z_a = h$
Гіперболічний параболоїд	$\frac{x^2}{2p} - \frac{y^2}{2q} = z$	$\frac{x_a}{p}$	$-\frac{y_a}{q}$	-1	$x_a = \pm ch u \sqrt{2hp}$ $y_a = sh u \sqrt{2hq}$ $z_a = h$

Щодо поверхонь III групи, які є поверхнями обертання, їх коефіцієнти для поверхонь конуса, еліпсоїда, параболоїда, однопорожнинного гіперболоїда, двопорожнинного гіперболоїда будуть відрізнятись від даних таблиці 2 значеннями $a=b$, $p=q$, що перетворює поверхні загального виду на поверхні обертання.

Поверхні IV групи є поверхні, у яких нормалі до твірних представляють собою плоскі пучки. В першому випадку такі нормалі створюються в окремих випадках поверхонь другого порядку, в другому вони існують для криволінійних твірних прямих циліндричних поверхонь, поверхонь переносу, різних поверхонь. Аналітично рівняння пучка нормалей можна отримати як проекцію поверхні нормалей на площину xOy шляхом виключення координати z . Коефіцієнти A, B, C для циліндричних поверхонь будуть: еліптичний циліндр $A = \frac{x_a}{a^2}$, $B = \frac{y_a}{b^2}$, $C=0$; гіперболічний циліндр $A = \frac{x_a}{a^2}$, $B = -\frac{y_a}{b^2}$, $C=0$; параболічний циліндр $A = p$, $B = -y_a$, $C=0$.

Висновки. В статті подані аналітичні описи поверхонь відбитих променів від твірних відбиваючих поверхонь. Подальші розробки можуть бути спрямовані в сторону досліджень інших типів відбиваючих поверхонь, розробки систем трансформації відбивачів.

Література

1. Подгорный А.Л. Поверхности отражённых лучей / А.Л.Подгорный // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып. 20. –К.: Будівельник, 1975. – С.13 -16.
2. Підгорний О.Л. Можливості використання торсових поверхонь в якості відбивачів сонячних променів / О.Л. Підгорний // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2008. Вип. 80. – С. 11-15.
3. Підгорний О.Л. Можливості використання торсових поверхонь в якості відбивачів сонячних променів (продовження) / О.Л.Підгорний // Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі». – Київ.: КНУБА, 2017. – Випуск 9. – С.194-197.

4. Козак Ю.В. Дослідження поверхонь нормалей як засіб систематизації поверхонь відбиття / Ю.В. Козак // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – К.:КНУБА, 2013. – Вип.5. – С.66-69.
5. Кривошاپко С.Н. Энциклопедия аналитических поверхностей / С.Н. Кривошайко, В.Н. Иванов. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009. – 556с.

АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТРАЖЕННЫХ ЛУЧЕЙ ДЛЯ ОТРАЖАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗНОЙ СЛОЖНОСТИ

Козак Ю. В.

В работе рассматривается построение поверхностей отраженных лучей от образующих, полученных пересечением с плоскостью для отражающих поверхностей различной сложности. Отражающие поверхности, систематизированные по принципу поверхностей нормалей к их образующим, дают однотипные поверхности отраженных лучей, что позволяет достигать взаимозаменяемость отражающих поверхностей. Из полученных свойств вытекает возможность вариативности задач отражения, универсализации залов, использование трансформированных экранов и решения обратной задачи получения отражающих поверхностей по заранее заданным условиям.

Ключевые слова: акустика, поверхности отраженных лучей, поверхность нормалей, отражающая поверхность.

GEOMETRICAL MODELLING OF REFLECTIONS FROM DEVELOPABLE SURFACES

Kozak Y.

The paper deals with the construction of surfaces of reflected rays from generatrices obtained by intersecting with a plane for reflecting surfaces of various complexity. Reflecting surfaces, systematized according to the principle of surfaces of normals to their generatrices, give identical surfaces of reflected rays, which makes it possible to achieve interchangeability of reflecting surfaces. From the properties obtained it follows the possibility of variability in reflection problems, universalization of halls, the use of transformed screens and the solution of the inverse problem of obtaining reflecting surfaces according to predetermined conditions.

Key words: acoustics, surface of reflected rays, surface of normals, reflecting surface.

УДК 514.8

РОЛЬ СИМЕТРІЇ В ФОРМУВАННІ ОБ'ЄКТІВ ТА ПРОЦЕСІВ

Колосова О.П., к.т.н.,

Ванін В.В., д.т.н.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)

Розглянуто поняття симетрії, прояви якої зустрічаються в багатьох сферах науки і техніки, та її роль в формуванні об'єктів та процесів, а також різноманітні форми її реалізації.

Ключові слова: симетрія, геометрія, елемент симетрії, об'єкт, процес.

Постановка проблеми. Симетрія, як явище, притаманна найрізноманітнішим структурам об'єктів і процесів та суттєво впливає на їх властивості й формування. Розробка технологічних процесів з урахуванням цього явища сприяє їх інтенсифікації та отриманню оптимальних результатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У різні історичні епохи термін "симетрія", що нині вживається як універсальний методологічний термін, використовувався для визначення різних понять. Наприклад, древні греки тлумачили геометричне поняття симетрії як спільномірність об'єктів, піфагорійці – як впорядковане розташування частин цілого, а в епоху відродження це поняття розуміли як урівноваженість лівого і правого [1].

У 30-х роках XIX століття німецький мінералог Іоган Гессель вивів існування 32-х класів симетрії кристалів, а Еварист Галуа ввів поняття групи, запропонувавши класифікувати алгебраїчні рівняння за їх групами симетрії. Пізніше теорія груп разом з теорією інваріантів стала мовою, на якій описують симетрії [2].

У 1894р. П'єр Кюрі сформулював універсальний принцип симетрії, що описує вплив симетрії на всі фізичні властивості об'єктів. Принцип Кюрі показав, що фізичні явища, поля, дії можуть мати симетрію, яку можна описати сімома граничними групами симетрії [3].

Перше загальне визначення симетрії приписують німецькому математику Г. Вейлю, згідно з яким симетрія – це той вид узгодженості окремих частин, який об'єднує їх в єдине ціле [4].

Формулювання цілей статті. Метою досліджень є аналіз наявних методологічних засад та тлумачень щодо поняття симетрії, які використовуються у різних сферах науки і технології з наведенням

конкретних прикладів застосування цього поняття, включаючи дослідження симетрії в формоутворенні об'єктів та формуванні процесів.

Основна частина. Сьогодні поняття симетрії використовують не тільки як якісну або структурну характеристику, а як «інструмент, за допомогою якого ми не просто формулюємо закони, а й розбираємося, чому вони діють» [4].

Слід констатувати, що на цей час єдиної загальноприйнятої класифікації принципів симетрії не існує. В різних галузях людської діяльності вона приймає свою конкретну форму.

Виявляти і математично точно характеризувати симетрію об'єктів допомагає використання так званих елементів симетрії[1]. Для скінчених об'єктів – це центр симетрії, осі симетрії, дзеркально-поворотні осі і площини симетрії фігур. Для нескінчених об'єктів – вектор перенесення v (переносна симетрія), площина ковзного відбиття (ковзна симетрія), гвинтова вісь OO' (гвинтова симетрія) (рис.1)

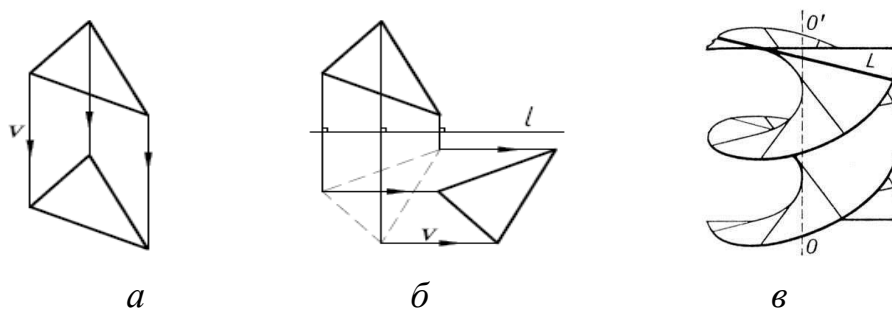


Рис.1. Приклади симетрій: *а* – переносу; *б* – ковзна; *в* – гвинтова

У біології – це аксіальна (радіальна, променева), білатеральна симетрії, а у вірусології – спіральна, кубічна, сферична, ікосаедрична та ін. види симетрії (рис. 2).

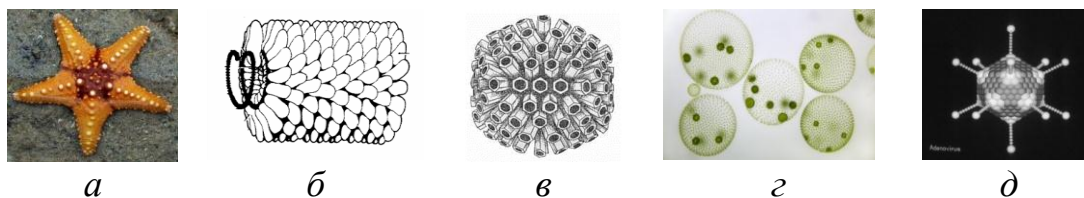


Рис. 2. Приклади симетрій: *а* – аксіальна; *б* – спіральна (вірус табачної мозаїки); *в* – кубічна (вірус герпеса); *г* – сферична (вольвокс); *д* – ікосаедрична (капсид аденовіруса) [5]

В узагальненому виді в сучасній фізиці можна виділити два основні класи симетрії. До першого класу можна віднести зовнішні симетрії (геометричні та просторово-часові), що діють, в основному,

на макрорівні: симетрії перенесення (однорідність простору), повороту (ізотропність простору) і зсуву з часом (незмінність законів з часом). До другого класу можна віднести внутрішні або динамічні симетрії сучасної квантової фізики та фізики елементарних частинок – симетрія між кварками та лептонами, калібрувальна симетрія, суперсиметрія та ін.

Симетрія в хімії виявляється, зокрема, в геометричній конфігурації молекул. Адже кожна молекула вирізняється не тільки числом і видом атомів, що входять до її складу, але і симетрією своєї ядерної основи – ядерного поліедра, яку необхідно враховувати при розгляді електронної структури молекули [6].

У квантовій хімії, наприклад, вирізняють так звані точкові групи симетрії (рис.3): найпростіші (для яких вісь n -го порядку є єдиним елементом симетрії), кубічні (кожна з них має елементи симетрії, притаманні кубу), неперервні (пряма, на якій розташовані ядра, є віссю симетрії нескінченного порядку).

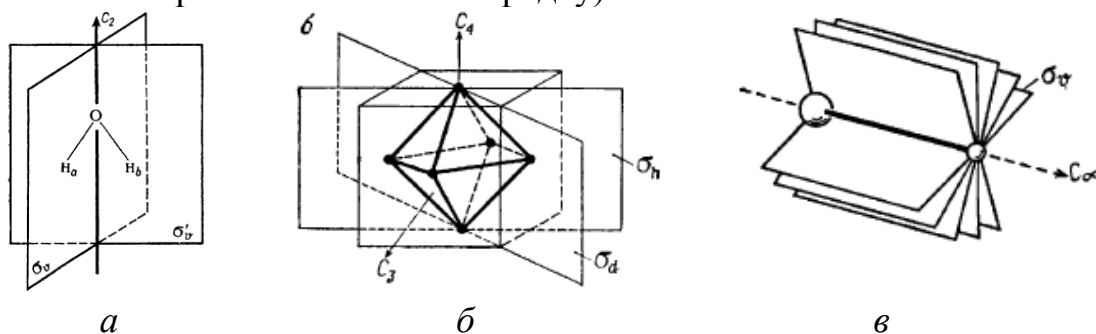


Рис. 3. Елементи симетрії: *а* – молекули води; *б* – кубічної; *в* – неперервної; C_n – вісь симетрії n -го порядку, σ_v і σ_h – відповідно, вертикальна і горизонтальна площини симетрії [6]

Дослідження симетрії у формоутворенні об'єктів та в розвитку процесів.

Слід зазначити, що на будь-який об'єкт та на процес його формування впливають численні фактори. При цьому чим складнішим є досліджуваний об'єкт, тим варіативнішими є ці фактори. Це є причиною різноманітності проявів симетрії. Тому характеристика симетрій будь-якого об'єкта завжди приблизна і відносна. Тим не менше, саме це, разом з універсальністю проявів симетрії дозволяє виявляти і пояснювати закономірні і стійкі прояви в структурі та функціонуванні об'єктів будь-якого ступеня складності. Це робить симетрію досить ефективним інструментом для аналізу технічних об'єктів та процесів. Розглянемо декілька прикладів використання симетрії в формуванні об'єктів та пресів.

При виготовленні волокнистих композиційних матеріалів використовують різні схеми упаковки волокон. Одна із них, найбільш

розповсюджена – схема 4D, за якою волокна розташовані вздовж чотирьох діагоналей куба (рис.4).

Геометрія просторового армування створюється виходячи з умов навантаження матеріалу і має забезпечувати цілеспрямовану анізотропію властивостей [7]. Схема 4D дозволяє отримати врівноважену структуру (рис.4).

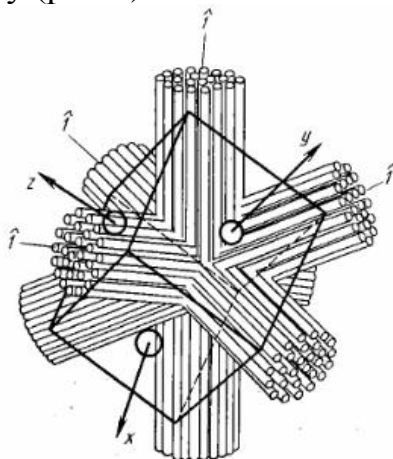


Рис.4. Чотирьохспрямована схема армування та розташування системи координат; x, y, z – головні осі пружної симетрії; \hat{i} – напрямок армування [7]

З огляду на симетрію структури пружні властивості матеріалу також мають елементи симетрії: один із напрямів армування є віссю пружної симетрії третього порядку. При повороті системи координат, пов'язаної однією віссю з напрямком волокон, на кут 120° в площині основи тетраедра всі пружні властивості матеріалу внаслідок симетрії зберігаються. Тому така структура армування є більш перспективною в цілях підвищення жорсткості під час зсуву в порівнянні з іншими схемами [7].

Ще один яскравий приклад виявлення симетрії відноситься до технологічного процесу ультразвукової кавітації.

При введенні ультразвуку в рідкий епоксидний олігомер спостерігається симетрія процесу кавітації (рис. 5).

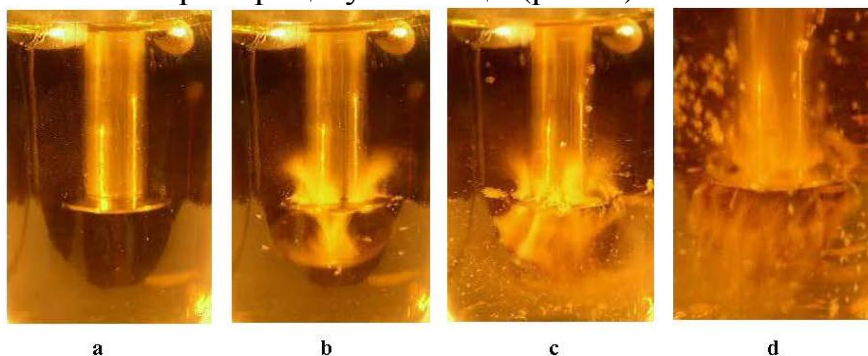


Рис. 5. Зародження і розвиток УЗ-кавітації в рідкому епоксидному олігомері марки ЕД-20 під час обробки концентратором УЗ-коливань циліндричної форми [9]

З рис. 5 видно, що протягом всього процесу УЗ-кавітації біля випромінюючої поверхні концентратора відбувається симетричне формування окремих кавітаційних тяжів. Це свідчить про вірний розрахунок конструктивних параметрів робочого УЗ-інструменту і про коректний виборі параметрів технологічного процесу УЗ-кавітації.

Ефективна дія ультразвуку сприяє наближенню розміщення волокон в структурі односпрямованого композиту до симетричної (гексагональної) форми (рис. 6), що впливає на поліпшення технологічного процесу просочування та підвищує міцність затверділого композиту [10].

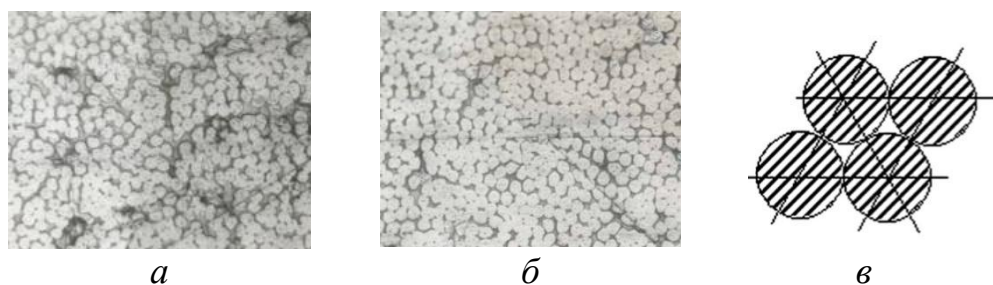


Рис. 6. Типова фотографія мікрошліфу поперечного перерізу затверділого орієнтованого епоксидного органопластика: а – до УЗ-обробки; б – після УЗ-обробки; в – гексагональна (теоретична)

Висновки. На основі проведених досліджень можна стверджувати, що симетрія співвідноситься з властивостями структури досліджуваних об'єктів (систем, процесів, явищ) і є сукупністю геометричних упорядкованостей, які інваріантно зберігаються на тлі фізичних, хімічних та інших внутрішніх перетворень та зовнішніх впливів. Використання принципів симетрії сприяє виявленню загальних властивостей структури і взаємозв'язків процесів, як зовнішніх, так і внутрішніх.

Література

1. Лебедева С.В. Закон симметрии и его универсальный характер / С.В.Лебедева // Вестник Псковского государственного университета. – № 2. – 2007. – С.107-111.
2. Стюарт И. Истина и красота. Всемирная история симметрии [пер. с англ. Алексея Семихатова] / И. Стюарт // Серия: Элементы. – М.: Астрель, Корпус, 2010. – 461 с.
3. Кюри П. О симметрии в физических явлениях: симметрия электрического и магнитного полей / П. Кюри // Избранные труды. – 1966. – С. 95–113.
4. Голдберг Д. Вселенная в зеркале заднего вида. Был ли Бог правшой? Или скрытая симметрия, антивещество и бозон Хиггса / Д. Голдберг.

- Москва : АСТ, 2015. – 411 с.
5. Gel [Электронный ресурс] // Wikipedia. Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gel>.
 6. Дмитриев И.С. Симметрия в мире молекул/ И. С. Дмитриев. – Л.: «Химия», 1976. – 128 с.
 7. Пространственно-армированные композиционные материалы: Справочник/ Ю.М. Тарнопольский, И.Г.Жигун, В.А.Поляков. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.
 8. Juan A. Gallego-Juarez. Power Ultrasonics: Applications of High-intensity Ultrasound / A. Gallego-Juarez Juan, Graff Karl F. – Elsevir, 2014. – 1166 p.
 9. Kolosov A. E. Low-Frequency Ultrasonic Treatment as an Effective Method for Modifying Liquid Reactoplastic Media / A. E. Kolosov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2014. – Volume 50. – Issue 1-2. – P. 79–83. DOI: 10.1007/s10556-014-9859-0.
 10. Колосова О.П. Геометричне моделювання процесів та обладнання для одержання реактопластичних композиційно-волокнистих матеріалів: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 – прикладна геометрія, інженерна графіка / О.П. Колосова. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 187 с.

РОЛЬ СИММЕТРИИ В ФОРМИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ

Колосова Е.П., Ванин В.В.

Рассмотрено понятие симметрии, проявления которой встречаются во многих сферах науки и техники, и ее роль в формировании объектов и процессов, а также различные формы ее реализации.

Ключевые слова: симметрия, геометрия, элемент симметрии, объект, процесс.

THE ROLE OF SYMMETRY IN FORMING OF OBJECTS AND PROCESSES

Kolosova O., Vanin V.

The concept of symmetry, the manifestations of which occur in many spheres of science and technology, and its role in the formation of objects and processes, as well as various forms of its implementation, are considered.

Key words: symmetry, geometry, element of symmetry, object, process.

УДК 515.2:519.85

УЧЕТ ПСИХОФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ИНДИВИДУАЛЬНО-ПОТОЧНОГО ДВИЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ

Комяк В.М., д.т.н.,

Комяк В.В., к.т.н.,

Данилин А.Н.

Национальный университет гражданской обороны Украины

(г. Харьков, Украина)

В работе рассматриваются подход к учету психофизических закономерностей в алгоритме индивидуально-поточного движения людей.

Ключевые слова: индивидуально-поточное движение людей, локальная оптимизация, психофизические закономерности.

Постановка проблемы. При моделировании движения по сети коридоров людей с ограниченными физическими возможностями в потоке смешанного состава и в зданиях со сложной инфраструктурой используется индивидуально-поточная модель. В ней учитывается маневренность, комфортность, различие в параметрах, описывающих размеры индивидов и т.д. На характер движения потока влияет также такой возмущающий параметр, как психика людей, составляющих поток. В связи с этим работа, которая посвящена моделированию движения потока людей с учетом вышеперечисленных факторов, является актуальной.

Анализ последних достижений и публикаций. В работе [1] сформулирована математическая модель индивидуально-поточного движения людей, движение которых представляется движением набора эллипсов. Рассматриваемая задача сведена к задаче плотной упаковки эллипсов с разной плотностью. Разная плотность возникает в связи с учетом разных минимально допустимых расстояний между эллипсами. Соблюдение минимально допустимых расстояний вызвано учетом ряда ограничений, среди которых можно выделить движение людей с разной скоростью, учетом их комфортности и т. д.

В работе [2] исследована зависимость скорости движения людского потока от его плотности и показано, что в основе проявления влияния плотности на скорость лежат психофизические закономерности между физическими характеристиками различного характера стимулов, порождаемых плотностью людского потока, и интенсивностью ощущений, реакцией на которые и является

изменение скорости движения людей.

В [2] предложен способ получения зависимости математического ожидания скорости свободного движения людей в потоке от уровня эмоционального состояния $V_0 = f(\Theta)$, использующий методы математической статистики.

Поскольку скорость свободного движения людей в потоке является случайной величиной, то и ее зависимости от уровня эмоционального состояния (возбуждения) людей в потоке целесообразно искать в форме случайной функции [2]. В этой же работе предлагается следующий подход.

При моделировании эмоциональных состояний анализируется изменения активности отделов центральной нервной системы в соответствии с увеличением отрицательного эмоционального состояния Θ , которое измеряется в относительных единицах от 0 до 1. Выделяются три характерные стадии развития отрицательного эмоционального состояния.

Первая стадия ($0 < \Theta < 0,3$) связана с получением слабых сигналов о возможной опасности и происходит "...настройка организма, подготовка его к встрече с ожидаемой опасностью".

Второй стадии ($0,3 < \Theta < 0,7$) соответствует "...состояние повышенной активности организма, сопровождающее целесообразное поведение, направленное на устранение опасности...". Развивается повышенная активность "двигательной" сферы организма, так как к данному моменту угроза становится очевидной и человек начинает активно вмешиваться в среду, чтобы устранить отрицательные раздражители ... движения становятся чрезмерными по всем динамическим признакам (скорость, ускорение, усилия).

Когда выход не найден, наступает третья стадия ($0,7 < \Theta < 1$). Возникает чувство бессилия справиться с ситуацией, и, как следствие, – оцепенение, которое "... характеризуется резким спадом активности и переходом в зону запредельного торможения".

Получены зависимости [2] между максимальными значениями скоростей отдельных людей и соответствующими им вероятностями $P(V_n)$, а также получены зависимости для математических ожиданий скоростей свободного движения людей в потоке от уровня эмоционального состояния $V_0 = f(\Theta)$.

Формулирование целей статьи. Разработка алгоритма индивидуально-поточного движения людей с учетом психофизических закономерностей движения.

Основная часть. Пусть на k -ой итерации в области эвакуации Ω_m находится N_k человек (эллипсов) с параметрами размещения

$u_{ki} = (x_{ki}, y_{ki}, \theta_{ki})$, $i = 1, 2, \dots, N_k$, где (x_{ki}, y_{ki}) – координаты размещения начала локальной системы координат, связанной с i -тым эллипсом E_i с размерами полуосей (a_i, b_i) , а θ_{ki} – угол его поворота. Для каждой точки с координатами (x_{ki}, y_{ki}) определяется вектор скорости $\bar{V}_{0,ki}^{\mathcal{E}} = (x_{ki,x}, y_{ki,y})$ и маневренности. Для каждого из эллипсов, попавших в область Ω_m , на каждом шаге (с заданным временным интервалом, например, 1 сек.) определяется основное направление, после чего (возможно) вносятся небольшие индивидуальные изменения характеристик (скорости, направления, ускорения и т.п.). Угол поворота эллипса θ_{ki} определяется между перпендикуляром к большой полуоси и вектором основного направления движения.

Тогда задача состоит в поиске максимума совместного перемещения (пройденного всеми индивидуумами суммарного расстояния) при ограничениях на угол поворота эллипсов, выбираемый в рамках маневренности, на непересечение эллипсов между собой и принадлежность их области с учетом минимально-допустимых расстояний, выбираемых из условий комфортности, а также с учетом психофизических закономерностей движения.

Предложен способ, в основе которого лежит последовательно-одиночное перемещение эллипсов (минимизация по группам переменных), этапы которого представлены в виде следующего алгоритма:

1. В зависимости от уровня эмоционального состояния людей \mathcal{E} в потоке выбирается математическое ожидание скорости свободного движения $\bar{V}_0^{\mathcal{E}} = f(\mathcal{E})$ по формуле [3]:

$$\bar{V}_0^{\mathcal{E}} = 49,25 - 9,27 \ln[-\lg P(V_n)].$$

Установлена зависимость между вероятностью $P(V_n)$ и уровнем эмоционального состояния \mathcal{E} :

$$\lg P(V_n) = \lg(0,1 + 1,284\mathcal{E}).$$

2. Область эвакуации задается в виде дерева (графа). Ребра – сегменты коридоров, вершины – перекрестки и точки "склейки" сегментов. Сегмент может иметь переменную ширину (линейно). Для каждой точки сегмента рассчитывается расстояние до выхода и направление основного движения.

3. На область эвакуации накладывается сетка с достаточно мелким шагом для определения плотности потока.

4. Эллипсы сортируются по возрастанию расстояния до выхода.

5. В порядке сортировки, для каждого из эллипсов по координатам положения центра и углу поворота определяются локальная плотность потока и основное направление движения.

6. В зависимости от локальной плотности потока, используя логарифмические соотношения Вебера-Фехнера [2], определяется скорость перемещения людей:

$$\bar{V}_{Dj}^{\mathcal{E}} = \bar{V}_{0j}^{\mathcal{E}} - \Delta \bar{V}_{Dj}^{\mathcal{E}} = \bar{V}_{0j}^{\mathcal{E}} (1 - \bar{R}_{Dj}) = \bar{V}_{0j}^{\mathcal{E}} (1 - \alpha_j \ln \frac{D_j}{D_{0j}}), \quad (1)$$

где $\bar{V}_{0j}^{\mathcal{E}}$ – средняя скорость движения, соответствующая уровню эмоционального состояния \mathcal{E} , $\Delta \bar{V}_{Dj}^{\mathcal{E}}$ – падение (изменение) скорости движения, вызванное увеличением плотности людского потока,

$$\bar{R}_{Dj}^{\mathcal{E}} = \frac{\Delta \bar{V}_{Dj}^{\mathcal{E}}}{\bar{V}_{0j}^{\mathcal{E}}} = \alpha_j \ln \frac{D_j}{D_{0j}} - \text{функция, которая не зависит от уровня}$$

эмоционального состояния, а отображает общую тенденцию влияния плотности потока на скорость и которая описывается соотношениями Вебера-Фехнера, D_j – значение локальной плотности людского потока, при котором определяется R_D , D_{0j} – пороговое значение плотности потока, по достижению которого она начинает ощущаться как воздействующий фактор по j – тому пути, α_j – эмпирический коэффициент, отображающий интенсивность воздействия плотности при движении по j – тому пути.

Значения искомых величин зависимостей (1) даны в таблице 1.

Таблица 1

Значение α_j и D_0 для различных видов (горизонтального) пути

Вид пути	α_j	$D_0, \text{чел./м}^2$
Горизонтальный в здании	0,295	0,51
...

7. Для выбранного основного направления движения в пределах угла маневренности перебирается дискретно определенное число направлений и среди них отыскивается направление, по которому за секунду удастся осуществить максимальное перемещение без нарушений границ сегментов и без пересечений с другими эллипсами.

8. Полученные значения скорости и расстояния корректируются соответственно с учетом скоростей каждой категории индивидов и с

учетом величины комфортности (учитываются силы “отталкивания” заданием расстояния между эллипсами).

Выводы. Таким образом, показана возможность учета психофизических закономерностей движения в потоке людей.

Литература

1. Komyak Va. A study of ellipse packing in the high-dimensionality problems / Va. Komyak, Vl. Komyak, A.Danilin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774. – 2017. – 1/4(85). – С.17–23.
2. Холщевников В.В. Обеспечение безопасной эвакуации людей с учетом стохастичности процесса распространения опасных факторов пожара в высотных зданиях / В.В. Холщевников, И.С. Кудрин // Пожаровзрывобезопасность. – 2013.– № 4. – С.38–51.
3. Холщевников В.В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: дис. ...д-ра техн. наук: 05.23.10 / Холщевников Валерий Васильевич. – М.,1983.

ВРАХУВАННЯ ПСИХОФІЗИЧНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ІНДИВІДУАЛЬНО-ПОТОЧНОГО РУХУ ЛЮДЕЙ

Комяк В.М., Комяк В.В., Данілін О.М.

В роботі розглядається підхід до врахування психофізичних закономірностей в алгоритмі індивідуально-поточного руху людей

Ключові слова: індивідуально-поточний рух людей, локальна оптимізація, психофізичні закономірності.

ACCOUNTING OF PSYCHOPHYSICAL REGULATIONS FOR MODELING OF INDIVIDUAL-AND-FLOW MOVEMENT OF PEOPLE

Komyak V., Komyak V., Danilin A.

The paper considers the approach to accounting for psychophysical regularities in the algorithm of individual-and-flow movement of people

Keywords: individual-and-flow movement of people, local optimization, psychophysical patterns.

УДК 519.6

ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В АДАПТИВНЫХ СИСТЕМАХ С МНОГОУРОВНЕВОЙ САМООРГАНИЗАЦИЕЙ

Мирошниченко И.В.,

Залевская О.В., к.т.н.

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)*

В статье рассматривается математическая модель определения экспериментальной среды погрешности параметров изделия. Необходимость описания их взаимодействия привела к использованию различных, иногда не совместимых формальных математических моделей. Вычисление суммарной погрешности, обусловленной совокупным действием всех учтенных источников погрешностей, является одной из самых сложных, если не самой сложной проблемой, которую приходится решать в процессе проектирования систем обработки экспериментальных данных (СОЭД). Сложность обусловлена большим количеством источников погрешностей или их групп и существенно различным характером их действия, а также необходимостью учета их взаимодействия, пренебрежение которыми может быть недопустимым, особенно в многоканальных СОЭД.

Ключевые слова: информационные технологии, адаптация, системы обработки экспериментальных данных, обобщённая точность.

Постановка проблемы. Большим количеством источников погрешностей или их групп и существенно различным характером их действия, а также необходимостью учета их взаимодействия, пренебрежение которыми может быть недопустимым, особенно в многоканальных СОЭД приводит к необходимости описывать их действие различными, зачастую несовместимыми, формальными математическими моделями. Экспериментальное определение параметров среды по принятой математической модели может оказаться очень трудоемким и дорогостоящим в большинстве PRAR – сейсмологии, акустике, астрономии и др.

Основой научной деятельности, связанной с экспериментами в конкретной предметной проблемной области (PRAR – Problem area), в ходе которых проверяются эмпирические знания, философские идеи, гипотезы, теории и создаются концепции, являются модели –

материальные *физические* и *виртуальные*. Например, в одной из самых неформализуемых PRAR, современной научной (аллопатической) медицине, физическими моделями являются различные заменители крови и лимфы, протезы, имплантаты и тому подобное. Виртуальные модели в медицине являются теоретической базой (инструментом) для построения этих физических аналогов частей организма (технические устройства жизнеобеспечения, имплантаты и т.п.).

Виртуальными моделями во многих PRAR являются *определения* (дефиниции, definition – DEF) и *графические* – GRAPH (рисунки, графики, чертежи, анатомические атласы, географические карты и т.п.). В биологии и медицине для постановки диагноза в большинстве случаев используются DEF и GRAPH.

Формальные *математические модели* (MM) в виде формул, таблиц, матриц и *графоаналитические модели* (MAGRA) в виде комбинации MM и GRAPH являются основой современной научной деятельности в большинстве PRAR.

Статические MM, описывающие состояния исследуемых объектов, и *динамические* MM, описывающие последовательности этих состояний, дают возможность использовать научные методы преобразования информации, гарантируя ее достоверность после преобразования в системах обработки экспериментальных данных (СОЭД).

Отрасль науки и техники, занимающаяся проектированием, производством и использованием систем переработки информации, использует так называемые информационные технологии (ИТ), определяемые как триединство “*математическая модель-алгоритм-программа*”.

Алгоритм обеспечивает возможность применения математических, например, численных методов, к решению поставленной задачи (или комплекса задач по данной проблеме), что открывает возможность применения ЭВМ.

Программа же дает возможность использования вполне определенных методов обработки, например, цифровых. Отсюда видна ключевая роль MM в ИТ: модель должна быть адекватна фрагменту объективной реальности, отвечая требованиям достоверности получаемых выводов.

Несоответствие реального процесса приписываемой ему MM, называемое *погрешностью классификации*, оценка которой составляет основную проблему научного эксперимента в любой PRAR при использовании СОЭД. Повышение эффективности использования MM невозможно без разработки алгоритмического и технического обеспечения СОЭД и задач анализа свойств самих MM. Поэтому ИТ

является местом столкновения противоречий между желанием обеспечить максимально возможное время эксплуатации проектируемых СОЭД и тенденцией к все более ускоряющейся смене инструментальных средств, составляющих материальную основу СОЭД в целом.

Анализ последних исследований и публикаций. Прикладные исследования в различных PRAR направлены, в основном, на выработку рекомендаций для различных этапов жизненного цикла LT (LT – Life cycle Time) любых технических систем (ТС), в том числе и СОЭД. Поэтому *“формирование математических моделей нельзя полностью переложить на плечи математиков. При таком подходе существует опасность “выхолащивания” моделей, отрыва их от предмета исследований. Отсутствие “хороших” математических моделей – тормоз, мешающий вскрыть немалые резервы повышения производительности научного труда на основе вычислительного эксперимента”* [2].

Следует отметить, что понятие “хорошая модель” в большинстве случаев не формализовано и любую ММ необходимо анализировать и применять только для вполне определённых PRAR. Некоторые черты реальности могут не получить отражения в ММ, т.к. могут считаться или несущественными для моделирования или их невозможно формализовать. Но так как число связей между различными системами возрастает, а имеющиеся ресурсы ограничены по различным причинам, то появляется необходимость в поиске только наилучших решений все более усложняющихся задач.

Для многих PRAR в качестве ММ принимаются случайные процессы $\xi(t)$, описываемые вероятностными характеристиками (ВХ): многомерными функциями (законами) распределения, моментными функциями, характеристическими функциями и т.д. [4]. В основе же экспериментальных исследований в большинстве PRAR чаще всего лежит вычисление оценок этих ВХ, называемых статистическими характеристиками (СХ), по результатам измерений параметров сигналов $x(t)$ от первичных измерительных преобразователей (далее – датчиков) СОЭД. То есть методы вычисления СХ ММ в виде $\xi(t)$, предполагают работу со случайными сигналами $x(t)$ и помехами $n(t)$.

Выбор СХ в общем случае включает элемент эвристики и принципиально неоднозначен. В теории примером тому является выделение классов неэргодических и нестационарных $\xi(t)$, для которых использование ВХ не допускает даже косвенной проверки сходимости СХ к ВХ. При ограниченной информации о $\xi(t)$ возникает необходимость в адаптации – способности СОЭД модифицировать себя или внешнюю среду при изменении условий функционирования с

целью компенсации (хотя бы частичной) потери эффективности функционирования.

Адаптация – это высшая ступень автоматизации систем, приводящая к появлению качественно нового свойства в их функционировании. Принцип построения адаптивных СОЭД основан на вычислении СХ по результатам измерения параметров $x(t)$, их запоминания (формирования базы данных) и введения в функционал обработки СОЭД. Для СОЭД адаптация характеризуется не только наличием устройств измерения и обратных связей, но и наличием в составе СОЭД анализаторов результатов измерений, наделенных свойством памяти и обладающих способностью принимать решения на основе аналитических и формальных логических выводов [3].

С системной точки зрения адаптация представляет собой процесс непрерывной *оптимизации*, при которой адаптивная СОЭД должна, по крайней мере, в течение некоторого времени, поддерживать свою оптимальность. Однако оптимизация структуры СОЭД на практике затруднительна, так как невозможно задать вид и количество СХ из-за неоднородности помех $n(t)$ и условий работы в различных PRAR. При этом остается невыясненной оптимальность всей процедуры в целом, т.к. вид СХ выбирается с позиций *теории измерений*, предполагающей получение СХ с некоторой погрешностью, а функционал обработки в СОЭД – с позиций *теории проверки гипотез*, предполагающей наличие полной информации о сигналах $x(t)$ и помехах $n(t)$ [9]. Информационно-измерительный подход гарантирует совместимость различных множеств СХ, вычисляемых по *результатам измерений*. Это дает возможность разработать общие для всех систем, их узлов и блоков СОЭД, а также сред распространения сигналов (носителей информации) методологию вычисления СХ и *оптимально* их согласовать, что может позволить уменьшить завышенные требования к элементам СОЭД и значительно уменьшить затраты ресурсов на различных этапах ЛТ.

Понимая под *оптимизацией* достижение наилучшего результата функционирования СОЭД из множества возможных вариантов ее построения, на уровне системного анализа в составе СОЭД необходимо рассматривать устройство измерения, в качестве которого чаще всего используется информационно-измерительная система (ИИС), блок вычисления СХ и блок анализа и принятия решений. Оценка эффективности СОЭД для любой PRAR должна предусматривать совместный анализ эффекта от её применения при выполнении условий, реализующих принятые принципы и затрат на его достижение.

Технические критерии (их много) отражают технический

уровень СОЭД и степень её пригодности для решения поставленных задач. Однако оценка эффективности по техническим критериям носит односторонний характер и является недостаточной, за исключением тех, случаев, когда сняты ограничения на затраты ресурсов.

Экономические критерии, более общие и универсальные, не отражают, в большинстве случаев, технического совершенства и динамики работы СОЭД.

Технико-экономические комплексные критерии являются предпочтительными при формировании оценки эффективности, представляющей собой минимум статистической погрешности при ограничениях на затраты ресурсов, так как СОЭД имеют возможность воздействия на объект измерений с целью приближения к $EXTR_{MIN}^{MAX}$ целевой функции эксперимента – погрешности, надежности, затрат и стоимости ресурсов и т. д. [3].

Формулирование целей статьи. При использовании технико-экономических критериев задача оптимизации адаптивной СОЭД сводится к последовательному выполнению трех основных этапов:

- 1) получению аналитических зависимостей для целевых функций, например, погрешности измерений, являющейся определяющим показателем качества системы;
- 2) нахождению математических соотношений для задач оптимизации;
- 3) принятия решения по одному из выбранных (или разработанных) критериев.

Для большинства технических систем возможны четыре вида адаптации [3]:

1. *Внешне-внешняя*, когда система реагирует на внешние изменения модификацией своего окружения (выключение, в том числе и уничтожение, внешних источников помех; экранирование; перенос самой системы в другое место;

2. *Внешне-внутренняя*, при которой система реагирует на внешние изменения модификацией самой себя, например, изменением структуры оптимального приемника сигналов при изменении характера помех, включая самоликвидацию;

3. *Внутренне-внешняя*, при которой система реагирует на внутренние изменения модификацией своего окружения (включение внешних источников питания при энергетической адаптации, включение внешнего резерва при отказах, а также любые приемы дублирования и многократного резервирования и т.д.;

4. *Внутренне-внутренняя*, при которой система при внутренних изменениях модифицирует сама себя. Примером могут служить СОЭД с адаптивными приемниками с внутренним контуром

адаптации.

Адаптивные СОЭД должны непрерывно решать оптимизационные задачи, или, иначе говоря, решать задачи экстраполяции ММ (прогноза) $\xi(t)$, которые позволяют оценивать будущие значения $\xi(t)$ по результатам измерения прошлых и текущих значений $x(t)$. К наиболее точным, хотя и громоздким, способам прогнозирования относятся методы моделирования на ЭВМ, в первую очередь имитационного [3]. Предсказанные тем или иным способом значения параметров $\xi(t)$ являются исходными данными для выработки и принятия решения.

Для стационарных гауссовых $\xi(t)$ достаточно полно разработаны теория и практики применения следующих СХ: математического ожидания $M[x(t)]$ и дисперсии $\sigma^2(x)$; менее полно – моментов выше второго порядка (начальных – α_k и центральных – μ_k), кумулянтов C_k и некоторых других СХ [4].

В социологических и экономических исследованиях, экологическом мониторинге, геофизике, сейсмологии, астрономии и других PRAR в качестве ММ чаще всего принимаются негауссовые и нестационарные $\xi(t)$, для которых теория и практика вычисления оценок СХ разработаны в меньшей степени [1].

Основная часть. Рассмотрены особенности проектирования СОЭД при вычислении различных СХ стационарных гауссовых и негауссовых $\xi(t)$ и помех $n(t)$, в том числе и высоких порядков, а также СХ, не имеющие аналогов в теории вероятностей.

Комплексирование статистических измерений – метод повышения точности вычисления оценки основной СХ, за счет дополнительных одновременных измерений для вычисления оценки одной (или более) дополнительной СХ, имеющей с основной СХ определенную связь и используемую для уменьшения погрешности вычисления основной СХ, причем в каналах измерения СХ могут использоваться как прямые, так и косвенные, совокупные и совместные измерения. Целью комплексирования является получение более высокой, чем у одноканальной СОЭД, точности.

Это обусловлено тем, что комплексированная одноканальная СОЭД по отношению к основной СХ оказывается “как бы многоканальной” (двух и более), так как вычисляемые СХ чаще всего связаны *статистически*. В такой “многоканальной” СОЭД суммирование полезных сигналов $x(t)$ оказывается близким к арифметическому, а помех $n(t)$ – к геометрическому, в результате чего относительная интенсивность помех уменьшается [1].

При этом могут использоваться различные методы так

называемой “стационаризацией”, так как во многих случаях, например, при исследованиях реверберационной помехи в активной сейсмологии и гидроакустике [4, 5], являющейся специфической помехой, необходим учет внутренних неоднородностей среды. Поэтому главным “инструментом” при вычислении параметров сред по результатам измерения должна быть СОЭД с элементами самоорганизации, основа работы которой состоит в использовании постоянно обновляемых знаний о PRAR. Для нестационарных и неэргодических $\xi(t)$ при стохастической экстраполяции возможно использование адаптации в виде так называемых “обучающихся алгоритмов” (или фильтров), использующих самые разные информативные параметры.

Появление таких СОЭД обусловлено общими законами эволюции систем, на основании которых можно сформулировать основные задачи разработчиков СОЭД:

1) для автоматизированных СОЭД необходимо в алгоритмы и “металл” закладывать возможности самоорганизации (адаптации по скорости обработки, повышению точности, возможности комплексирования измерений и т. д.);

2) пользователям СОЭД должна быть предоставлена возможность изменения взаимодействия с системой в зависимости как от вида входных $x(t)$, подлежащих обработке по фиксированным программам, так и от состояния базы данных по PRAR.

Определяющим показателем качества, по которому принимается решение оценивать качество любой продукции (ГОСТ 15467-79), для СОЭД может быть принят (ГОСТ 4.199-85 и ГОСТ 8.438-81) предел допустимых (основной и дополнительной) погрешностей. Если при определении этих погрешностей учитываются все (или все существенные) источники погрешностей, рассматриваемые в теориях аппаратурной точности, надежности, помехозащищенности, электромагнитной совместимости (ЭМС), то точность такой системы будем называть *обобщенной точностью*, характеризуемой совокупностью показателей или *точностью в широком смысле* [5, 6].

При учете лишь методических, аппаратурных и погрешностей от физических неопределенностей (от неточного знания физических законов и мировых констант), влияние которых разработчик не в состоянии полностью устранить, точность системы называется *аппаратурной точностью* или *точностью в узком смысле* [4].

Вычисление суммарной погрешности, обусловленной совокупным действием всех учтенных (или, что важнее – существенных) источников погрешностей, является одной из самых сложных, если не самой сложной проблемой, которую приходится решать в процессе проектирования СОЭД.

Выводы. Большим количеством источников погрешностей или их групп и существенно различным характером их действия, а также необходимостью учета их взаимодействия, пренебрежение которыми может быть недопустимым, особенно в многоканальных СОЭД приводит к необходимости описывать их действие различными, зачастую несовместимыми, формальными математическими моделями. Экспериментальное определение параметров среды по принятой математической модели может оказаться очень трудоемким и дорогостоящим в большинстве PRAR – сейсмологии, акустике, астрономии и др.

Литература

1. Марчук М.А. Обобщенная точность систем обработки экспериментальных данных / М.А. Марчук, И. В. Мирошниченко // Научный журнал Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – Луганск, 2012. – № 8 (179) Ч 2. – С.121-130.
2. Детлінг В.С. Вибір параметрів адаптивних систем обробки експериментальних даних / В.С. Детлінг, І.В. Мірошниченко, В.І.Павленко, В.О Тихоход // Адаптивні системи автоматичного управління: міжвідомчий науково-технічний збірник. – Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, 2012.– Вип. 20(40). – С.41-51.
3. Воллернер Н.Ф. Выбор оптимальной длительности реализации при аппаратном анализе случайных процессов / Н.Ф. Воллернер // Изв. ВУЗов СССР, радиофизика. – 1966. – №4. – С. 737-740.
4. Норенков И.П. Информационная поддержка наукоёмких изделий (CALS-технологии) / П.К. Кузьмик. – М.: Изд. МВТУ им. Н.Э Баумана, 2002.
5. Мирошниченко И. В. Формирование математической модели волнистости по результатам вычисления шероховатости протяженных изделий / И. В. Мирошниченко // “Технологический аудит и резервы производства”. – № 2/1 (16). – Харьков 2014. – С.11-15.
6. Мирошниченко И. В. Об одном способе классификации статистических измерительных задач / И. В. Мирошниченко // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки: зб. наук. праць Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова Національної академії наук України. – Кам'янець-Подільський: Національний університет ім. Івана Огієнка, 2012.– Вип. 7. – С.132-139.

ОБРОБКА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫХ ДАНИХ В АДАПТИВНЫХ СИСТЕМАХ С БАГАТОРІВНЕВОЮ САМООРГАНІЗАЦІЄЮ

Мірошніченко І.В., Залевська О.В.

У статті розглядається математична модель визначення експериментальної середовища похибки параметрів виробу. Необхідність опису їх взаємодії привела до використання різних, іноді несумісних формальних математичних моделей. Обчислення сумарної похибки, обумовленої сукупною дією всіх врахованих похибок, є однією з самих складних, якщо не найскладнішою проблемою, яку доводиться вирішувати в процесі проектування систем обробки експериментальних даних (СОЕД). Складність обумовлена великою кількістю похибок або їх груп і істотно різним характером їх дії, а також необхідністю врахування їх взаємодії, нехтування якими може бути неприпустимим, особливо в багаторівневих СОЕД.

Ключові слова: інформаційні технології, адаптація, системи обробки експериментальних даних, узагальнена точність.

EXPERIMENTAL DATA PROCESSING IN ADAPTIVE SYSTEMS WITH MULTI-LEVEL SELF-ORGANIZATION

Miroshnichenko I., Zalevska O.

The mathematical model of determining the experimental environment of the product parameters error is considered in the article. The need to describe their interaction led to the use of various, sometimes incompatible, formal mathematical models. The calculation of the total error due to the cumulative effect of all the considered sources of errors is one of the most difficult, if not the most difficult, problem to be solved in the design of the EEA. The complexity is caused by a large number of sources of errors or their groups and by a significantly different nature of their action, as well as the need to take into account their interaction, which can be inadmissible, especially in multi-channel EEDS.

Key words: information technologies, adaptation, experimental data processing systems, generalized accuracy.

УДК 514.182.7: 519.651

ВАРІАТИВНЕ ДИСКРЕТНЕ ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Найдиш А.В., д.т.н.,

Балюба І.Г., д.т.н.,

Верещага В.М., д.т.н.,

Спірінцев Д.В., к.т.н.

Мелітопольська школа прикладної геометрії,

Мелітопольський державний педагогічний університет

імені Богдана Хмельницького (Україна)

У роботі дається загальна характеристика варіативного дискретного геометричного моделювання (ВДГМ), як окремого напрямку прикладної геометрії зі своїм теоретичним обґрунтуванням та набором практичних методів і засобів.

Ключові слова: варіативне дискретне геометричне моделювання (ВДГМ), геометричний образ (ГО), дискретна геометрична модель, дискретне геометричне моделювання (ДГМ), дискретно подана крива (ДПК), точність моделювання.

Постановка проблеми. Одним з актуальних на теперішній час видів геометричного моделювання є дискретне геометричне моделювання (ДГМ). Взагалі, можна визначити ДГМ, як напрямок моделювання, де вихідні дані і результати моделювання подані в дискретній формі. При цьому виключається стан аналітичного представлення функцій наближення, що підвищує точність та стійкість обчислювальних процесів.

Дослідження з ДГМ вчених Мелітопольської школи прикладної геометрії охоплюють значний спектр задач моделювання (інтерполяції, апроксимації, диференціювання, інтегрування та ін.), спираючись та розвиваючи власні оригінальні ідеї, що ґрунтуються і ув'язані з загальними положеннями геометричної і математичної теорії і практики моделювання. Всі ці дослідження об'єднує одна фундаментальна ідея - *варіативність*: в результаті моделювання визначається не значення параметру, а інтервал його припустимих значень, з якого і обирається це значення. Варіативність розв'язку є характерною ознакою цих досліджень на відміну від інших відомих [1,2,3] і тому цей напрямок ДГМ названо *варіативним дискретним геометричним моделюванням (ВДГМ)*.

За період з 1995 по т.ч. вчені Мелітопольської школи захистили 3 докторських (Балюба І.Г., Верещага В.М., Найдиш А.В.) та 11 кандидатських дисертацій та плідно продовжують цю роботу,

результати якої висвітлені в понад 300 публікаціях у фахових виданнях, що підтверджує наукове та практичне значення цього напрямку ДГМ. Проблема полягає у визначенні та відокремленні ідей та теорії, методів та засобів, теоретичних і прикладних полів досліджень ВДГМ із загального арсеналу ДГМ. Робота у цьому напрямку допоможе висвітлити зв'язки між напрямками і методами ДГМ, визначити перспективи та напрями розвитку кожного з них та напрямку ДГМ в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші дослідження мелітопольських вчених з теорії та практики ДГМ відносяться до 80-х років 20 століття. Ідеологом та керівником цих досліджень був засновник Мелітопольської школи прикладної геометрії – Найдиш Володимир Михайлович, йому належить більшість плідних ідей, що були втілені у кандидатських та докторських дисертаціях. Починаючи з 90-х років у його публікаціях [4, 7, 9, 10] систематично та поступово викладались результати проведених досліджень з ДГМ (тоді ще не названого ВДГМ), робився порівняльний аналіз розроблених методів, аналізувались перспективи та проблеми подальшого розвитку напрямку [8]. Значна увага приділялась розробці теоретичних основ ДГМ [5], зокрема, проблемам термінології та трактування основних понять. Систематично публікувались оглядові матеріали про стан розробок та загальну структуру напрямку та його складових [7, 9, 10]. Таким чином, на теперішній час можна вважати, що наукова спільнота достатньо ознайоmlена з теоретичними доробками та практичними методами напрямку ВДГМ, хоча розвиток напрямку продовжується, розробляються нові методи, уточнюється понятійний апарат та термінологія.

Формування цілей статті. Метою статті є систематизація та уточнення змісту, основних положень та особливостей напрямку ВДГМ.

Основна частина. ВДГМ – це окремий напрямок ДГМ, у якому результат моделювання обирається з інтервалу припустимих значень у відповідності з задачею.

Зміст ВДГМ – сукупність методів варіативного дискретного отримання розв'язку, що ґрунтуються на дискретному представленні геометричних образів і мають спільну теоретично-методологічну основу, яка включає:

- аксіоми, термінологію, визначення ВДГМ;
- припущення та обмеження ВДГМ;
- формулювання та обґрунтування основних вимог ВДГМ;
- твердження, які є доказовою базою розробки методів ВДГМ;
- питання узгодження теорії ВДГМ і теорії моделювання;
- способи дискретного представлення неперервних ГО та методів

перетворення дискретної інформації для відповідності її до вимог задач моделювання;

- визначення та обґрунтування виду та характеристик моделей ВДГМ з метою їх подальшого використання при моделюванні явищ і процесів;
- методи аналізу геометричних задач ВДГМ, а також вихідної інформації і результатів моделювання з метою установлення адекватності моделі і підвищення точності моделювання;
- загальні положення та алгоритми розв'язання певного класу задач;
- якісні характеристики задач моделювання (збіжність обчислювального процесу, оцінки похибок моделювання, тощо).

Концептуальною основою ВДГМ є варіативність розв'язку, вибір шуканого результату із множини припустимих.

Геометричною основою ВДГМ є побудова смуги припустимих значень;

Обчислювальною основою ВДГМ є розв'язання систем нерівностей.

Розглянемо основні теоретичні положення ВДГМ.

Об'єкт дослідження ВДГМ - це дискретно представлений ГО.

ГО – це множина точок, для якої властиві певні метричні, позиційні, дифференціально-геометричні властивості. Ця множина може бути зв'язною - неперервний ГО (крива лінія, поверхня, геометрична фігура ...) або дискретною (графік довільного дискретного процесу, наприклад, графік температур за певні часові проміжки тощо).

ГО є заданим у просторі віднесення, коли є дискретне представлення ГО (геометрична частина визначника) і алгоритм побудови з заданою точністю довільної точки ГО (алгоритмічна частина визначника).

У випадку неперервного ГО ВДГМ розглядає дискретне представлення ГО (дискретизацію) на деякій сітці, а потім для отриманої дискретної множини виконується ВДГМ. Дискретне представлення може бути у вигляді таблиці, дискретного точкового ряду (системи таких рядів для багатовимірних образів), у вигляді деякого різницевого рівняння або системи таких рівнянь. Алгоритм побудови довільної точки ГО впливає із змісту розв'язуваної задачі.

У випадку дискретного ГО проблеми завдання немає, оскільки є дискретна множина точок (таблиця або точковий ряд), який задає дискретний ГО. Завданням ВДГМ може бути перетворення вхідної множини точок у іншу, теж дискретну, на тій же сітці, за певним критерієм моделювання. І у вихідному, і у остаточному вигляді дискретний ГО є заданим.

Обов'язкова вимога ВДГМ: дискретна множина точок повинна

бути упорядкованою.

Предмет дослідження ВДГМ - співвідношення між елементами дискретного подання ГО або його характеристиками, що визначаються вимогами задачі.

ВДГМ заданого ГО є некоректним (невизначеним) якщо не визначений клас або властивості моделюючих функцій або певний алгоритм ВДГМ. ВДГМ, на відміну від неперервного моделювання, оперує більш широкими властивостями функцій, що виходять за межі певного класу (наприклад: неосцилюючі; з заданими точками перегину; опуклі, тощо). Від цього залежить алгоритм розв'язання задачі. Звуження властивостей дискретних функцій (наприклад, до поліномів), як правило, погіршує результат моделювання, оскільки моделююча функція «нав'язує» розв'язку свої властивості, і можливо, не в кращому сенсі. Завдання алгоритму ВДГМ без орієнтації на певний клас функцій є пріоритетним в ВДГМ (алгоритми згущення, диференціювання і т. ін.).

Головна риса ВДГМ (головна перевага) - цілеспрямований вибір розв'язку із області його припустимих значень (де виконуються умови моделювання), а не його детермінований розрахунок. Ця властивість ВДГМ дає варіативність розв'язку, що дозволяє виконувати додаткові (можливо неформалізовані) умови задачі, проводити локальне моделювання та корекцію розв'язку, дає можливість обійти проблему нестійкості різницевих схем. Одна головних вимог неперервного моделювання - єдиність розв'язку, але недотримання цієї умови при ВДГМ дає можливість отримати оптимальний розв'язок, що більш важливе, ніж його єдиність. Приведемо визначення двох значних складових ВДГМ, що будуються на основі цих міркувань.

Дискретне диференціювання – це обчислювальний процес цілеспрямованого вибору значень похідних (із множини припустимих) у вузлах наявної ДПК, виходячи з вимог задач моделювання.

Його відмітні особливості:

- визначення граничних значень похідної в заданому вузлі;
- вибір значення похідної всередині побудованого поля допуску з урахуванням додаткових вимог формоутворення кривої (повнота, симетрія, гладкість і т.п.).

Основні етапи його реалізації:

- визначення диференціально-геометричних характеристик ДПК (опуклість, обмеженість значень старшої похідної і т.п.);
- узгодження критерію і значень точності наближення;
- вибір способу наближення;
- розробка обчислювального алгоритму реалізації способу наближення.

Дискретне інтегрування – це обчислювальний процес визначення (вибору із множини припустимих значень) координат точок первісної ДПК за заданими початковими або граничними умовами у наявному векторному полі, кожна точка якого сформована під дією заданого або тільки представленого (у т.ч. і наявною ДПК) диференціального рівняння, а вектори поля є дотичними до первісної кривої у точках її ДПК.

Точність ВДГМ. У процесі ВДГМ вихідна дискретна інформація перетворюється на дискретну інформацію розв’язку, обминаючи етап її “аналітичної заміни”. Це значно підсилює ДГМ і підвищує його точність. Поняття „точність моделювання” певною мірою невизначене і має якісний характер, що спирається на певні узагальнення і висновки, які можна конкретизувати, якщо є аналітичний опис показника моделювання. Тому в багатьох випадках за основу міркувань береться не похибка, а її оцінка, яка може значно перевищувати величину абсолютної похибки. До визначення оцінки похибки прибігають тоді, коли істинне значення невідоме, як це найчастіше і буває, але відомі властивості модельованої функції (диференційованість, обмеженість старшої похідної тощо).

При використанні ітераційних способів наближень, оцінка похибки можлива за умови збіжності процесу моделювання. Перед тим, як проводити ітерації, необхідно визначити обмеження на параметри моделювання, при яких процес ітерацій є збіжним. Збіжність процесу ітерацій можна довести, якщо відомі геометрична або обчислювальна його схеми. Наприклад, при згущенні опуклого точкового ряду ДПК за методом тотожностей [6] з кожним кроком половинного згущення на рівномірній сітці значення другої скінченої різниці δ_i зменшується приблизно в 4 рази. Що доказує збіжність процесу. Похибка, що має порядок $O(h^2)$, теж зменшується в 4 рази. Тоді

$$\Delta_s = \left| \bar{\delta}_i - \delta_i^{(s)} \right|, \quad \Delta_{s+1} = \left| \bar{\delta}_i - \delta_i^{(s+1)} \right|, \quad \Delta_s = 4\Delta_{s+1},$$

$$\Delta_{s+1} \leq \frac{1}{3} \left| \delta_i^{(s)} - \delta_i^{(s+1)} \right|.$$

Звідси висновок: якщо в двох послідовних ітераціях у значеннях $\delta_i^{(s)}$ і $\delta_i^{(s+1)}$ однакові k знаків, то всі вони вірні [11]. Таким чином за результатами двох послідовних ітерацій визначається оцінка похибки наближення.

Досвід багаторічних науково-практичних дослідження дозволяє сформулювати *вимоги щодо методів ВДГМ*:

– локальність розрахунків і на цій основі широка корекція

результату моделювання, що скорочує час і прискорює отримання бажаного розв'язку;

- запобігання осциляції як самого ГО в процесі моделювання, так і його численних характеристик, у т.ч. похідних, що є основою досягнення високої точності;
- простота обчислювальних алгоритмів, що є запорукою їх стійкості та досягнення високої точності, як за рахунок зменшення та спрощення розрахунків. так і за рахунок роботи самих алгоритмів.

Висновки. Розглянуто загальна характеристика *варіативного дискретного геометричного моделювання*, як окремого напрямку ДГМ, у якому результат моделювання обирається з інтервалу припустимих значень у відповідності з задачею. Зміст та рівень теоретичних досягнень і численність практичних методів дискретного геометричного моделювання, об'єднаних єдиною ідеєю *варіативності* розв'язку, дають значні переваги в досягненні точності та адекватності моделювання. У наступних публікаціях планується розглянути обчислювальні та прикладні особливості напрямку ВДГМ.

Література

1. Ковальов С.М. Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций: дис. ... докт. техн. Наук / С.М. Ковальов. – Москва, 1986.
2. Грибов С.М. Дискретна геометрія інтерактивного конструювання кінематичних поверхонь на основі скінченних сум: дис. ... докт. техн. Наук / С.М. Грибов. – Київ, 1994.
3. Пугачов Є.В. Дискретне геометричне моделювання скалярних і векторних полів стосовно будівельної світлотехніки: дис. ... докт. техн. Наук / Є.В. Пугачов. – Київ, 2001.
4. Найдыш В.М. Направления развития теории дискретного геометрического моделирования / В.М.Найдыш // Материалы Всеукраинской научно-методической конференции «Геометричне моделювання. Інженерна та комп'ютерна графіка». – Харьков, 1993. – С. 7.
5. Найдыш В.М. Теоретические основы дискретного геометрического моделирования / В.М. Найдыш // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К, 1995. – Вып.58. – С.25-29.
6. Найдыш В.М. Перспективы развития геометрического моделирования / В.М.Найдыш // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К, 1996. – Вып.60. – С.15-19.
7. Найдыш В.М. Досвід та перспективи дискретного геометричного моделювання / В.М. Найдыш, А.В. Найдыш // Материалы украинско-российской научно-практической конференции «Современные проблемы геометрического моделирования». Спец. вып. – Харьков,

2005. – С.40-45.
8. Найдыш В.М. Актуальные проблемы дискретного геометрического моделирования / В.М. Найдыш // Геометричне та комп'ютерне моделювання / Харківський держ. університет харч. та торгівлі. – Вип.13. – Харків, 2005. – С.7-16.
 9. Найдыш В.М. Развитие Мелітопольської наукової школи з прикладної геометрії / В.М. Найдыш //Сб. тр. VII Международной научно-практической конференции «Современные проблемы геометрического моделирования». – Мелітополь, 2003. – С.3-8.
 10. Найдыш В.М. Дискретне геометричне моделювання: сутність, особливості, різновиди / В.М. Найдыш // Праці/Таврійська державна агротехнічна академія. – Вип. 24. – Мелітополь: ТДАТА, 2004. – С.100-105.
 11. Волков Е.А. Численные методы / Е.А. Волков. – М.: Наука, 1987. – 248 с.

ВАРИАТИВНОЕ ДИСКРЕТНОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Найдыш А.В., Балюба И.Г., Верещага В.М., Спиринцев Д.В.

В работе дается общая характеристика вариативного дискретного геометрического моделирования (ВДГМ), как отдельного направления прикладной геометрии со своим теоретическим обоснованием и набором практических методов и средств.

Ключевые слова: вариативное дискретное геометрическое моделирование (ВДГМ), геометрический образ (ГО), дискретная гео-метрических модель, дискретное геометрическое моделирование (ДГМ), дискретно представлена кривая (ДПК), точность моделирования.

VARIATIVE DISCRETE GEOMETRICAL MODELING

Naidysh A., Balyuba I., Vereshchaga V., Spirintsev D.

The paper gives a general description of variational discrete geometric modeling (VDGM) as a separate direction of applied geometry with its theoretical justification and a set of practical methods and tools.

Key words: variational discrete geometric modeling, geometric image, discrete geometric model, discrete geometric modeling, discrete representation of the curve (DPC), accuracy of modeling.

УДК 514.18

ВІДНЕСЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДО ІЗОМЕТРИЧНИХ КООРДИНАТ ШЛЯХОМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНВЕРСІЄЮ ЦИЛІНДРІВ ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ

Пилипака С.Ф., д.т.н.,

Кремець Т.С., к.т.н.,

Несвідоміна О.В., аспірант*

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України (Україна, м. Київ)*

В роботі розглянуто інверсію циліндрів загального виду, віднесених до ізометричних координат. Координатними лініями циліндрів є прямолінійні твірні і криві ортогонального перерізу. Щоб сітка була ізометричною, крива поперечного перерізу повинна бути задана параметричними рівняннями у функції довжини дуги. Після інверсії циліндр перетворюється у циклічну поверхню, теж віднесену до ізометричних координат.

Ключові слова: циліндрична поверхня, перетворення інверсією, ізометричні координати.

Постановка проблеми. При віднесенні поверхні до ізометричних координат крайні члени першої квадратичної форми стають рівними, середній дорівнює нулю, а нескінченно малий елемент сітки перетворюється у квадрат. Такий координатний запис поверхні зручний для практичного використання, зокрема, для конформного відображення геометричних елементів на поверхню, а також нанесення на неї плоских рисунків [1, 2]. Тільки обмежений клас поверхонь можна віднести до ізометричних координат. Це мінімальні поверхні, деякі поверхні обертання, циліндри, у яких крива поперечного перерізу може бути аналітично описана у функції довжини дуги. Відомо, що при інверсії поверхні ізометрична сітка ліній кривини перетворюється в аналогічну сітку на новій поверхні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перехід від прямокутних координат на поверхнях обертання до ізометричних здійснюється за певним алгоритмом, розглянутим в праці [3]. Особливості перетворення конуса в цикліду Дюпена, віднесену до ізометричних координат, розглянуто в праці [4]. Особливе місце належить кулі, оскільки її можна відносити до різноманітних ізометричних сіток координатних ліній. Один із способів їх знаходження є побудова сферичного відображення мінімальних

* Науковий керівник – д.т.н., професор Пилипака С.Ф.

поверхонь [5].

Формулювання цілей статті. Розробити спосіб конструювання циклічних поверхонь, віднесених до ізометричних координат, шляхом перетворення інверсією циліндрів загального виду.

Основна частина. Оскільки однією сім'єю координатних ліній циліндра є множина прямолінійних твірних, то при інверсії всі вони перетворюються в кола. Таким чином, сім'я прямолінійних твірних циліндричної поверхні після інверсії перетворюється в сім'ю кіл, тобто перетворена поверхня є циклічною. Нехай крива ортогонального перерізу циліндра задана параметричними рівняннями у функції довільного параметра t :

$$x = x(t); y = y(t). \quad (1)$$

Параметричні рівняння циліндричної поверхні із прямолінійними твірними, паралельними осі Oz , запишуться:

$$X = x(t) + x_0; \quad Y = y(t) + y_0; \quad Z = u + z_0, \quad (2)$$

де u – друга змінна поверхні – довжина прямолінійної твірної;

x_0, y_0, z_0 – координатні відрізки зміщення поверхні відносно початку координат. Оскільки полюс інверсії знаходиться в початку координат, то по суті вони задають зміщення поверхні відносно полюса інверсії.

Інверсію поверхні (2) здійснимо за допомогою сфери одиничного радіуса при допомозі наступних формул [4]:

$$\begin{aligned} X_i &= \frac{x + x_0}{(x + x_0)^2 + (y + y_0)^2 + (u + z_0)^2}; \\ Y_i &= \frac{y + y_0}{(x + x_0)^2 + (y + y_0)^2 + (u + z_0)^2}; \\ Z_i &= \frac{u + z_0}{(x + x_0)^2 + (y + y_0)^2 + (u + z_0)^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Знайдемо першу квадратичну форму поверхні (3). Для цього візьмемо частинні похідні. Частинні похідні по змінній t будуть:

$$\begin{aligned} \frac{\partial X_i}{\partial t} &= \frac{x'[(x + x_0)^2 + (y + y_0)^2 + (u + z_0)^2] - 2(x + x_0)[x'(x + x_0) + y'(y + y_0)]}{[(x + x_0)^2 + (y + y_0)^2 + (u + z_0)^2]^2}, \\ \frac{\partial Y_i}{\partial t} &= \frac{y'[(x + x_0)^2 + (y + y_0)^2 + (u + z_0)^2] - 2(y + y_0)[x'(x + x_0) + y'(y + y_0)]}{[(x + x_0)^2 + (y + y_0)^2 + (u + z_0)^2]^2}, \\ \frac{\partial Z_i}{\partial t} &= -\frac{2(u + z_0)[x'(x + x_0) + y'(y + y_0)]}{[(x + x_0)^2 + (y + y_0)^2 + (u + z_0)^2]^2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Запишемо частинні похідні по змінній u :

$$\begin{aligned}\frac{\partial X_i}{\partial u} &= -\frac{2(u+z_0)(x+x_0)}{\left[(x+x_0)^2 + (y+y_0)^2 + (u+z_0)^2\right]^{\frac{3}{2}}}; \\ \frac{\partial Y_i}{\partial u} &= -\frac{2(u+z_0)(y+y_0)}{\left[(x+x_0)^2 + (y+y_0)^2 + (u+z_0)^2\right]^{\frac{3}{2}}}; \\ \frac{\partial Z_i}{\partial u} &= -\frac{(x+x_0)^2 + (y+y_0)^2 + (u+z_0)^2}{\left[(x+x_0)^2 + (y+y_0)^2 + (u+z_0)^2\right]^{\frac{3}{2}}}.\end{aligned}\quad (5)$$

Коефіцієнти першої квадратичної форми будуть:

$$\begin{aligned}G &= \left(\frac{\partial X_i}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y_i}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_i}{\partial t}\right)^2 = \frac{x'^2 + y'^2}{\left[(x+x_0)^2 + (y+y_0)^2 + (u+z_0)^2\right]^{\frac{3}{2}}}; \\ F &= \frac{\partial X_i}{\partial t} \cdot \frac{\partial X_i}{\partial u} + \frac{\partial Y_i}{\partial t} \cdot \frac{\partial Y_i}{\partial u} + \frac{\partial Z_i}{\partial t} \cdot \frac{\partial Z_i}{\partial u} = 0; \\ E &= \left(\frac{\partial X_i}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y_i}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_i}{\partial u}\right)^2 = \frac{1}{\left[(x+x_0)^2 + (y+y_0)^2 + (u+z_0)^2\right]^{\frac{3}{2}}}.\end{aligned}\quad (6)$$

Середній коефіцієнт рівний нулю, отже координатна сітка ортогональна. Крайні коефіцієнти (6) відрізняються тільки чисельником. Якщо взяти за криву поперечного перерізу циліндра лінію у функції власної дуги s ($x=x(s)$, $y=y(s)$), то буде виконана умова $x'^2 + y'^2 = 1$ і крайні коефіцієнти стануть рівними. Це означає, що координатна сітка утвореної поверхні буде ізометрична. Таким чином, можна сформулювати наступне твердження.

Твердження. Якщо задано циліндр параметричними рівняннями $X=x(s)+x_0$, $Y=y(s)+y_0$, $Z=u+z_0$, де $x=x(s)$, $y=y(s)$ – параметричні рівняння кривої ортогонального перерізу циліндра у функції власної дуги s , u – друга змінна поверхні – довжина прямолінійної твірної, x_0 , y_0 , z_0 – координатні відрізки зміщення поверхні відносно початку координат, то при його інверсії за формулами (3) отримаємо циклічну поверхню, яка буде віднесена до ізометричної сітки координатних ліній.

Розглянемо приклади. За лінію поперечного перерізу циліндра візьмемо криву із точкою самоперетину, яка задана наступними параметричними рівняннями:

$$x = s - a \tanh\left(\frac{2s}{a}\right); \quad y = a \operatorname{sech}\left(\frac{2s}{a}\right), \quad (7)$$

де a – стала величина.

Крива при $a=12$ побудована на рис. 1,а, причому її ділянка до точки самоперетину зображена потовщеною лінією, що відповідає зміні дуги s в межах $s=-11,5 \dots 11,5$.

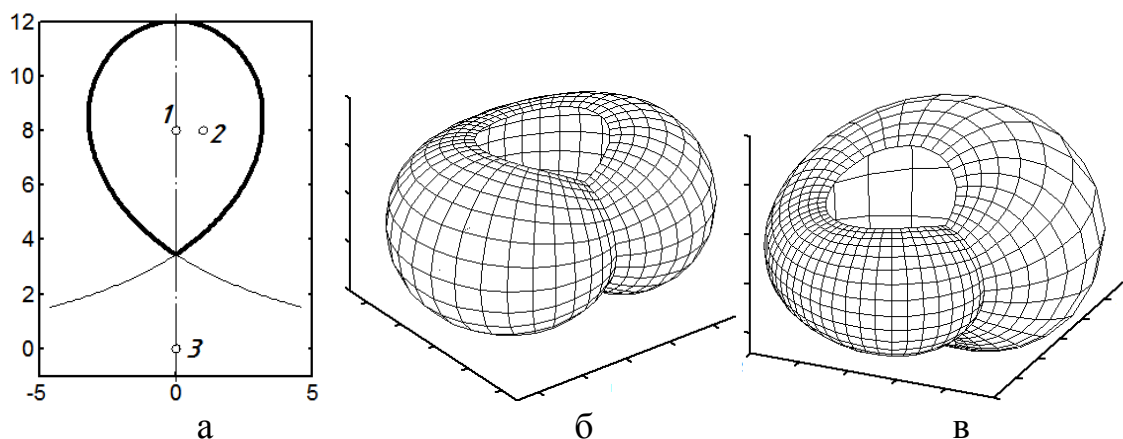


Рис. 1. До інверсії циліндра, заданого кривою (7) поперечного перерізу:

- а) виділена ділянка кривої, що відповідає циліндру із замкненою бічною поверхнею;
- б) поверхня, побудована за формулами (3) при $x_o=0$, $y_o=-8$, $z_o=0$;
- в) поверхня, побудована за формулами (3) при $x_o=-1$, $y_o=-8$, $z_o=0$

На рис. 1,а для наочності колами показані полюси інверсії. Цифрою 1 позначено полюс, який умовно знаходиться в центрі перерізу циліндра. Перетворений циліндр показаний на рис. 1,б. При зміщенні центра в сторону (позначено цифрою 2) порушується симетрія поверхні (рис.1,в). Лінія самоперетину циліндра, яка є прямою, після інверсії перетворюється в коло – теж лінію самоперетину отриманої поверхні. Якщо полюс інверсії взяти за межами замкненої області (позначено цифрою 3), то отримаємо поверхню, показану на рис. 2.

Плоска крива самоперетину

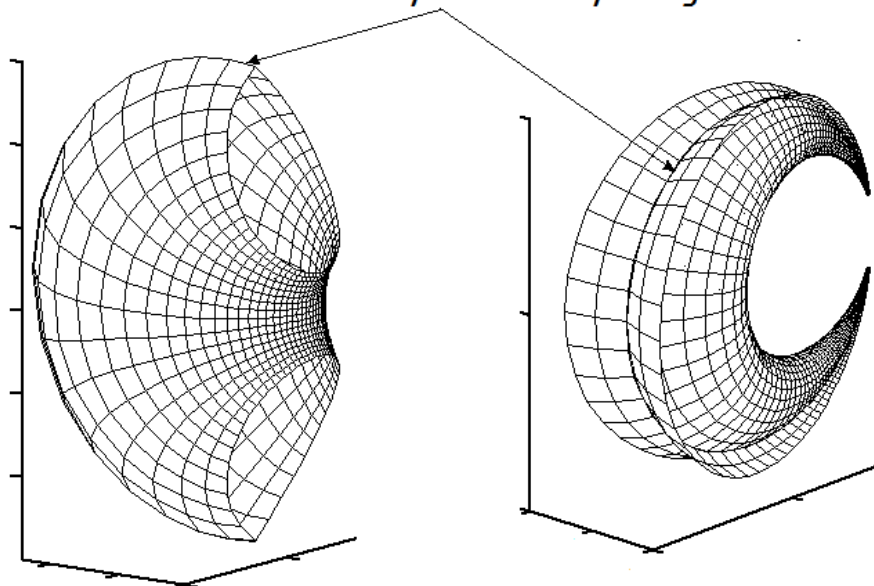


Рис. 2. Поверхня, побудована за формулами (3) при $x_o=0$, $y_o=8$, $z_o=0$

На рис. 2 праворуч зображена поверхня при збільшених межах існування змінних в порівнянні із рисунком ліворуч. На ньому показано частину поверхні після лінії самоперетину. Слід зазначити, що зміщення z_0 циліндра вздовж осі Oz не впливає на форму поверхні при його перетворенні.

Візьмемо за криву поперечного перерізу ланцюгову лінію:

$$x = a \arcsin h(s/a); \quad y = \sqrt{a^2 + s^2}. \quad (8)$$

На рис. 3 зображено криву – поперечний переріз циліндра, та розміщення полюса інверсії. Якщо полюс знаходиться на осі симетрії кривої, то перетворена поверхня теж є симетричною, наприклад, поверхня, зображена на рис. 3,а, яка відповідає полюсу симетрії, що позначений цифрою 1.

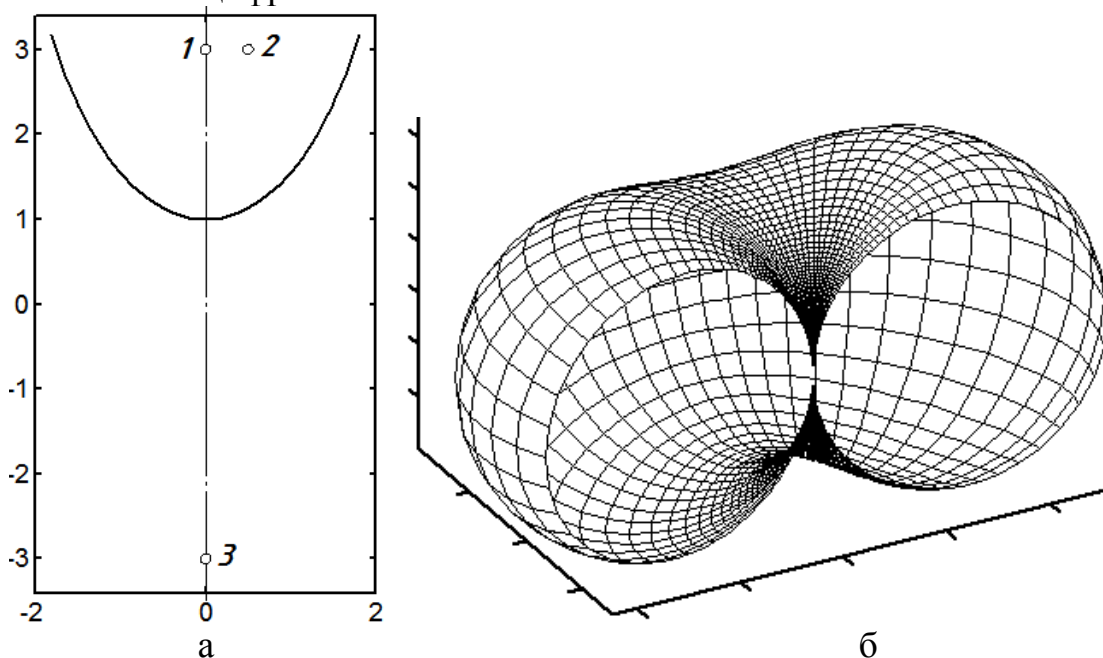


Рис. 3. До інверсії циліндра, заданого кривою (8) поперечного перерізу:

- а) ділянка кривої із позначеними полюсами інверсії;
- б) отримана поверхня, що відповідає полюсу інверсії, позначеного цифрою 1

При зміщенні полюса інверсії від осі симетрії отримана поверхня уже не буде симетричною. На рис. 4 в проекціях побудована поверхня, що відповідає полюсу інверсії, позначеному цифрою 2 на рис. 3,а. Якщо ж за полюс інверсії взяти точку 3 (рис. 3,а), то поверхня стає подібною до поверхні, зображеної на рис. 2. Прямолінійні твірні циліндра, які прямують у нескінченність, при його інверсії перетворюються у кола, які як завгодно близько наближуються до полюса інверсії – точки 0 (рис. 5).

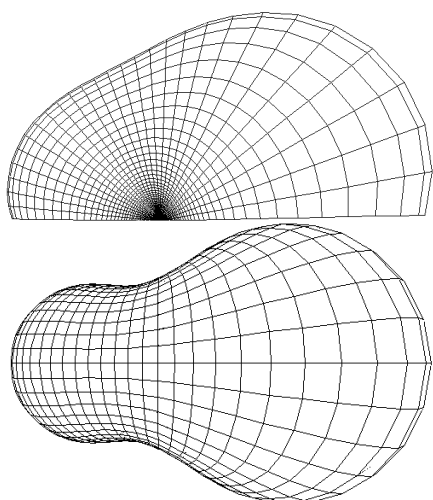


Рис. 4. Поверхня, отримана інверсією циліндра при розташуванні полюса інверсії в точці 2 (рис. 3,а)

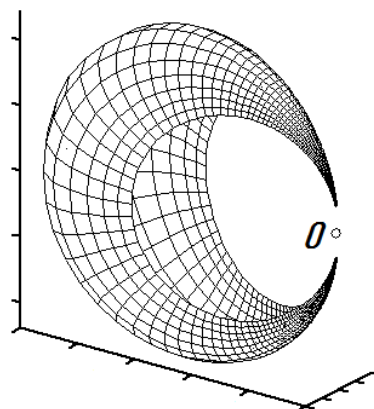


Рис. 5. Поверхня, отримана інверсією циліндра при розташуванні полюса інверсії в точці 3 (рис. 3,а)

В залежності від розташування полюса інверсії форма поверхні може змінюватися, однак незмінним залишається те, що прямолінійні твірні циліндра перетворюються у кола і всі ці кола нескінченно близько наближаються до точки 0 – полюса інверсії. Це видно також на рисунках 3,б і 4. Якщо полюс інверсії взяти на кривій – лінії ортогонального перерізу циліндра, то поверхню побудувати не можна.

Висновки. Інверсія всякої циліндричної поверхні, у якої крива ортогонального перерізу описана у функції довжини власної дуги, дає циклічну поверхню, віднесену до ізометричних координат. При інверсії прямолінійні твірні циліндра перетворюються в кола циклічної поверхні і всі вони нескінченно близько наближаються до спільної точки – полюса інверсії. Така поверхня є частковим випадком поверхонь Іаохімстала.

Література

1. Кремець Т.С. Автоматизація переходу від прямокутних до ізометричних сіток на поверхнях обертання / С.Ф. Пилипака, Т.С. Кремець, О.В. Несвідоміна // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького. – Мелітополь: МДПУ, 2016. – Вип. 5. - С. 88 – 92.
2. Несвидомин В.Н. Способ аналитического отображения плоских изображений на криволинейные поверхности / В.Н. Несвидомин, Т.С. Пилипака, Т.С. Кремец // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. –Vol 16. Lublin-Preszow. – № 3. – 2014. – С.58 – 65.
3. Кремець Т.С. Конструювання поверхонь обертання, віднесених до

- ізометричних сіток координатних ліній / Т.С. Кремець, В.М. Несвідомін // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2012. – Вип. 89. – С.271 – 276.
4. Пилипака С.Ф. Перетворення конуса в цикліду Дюпена із збереженням ізометричних координат / С.Ф. Пилипака, І.Ю. Грищенко, О.В. Несвідоміна // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького. – Мелітополь: МДПУ, 2017. – Вип. 9. – С. 109–113.
 5. Несвідоміна О.В. Віднесення кулі до ізометричних координат на основі сферичного відображення мінімальних поверхонь Т.С. Кремець, І.Ю. Грищенко, О.В. Несвідоміна // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького. – Мелітополь: МДПУ, 2016. – Вип. 7. - С. 74 – 80.

ОТНЕСЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ К ИЗОМЕТРИЧЕСКИМ КООРДИНАТАМ ПУТЕМ ПРЕВРАЩЕНИЯ ИНВЕРСИЕЙ ЦИЛИНДРОВ ОБЩЕГО ВИДА

Пилипака С.Ф., Кремец Т.С., Несвидомина О.В.

В работе рассмотрено инверсию цилиндров общего вида, отнесенных к изометрическим координатам. Координатными линиями цилиндров являются прямолинейные образующие и кривые ортогонального сечения. Чтобы сеть была изометрической, кривая поперечного сечения должна быть задана параметрическими уравнениями у функции длины дуги. После инверсии цилиндр превращается у циклическую поверхность, отнесенную к изометрическим координатам.

Ключевые слова: циклическая поверхность, превращение инверсией, изометрические координаты.

DESCRIPTION OF SURFACES IN ISOMETRIC COORDINATES BY INVERSION OF CYLINDERS OF GENERAL KIND

Pylypaka S., Kremetz T., Nesvidomina O.

The inversion of cylinders of general type, referred to isometric coordinates, is considered in this paper. The coordinate lines of the cylinders are rectilinear lines and curves of the orthogonal section. In order for the net to be isometric, the curve of the cross section must be given by parametric equations for the arc length function. After the inversion of the cylinder, the cyclic surface, referred to isometric coordinates, transforms.

Keywords: cyclic surface, inversion transformation, isometric coordinates.

УДК 514.18

УТВОРЕННЯ МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЗОТРОПНИХ ЛІНІЙ, ЯКІ ЛЕЖАТЬ НА УЯВНІЙ ПОВЕРХНІ ОБЕРТАННЯ ЦИКЛОЇДИ

Пилипака С.Ф., д.т.н.,

Муквич М.М., к.т.н.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України, (Україна, м. Київ)*

У роботі здійснено аналітичний опис мінімальних поверхонь на основі просторових ізотропних ліній, які лежать на уявній поверхні обертання циклоїди навколо її напрямної. Параметричні рівняння ізотропних ліній знайдено із умови рівності нулю лінійного елемента уявної поверхні обертання циклоїди, віднесеної до ізометричної сітки уявних координатних ліній.

Ключові слова: ізотропна лінія, мінімальна поверхня, циклоїда, лінійний елемент поверхні, ізометрична сітка координатних ліній.

Постановка проблеми. У сучасних CAD-системах при проектуванні різноманітних поверхонь технічних форм та періодичних структур будівельних матеріалів започатковано використання геометричних моделей на основі мінімальних поверхонь. Геометрична форма мінімальної поверхні, середня кривина у всіх точках якої дорівнює нулю, забезпечує рівномірний розподіл зусиль при взаємодії оболонки з середовищем без врахування крайових ефектів [1, с. 152].

Зокрема, при створенні пористих каркасів різноманітних конструктивних матеріалів у галузі тканинної інженерії використовуються три-періодичні мінімальні поверхні [2]. Експериментальні результати підтверджують оптимізовані фізичні властивості та легкість наповнення вказаних пористих структур.

Відомими є сучасні дослідження аналітичних характеристик мінімальних поверхонь з метою формалізації процесу виготовлення поверхонь технічних форм за допомогою роботизованих станків [3].

Задача знаходження параметричних рівнянь мінімальних поверхонь, починаючи з робіт С. Лі (S. Lie), реалізується за допомогою методів теорії функцій комплексної змінної [4, с. 685]. Аналітичний опис мінімальних поверхонь та приєднаних мінімальних поверхонь здійснюють у комплексному просторі з ізотропними

* Науковий консультант – д.т.н., професор Пилипака С.Ф.

лініями у ролі ліній сітки переносу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для знаходження аналітичного опису мінімальних поверхонь за допомогою функцій комплексної змінної необхідно знайти параметричні рівняння ізотропних ліній нульової довжини. Моделювання ізотропних ліній за допомогою фундаментальних сплайнів розглянуто у роботі [5]. Ряд робіт авторів статті присвячена задачі знаходження аналітичного опису ізотропних ліній, які лежать на поверхнях обертання, віднесених до ізометричної (або ізотермічної) сітки координатних ліній [8, с. 54]. Зокрема, у статті [6] знайдено параметричні рівняння ізотропних ліній, які лежать на поверхні обертання циклоїди навколо її напрямної. При цьому потребує дослідження задача аналітичного опису ізотропних ліній, які належать уявній поверхні обертання циклоїди, віднесеної до ізометричної сітки уявних координатних ліній.

Формулювання цілей статті. Знайти параметричні рівняння просторових ізотропних ліній, які лежать на уявній поверхні обертання циклоїди, віднесеної до ізометричної сітки уявних координатних ліній. Використовуючи аналітичний опис ізотропних ліній визначити параметричні рівняння відповідних мінімальних поверхонь.

Основна частина. Розглянемо уявну поверхню, утворену при обертанні циклоїди, заданої параметричними рівняннями $\varphi(\tau) = b \cdot (\tau - \sin \tau)$; $\psi(\tau) = b \cdot (1 - \cos \tau)$, де $\tau \in [0; 2\pi)$, b – параметр циклоїди, навколо її напрямної на деякий кут, комплексна величина якого дорівнює: $(\alpha + \beta i) \cdot w$, де $\alpha, \beta \in R$; $w \in [0; 2\pi)$; i – уявна одиниця. Параметричні рівняння уявної поверхні обертання циклоїди є функціями комплексної змінної і мають вигляд:

$$\begin{aligned} X(\tau; w) &= b \cdot (1 - \cos \tau) \cdot \cos[(\alpha + \beta i)w]; \\ Y(\tau; w) &= b \cdot (1 - \cos \tau) \cdot \sin[(\alpha + \beta i)w]; \\ Z(\tau; w) &= b \cdot (\tau - \sin \tau). \end{aligned} \quad (1)$$

Вирази коефіцієнтів першої квадратичної форми уявної поверхні (1), заданої рівняннями $X(\tau, w)$, $Y(\tau, w)$, $Z(\tau, w)$, дорівнюють:

$$\begin{aligned} E &= (X'_\tau)^2 + (Y'_\tau)^2 + (Z'_\tau)^2 = 2b^2 \cdot (1 - \cos \tau); \\ F &= X'_\tau \cdot X'_w + Y'_\tau \cdot Y'_w + Z'_\tau \cdot Z'_w = 0; \\ G &= (X'_w)^2 + (Y'_w)^2 + (Z'_w)^2 = 4b^2(\alpha + \beta i)^2 \cdot \sin^4\left(\frac{\tau}{2}\right). \end{aligned}$$

Лінійний елемент [8, с. 53] уявної поверхні обертання циклоїди (1) запишеться у вигляді:

$$ds^2 = 2b^2 \cdot (1 - \cos \tau) \cdot d\tau^2 + 4b^2(\alpha + \beta i)^2 \cdot \sin^4\left(\frac{\tau}{2}\right) \cdot dw^2. \quad (2)$$

Перетворимо вираз (2) до вигляду:

$$ds^2 = 4b^2(\alpha + \beta i)^2 \cdot \sin^4\left(\frac{\tau}{2}\right) \cdot \left[\frac{1 - \cos \tau}{2(\alpha + \beta i)^2 \cdot \sin^4\left(\frac{\tau}{2}\right)} \cdot d\tau^2 + dw^2 \right]. \quad (3)$$

Уведемо заміну: $dt^2 = \frac{1 - \cos \tau}{2(\alpha + \beta i)^2 \cdot \sin^4\left(\frac{\tau}{2}\right)} \cdot d\tau^2$, тоді вираз (3)

можна записати у вигляді:

$$ds^2 = 4b^2(\alpha + \beta i)^2 \cdot \sin^4\left(\frac{\tau}{2}\right) \cdot [dt^2 + dw^2] \quad (4)$$

Лінійний елемент (4) уявної поверхні (1) обертання циклоїди визначає ізометричну (або ізотермічну) координатну сітку поверхні [8, с. 54]. Перетворивши вираз указаної заміни, отримаємо залежність:

$$t = \frac{1}{\alpha + \beta i} \cdot \int \frac{d\tau}{\sin\left(\frac{\tau}{2}\right)} = \frac{2}{\alpha + \beta i} \cdot \ln \left| \operatorname{tg}\left(\frac{\tau}{4}\right) \right| + C_1, \quad (5)$$

де C_1 – довільна стала інтегрування.

Нехай $C_1 = 0$, тоді з рівності (5) отримаємо умову переходу від ортогональної до ізометричної сітки координатних ліній для уявної поверхні (1) обертання циклоїди:

$$\tau = 4 \cdot \operatorname{arctg} \left[e^{\frac{t}{2} \cdot (\alpha + \beta i)} \right].$$

Підставивши останній вираз у (1), після перетворень і спрощень, отримаємо параметричні рівняння уявної поверхні обертання циклоїди, віднесеної до ізометричної сітки координатних ліній:

$$\begin{aligned} X(t; w) &= \frac{8b e^{(\alpha + \beta i) \cdot t}}{(1 + e^{(\alpha + \beta i) \cdot t})^2} \cdot \cos[(\alpha + \beta i) \cdot w]; \\ Y(t; w) &= \frac{8b e^{(\alpha + \beta i) \cdot t}}{(1 + e^{(\alpha + \beta i) \cdot t})^2} \cdot \sin[(\alpha + \beta i) \cdot w]; \\ Z(t; w) &= b \cdot \left(4 \operatorname{arctg} \left(e^{\frac{t}{2} \cdot (\alpha + \beta i)} \right) - \frac{4e^{\frac{t}{2} \cdot (\alpha + \beta i)} (1 - e^{(\alpha + \beta i) \cdot t})}{(1 + e^{(\alpha + \beta i) \cdot t})^2} \right), \end{aligned} \quad (7)$$

де b – параметр циклоїди; $t, \alpha, \beta \in R$; $w \in [0; 2\pi)$.

Лінійний елемент уявної поверхні (7), віднесеної до ізометричної сітки координатних ліній, має вигляд:

$$ds^2 = \frac{64b^2 e^{2t(\alpha+\beta \cdot i)} \cdot (\alpha + \beta \cdot i)^2}{(1 + e^{t(\alpha+\beta \cdot i)})^4} \cdot (dw^2 + dt^2). \quad (8)$$

Розклавши на множники вираз (8), отримаємо:

$$ds^2 = \frac{64b^2 e^{2t(\alpha+\beta \cdot i)} \cdot (\alpha + \beta \cdot i)^2}{(1 + e^{t(\alpha+\beta \cdot i)})^4} \cdot (dw - i \cdot dt)(dw + i \cdot dt),$$

де i – уявна одиниця. Прирівнюючи до нуля праву частину останньої рівності, після інтегрування отримаємо:

$$w = i \cdot t + C \quad \text{або} \quad w = -i \cdot t + C, \quad (9)$$

де C – довільна стала інтегрування.

При підстановці виразу $w = i \cdot t + C$ у рівняння (7) для кожного значення C отримаємо параметричні рівняння ізотропної лінії, яка лежить на уявній поверхні обертання циклоїди:

$$\begin{aligned} x(t) &= \frac{8b e^{(\alpha+\beta i) \cdot t}}{(1 + e^{(\alpha+\beta \cdot i) \cdot t})^2} \cdot \cos[(\alpha + \beta i) \cdot (i \cdot t + C)]; \\ y(t) &= \frac{8b e^{(\alpha+\beta i) \cdot t}}{(1 + e^{(\alpha+\beta \cdot i) \cdot t})^2} \cdot \sin[(\alpha + \beta i) \cdot (i \cdot t + C)]; \\ z(t) &= 4b \cdot \left(\operatorname{arctg} \left(e^{\frac{t}{2} \cdot (\alpha+\beta \cdot i)} \right) - \frac{e^{\frac{t}{2} \cdot (\alpha+\beta \cdot i)} (1 - e^{-(\alpha+\beta \cdot i) \cdot t})}{(1 + e^{(\alpha+\beta \cdot i) \cdot t})^2} \right), \end{aligned} \quad (10)$$

Для знаходження рівнянь мінімальної та приєднаної до неї мінімальної поверхні у рівняннях (10) уведемо заміну: $t = u + i \cdot v$.

Відокремивши дійсну та уявну частину для кожної з функцій (10), отримаємо рівняння мінімальної поверхні (при $C = 0$):

$$\begin{aligned} X(u, v) &= \frac{4b}{(e^{2\alpha u} + e^{2\beta v} + 2e^{\alpha u + \beta v} \cos(\alpha v + \beta u))^2} \cdot [e^{4\alpha u} + e^{4\beta v} + 2e^{\alpha u + \beta v} \times \\ &\quad \times (e^{2\alpha u} + e^{2\beta v}) \cdot \cos(v\alpha + u\beta) + 2e^{2\alpha u + 2\beta v} \cdot \cos(2(v\alpha + u\beta))]; \\ Y(u, v) &= -\frac{8b \cdot e^{\alpha u + \beta v} \cdot \sin(v\alpha + u\beta)}{e^{2\alpha u} + e^{2\beta v} + 2e^{\alpha u + \beta v} \cos(\alpha v + \beta u)}; \\ Z(u, v) &= 2b \left(\operatorname{arctg} \frac{e^{\frac{u\alpha}{2}} \cos \frac{1}{2}(v\alpha + u\beta)}{e^{\frac{v\beta}{2}} + e^{\frac{u\alpha}{2}} \sin \frac{1}{2}(v\alpha + u\beta)} + \operatorname{arctg} \frac{e^{\frac{u\alpha}{2}} \cos \frac{1}{2}(v\alpha + u\beta)}{e^{\frac{v\beta}{2}} - e^{\frac{u\alpha}{2}} \sin \frac{1}{2}(v\alpha + u\beta)} \right) - \\ &\quad - \frac{4b \cos \frac{1}{2}(v\alpha + u\beta) \cdot (e^{2\alpha u} + e^{2\beta v} + 4e^{\alpha u + \beta v} - 2e^{\alpha u + \beta v} \cos(\alpha v + \beta u))}{e^{-\frac{1}{2}(u\alpha + v\beta)} \cdot (e^{v\beta} - e^{u\alpha})^{-1} \cdot (e^{2\alpha u} + e^{2\beta v} + 2e^{\alpha u + \beta v} \cos(\alpha v + \beta u))^2}, \end{aligned} \quad (11)$$

та приєднаної мінімальної поверхні (при $C = 0$):

$$\begin{aligned}
X^*(u, v) &= \frac{8b \cdot \left[-e^{u\alpha+v\beta} + (e^{2\alpha u} + e^{2\beta v}) \cdot \sin(v\alpha) \cdot \sin(u\beta) \right] \cdot \sin(\alpha v + \beta u)}{(e^{v\beta} - e^{u\alpha})^{-1} (e^{2\alpha u} + e^{2\beta v} + 2e^{\alpha u + \beta v} \cos(\alpha v + \beta u))^2}; \\
Y^*(u, v) &= \frac{4b \cdot (e^{2\alpha u} - e^{2\beta v})}{e^{2\alpha u} + e^{2\beta v} + 2e^{\alpha u + \beta v} \cos(\alpha v + \beta u)}; \\
Z^*(u, v) &= b \ln \left| \frac{e^{\alpha u - \beta v} \cdot \cos^2\left(\frac{v\alpha}{2} + \frac{u\beta}{2}\right) + \left(1 + e^{\frac{1}{2}(u\alpha - v\beta)} \sin\left(\frac{v\alpha}{2} + \frac{u\beta}{2}\right)\right)^2}{e^{\alpha u - \beta v} \cdot \cos^2\left(\frac{v\alpha}{2} + \frac{u\beta}{2}\right) + \left(1 - e^{\frac{1}{2}(u\alpha - v\beta)} \sin\left(\frac{v\alpha}{2} + \frac{u\beta}{2}\right)\right)^2} \right| - \\
&\quad - \frac{4b \cos\left(\frac{v\alpha}{2} + \frac{u\beta}{2}\right) \cdot (e^{2\alpha u} + e^{2\beta v} - 4e^{\alpha u + \beta v} - 2e^{\alpha u + \beta v} \cos(\alpha v + \beta u))}{e^{-\frac{1}{2}(u\alpha + v\beta)} \cdot (e^{v\beta} + e^{u\alpha})^{-1} \cdot (e^{2\alpha u} + e^{2\beta v} + 2e^{\alpha u + \beta v} \cos(\alpha v + \beta u))^2};
\end{aligned} \tag{12}$$

На рис.1 зображено відсіки мінімальної та приєднаної поверхонь, побудованих за рівняннями (11) і (12) відповідно, при $b=3$; $\alpha=1$; $\beta=2$; $u \in \left[\frac{\pi}{2}; \dots \pi\right]$; $v \in \left[\frac{\pi}{2}; \dots \pi\right]$.

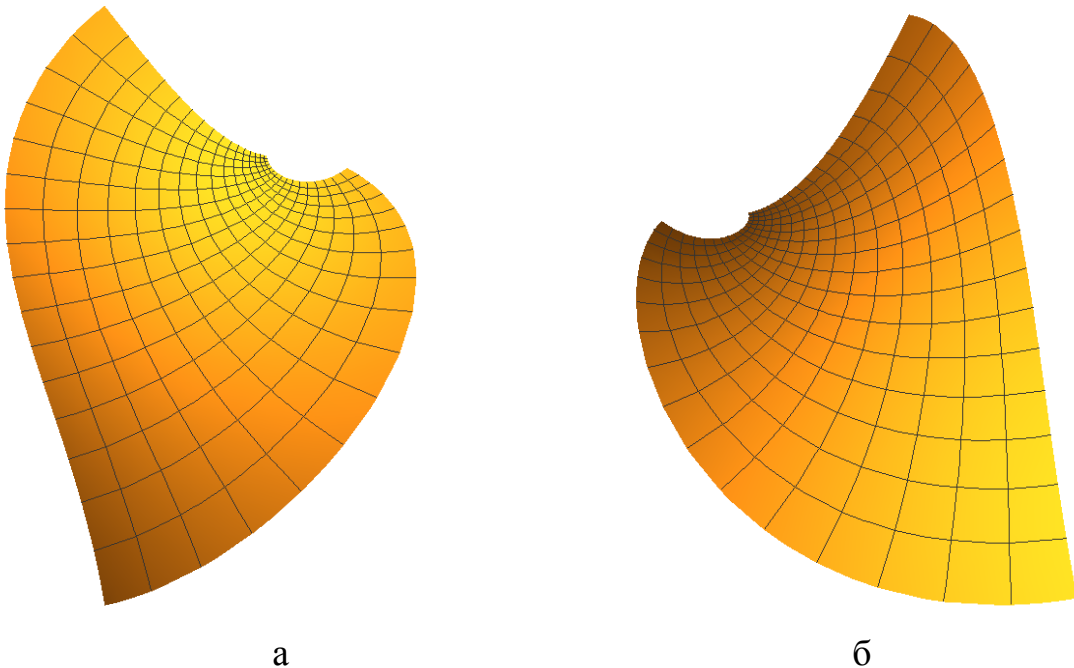


Рис. 1. Відсіки мінімальних поверхонь, побудованих на основі ізотропної лінії (10) при $C=0$:
а) відсік мінімальної поверхні, побудованої за рівняннями (11);
б) відсік приєднаної мінім. поверхні, побудованої за рівняннями (12).

Коефіцієнти першої квадратичної форми мінімальної поверхні (11) та приєднаної поверхні (12) дорівнюють:

$$E = G = \frac{64b^2 \cdot (e^{\alpha u} + e^{\beta v})^2 \cdot e^{2\alpha u + 2\beta v} \cdot (\alpha^2 + \beta^2)}{(e^{2\alpha u} + e^{2\beta v} + 2e^{\alpha u + \beta v} \cos(\alpha v + \beta u))^3}; \quad F = 0.$$

Вирази коефіцієнтів другої квадратичної форми мінімальної поверхні (11) та приєднаної поверхні (12) мають громіздкий вигляд і в даній статті не наводяться. Знайдені векторно-параметричні рівняння $\bar{R} = \bar{R}(u, v)$ поверхні (11) та $\bar{R}^* = \bar{R}^*(u, v)$ поверхні (12), віднесених до ізометричної (або ізотермічної) сітки координатних ліній, задовольняють умовам $\frac{\partial^2 \bar{R}}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 \bar{R}}{\partial v^2} = \bar{0}$ та $\frac{\partial^2 \bar{R}^*}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 \bar{R}^*}{\partial v^2} = \bar{0}$ відповідно. Тому, згідно твердження, доведеного у роботі [7] авторів даної статті, поверхні (4) і (5) є мінімальними.

Вираз (8) можна розкласти на множники у вигляді:

$$ds^2 = \frac{64b^2 e^{2t(\alpha + \beta \cdot i)} \cdot (\alpha + \beta \cdot i)^2}{(1 + e^{t(\alpha + \beta \cdot i)})^4} \cdot (dt - i \cdot dw)(dt + i \cdot dw).$$

Тоді з аналогічних міркувань можна знайти аналітичний опис двох сімей ізотропних ліній та відповідних мінімальних поверхонь, які мають спільні метричні властивості та властивості кривини із мінімальними поверхнями (11), (12).

Висновки. На уявній поверхні обертання циклоїди для кожного значення C можна побудувати чотири сім'ї ізотропних ліній, і кожній лінії поставити у відповідність мінімальну поверхню та приєднану до неї. Утворені мінімальні поверхні та приєднані мінімальні поверхні мають спільні метричні властивості та спільні властивості кривини поверхні.

Література

1. Гуляев В.И. Расчёт оболочек сложной формы [Текст] / В.И. Гуляев, В.А. Баженов, Е.А. Гоцуляк, В.В. Гайдайчук. – К.: Будівельник, 1990. – 192 с.
2. Feng, Jiawei. Porous scaffold design by solid T-splines and triply periodic minimal surfaces [Електронний ресурс] / Jiawei Feng, Fu Jianzhong, Shang Ce, Lin Zhiwei, Li Bin // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – 2018. – Vol. 336, 1 July 2018 – P. 333–352. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cma.2018.03.007>.
3. Hua Hao. Wire cut of double-sided minimal surfaces [Електронний ресурс] / Hao Hua, Jia Tingli // Visual Comput. – 2018. – Vol. 34, Issue 274. – P.1–11. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00371-018-1548-0>.
4. Математическая энциклопедия [гл. ред. И. М. Виноградов] Т. 3. – М.: Изд-во «Сов. энциклопедия», 1982. – С. 683–690.
5. Аушева Н.М. Ізотропні фундаментальні сплайни [Текст] /

- Н.М. Аушева // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького. – Мелітополь, 2016. – №6. – С. 3–7.
6. Муквич М.М. Аналітичний опис мінімальних поверхонь за допомогою ізотропних кривих, які лежать на поверхні обертання циклоїди [Текст] / М.М. Муквич // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: Видавництво ХНТУ, 2016. – №3(58). – С. 519–523.
 7. Пилипака С.Ф. Утворення мінімальних поверхонь за допомогою уявної циклоїди, заданої комплексним натуральним рівнянням [Текст] / С.Ф. Пилипака, М.М. Муквич // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: Видавництво ХНТУ, 2017. – №3(62). – Т.2. – С. 312–316.
 8. Фиников С. П. Теория поверхностей [Текст] / С. П. Фиников. – М. – Л.: ГТТИ, 1934. – 206 с.

ОБРАЗОВАНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИЗОТРОПНЫХ ЛИНИЙ, ЛЕЖАЩИХ НА МНИМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЦИКЛОИДЫ

Пилипака С.Ф., Муквич Н.Н.

Получено аналитическое описание минимальных поверхностей с помощью пространственных изотропных линий, лежащих на мнимой поверхности вращения циклоиды вокруг ее направляющей. Параметрические уравнения изотропных линий получены из условия равенства нулю линейного элемента мнимой поверхности вращения циклоиды, отнесенной к изометрической сети мнимых координатных линий.

Ключевые слова: изотропная линия, минимальная поверхность, циклоида, линейный элемент поверхности, изометрическая сеть координатных линий.

CONSTRUCTION OF THE MINIMAL SURFACES BY MEANS OF ISOTROPIC CURVES, LYING ON THE IMAGINARY SURFACE OF REVOLUTION OF THE CYCLOID

Pylypaka S., Mukvich M.

An analytical description of the minimal surfaces on the basis of spatial isotropic lines, which lie on the imaginary surface of cycloid revolution around its guide, is carried out in the paper. Parametric equations of isotropic lines are found from the condition of zero equality of the linear element of the imaginary surface of the cycloid revolution, which is assigned to the isometric grid of imaginary coordinate lines.

Key words: isotropic line, minimal surface, linear surface element, cycloid, isometric grid of coordinate lines.

УДК 004.8+624.9

ФОРМИРОВАНИЕ НЕЧЁТКОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Плоский В. А., д.т.н.,

Теренчук С. А., к. физ.-мат. н. ^{*},

Еременко Б. М., к.т.н.

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры
(Украина),*

Исаенко Д. В., к. н. по гос. управлению

Конфедерация строителей Украины (Киев, Украина)

Исследования, представленные в работе, предназначены для разработки технической документации, которая используется на предпроектной стадии реконструкции зданий и сооружений, но полученный опыт является источником информации, на основе которой осуществляется выбор конструктивного решения в процессе проектирования объектов-аналогов. Кроме того, формализованные знания экспертов используются при формировании базы знаний систем оценки с нечеткой логикой.

Ключевые слова: база знаний, строительная конструкция, техническое состояние, экспертная система оценивания.

Постановка проблемы. Расчет строительных конструкций на прогрессирующее разрушение является одним из требований к проектированию и предусматривает локальное разрушение или разрушение отдельных элементов несущих конструкций в пределах одного этажа или частей перекрытий, которые не приводят к разрушению конструкции в целом. При этом допускается развитие трещин и пластических деформаций в отдельных элементах конструкции и арматуре. Планирование и выполнение строительных, строительно-ремонтных работ и работ по реконструкции зданий и сооружений имеет ряд признаков, характеризующих слабо структурированные задачи. Данный класс задач приобретает массовый характер и требует разработки и внедрения новых методов и средств их решения, которые позволят повысить уровень автоматизации процесса принятия решений в нечетких условиях на ранних стадиях обеспечения надежности строительных объектов [1].

^{*} Научный консультант – д.т.н., профессор Плоский В. А.

Учитывая то, что данная задача недостаточно формализована, особенно актуальным в данном направлении представляется использование экспертных систем с нечеткой логикой [2].

Анализ последних исследований и публикаций. Ранее, в работах [1, 3] был изложен подход, основанный на моделях и методах нечеткой математики. В [4, 5] описаны примеры формализации некоторых геометрических параметров трещин и параметров влияния среды на кинетику их развития. Сбор данных о состоянии конструкций, анализ и обработка статистических данных производится на основе информации, полученной при диагностике.

В данной работе основное внимание уделяется обработке информации о дефектах и разрушениях несущих конструкций зданий, которые характеризуются параметрами площади обхвата. Текстовая информацией, которая содержится в отчетах и оценках, сопровождаются фотографиями и схемами.

Ниже приведены примеры описания дефектов и разрушений и, которые обнаруженных при обследовании внутренних помещений и выписка из оценки технического состояния эксплуатационной пригодности несущих конструкций здания с повреждениями и дефектами различного характера, которые использовались для вывода нечетких правил оценивания [5, 6].

1-й этаж (ссылки на схемы расположения и фотографии):

- разрушение бетона ступенек марша на участках 1100×150 мм, 1700×150 мм, 1800×90 мм (схема и фото);
- отслоение облицовочного слоя бетона стен лестничной площадки на участке 2500×2600 мм (схема и фото).

3-й этаж (ссылки на рисунки и фотографии):

- следы замокания, высолы, разрушение облицовочного слоя бетона на участках стен площадью 0,6 м² (фото);

4-й этаж (ссылки на рисунки и фото):

- следы замокания, высолы, на участках стен площадью 7,0 м².

Подвал (ссылки на рисунки и фотографии):

- следы замокания, высолы, грибок, разрушение облицовочного и штукатурного слоя бетона на участках стен общей площадью 30,0 м².

Заключение. По результатам оценок установлено, что конструкции здания находятся в удовлетворительном состоянии, за исключением монолитного железобетонного перекрытия подвала.

Методы формирования базы правил, основанные на анализе подобной информации, в первую очередь, приводят к сложностям, связанным с представлением знаний и требуют формализации экспертных заключений в виде нечетких правил.

Формулировка целей статьи. Цель работы заключается в формализации экспертного опыта, который используется в нечетких

базах знаний при обработке геометрических параметров деградации конструкций, и характеризуются нечеткой информацией о положении, форме и площади фигуры, охватывающей область разрушения.

Основная часть. Нечеткой базой знаний называется система нечетких правил *if* <условие правила> *then* <вывод правила>, которое определяет взаимосвязь между входами и выходами системы нечеткого вывода.

Система нечеткого вывода детально описана в [3]:.

Входящие параметры задаются в виде вектора, координаты которого включают геометрические параметры дефектов и разрушений. В работе предложено расширить вектор исходных данных за счет геометрических параметров деградации, которые характеризуются нечеткими положением, формой и размерами площади фигуры, охватывающей область разрушения. Каждому входящему параметру соответствует лингвистическая переменная, которая, в свою очередь, состоит из определенного количества термов. Каждый терм является нечетким множеством (табл. 1).

Таблица 1

Пример формализации геометрических параметров деградации конструкций

Вид дефекта	Параметр ($i=1, \dots, 8$)	Термы для лингвистической оценки
Y_1 – трещина	описаны в [4]	
Y_2 – высолы; Y_3 – грибок; Y_4 – следы замокания; Y_5 – отслоение облицовочного слоя бетона; Y_6 – разрушение штукатурного слоя бетона; Y_7 – отшелушивание поверхности бетона; Y_8 – разрушение бетона.	u_{i3} – размер площади охвата	нулевой (ну); незначительный (нз); существенный (су); обширный (об);
	u_{i4} – форма площади охвата	треугольная (т); трапециевидная (тр); сферообразная (сф); эллипсоподобная (э); неправильная (н);
	u_{i7} – положение дефекта в объекте	в швах между плитами (шмп); вдоль арматуры (ва); в полках плит (пп); на участках перекрытия (упе); возле опор (во); над оконными прорезами (ноп);

Кроме принятых в действующих стандартах описаний параметров деградации конструкций, в работе учитывалась специфика предоставления и обработки текстовой информации и программного обеспечения [4 – 6], которое используется для формирования системы нечеткого вывода. При выборе термов для лингвистической оценки геометрических параметров деградации, которые характеризуются нечеткой информацией о фигуре, охватывающей область разрушения, использовался метод ассоциаций [7].

Выход правила – лингвистическая переменная, которая в данной предметной области представляет категорию технического состояния и характеризуется множеством термов [3]: нормальный (Н); удовлетворительный (У); не пригодный для нормальной эксплуатации (Не); и аварийный (А).

Система нечетких правил для оценки влияния каждого дефекта на состояние конструкций состоит из формализованных выражений, которые имеют вид [1, 7]:

Правило 1: *if* <вид дефекта = следы замокания, высолы **и** размер площади = незначительный **и** форма площади треугольная, **и** положение = на участках перекрытия> **than** <состояние = нормальное>;

Правило 2: *if* <вид дефекта = следы замокания **и** размер площади = существенный **и** форма площади сфероподобная, **и** положение = в полках плит> **than** <состояние = удовлетворительное>;

Правило 3: *if* <вид дефекта = высолы **и** размер площади = существенный **и** форма площади неправильная, **и** положение = на участках перекрытия> **than** <состояние = не пригодное для нормальной эксплуатации >;

Правило 4: *if* < вид дефекта = разрушение бетона, коррозия арматуры **и** размер площади = обширный **и** форма площади = трапециевидная, **и** положение = на участках потолка> **than** <состояние аварийное>.

Правила для оценки формировались на основе анализа экспертных оценок технического состояния несущих конструкций здания, которая проводилась согласно с квалификационными признаками действующих нормативных документов [5].

Выводы. Преимущество применения моделей и методов нечеткой математики при диагностике строительных конструкций заключается в повышении степени автоматизации экспертных систем оценки за счет формализации геометрических параметров деградации, которые характеризуются нечеткими формой и размерами площади фигуры, охватывающей область разрушения. Кроме того, в работе учтена необходимость использования информации о положении дефекта в объекте и геометрических характеристиках самого объекта.

Описанный подход применяется на практике при разработке систем диагностики технического состояния зданий и сооружений с использованием искусственных нейронных сетей [8], но обучение нейросетей предполагает существование надежной базы знаний. Таким образом, полученные в данной статье результаты анализа научно-технических отчетов и оценок могут быть использованы для проверки адекватности нечетких моделей, которые формируют обучающую выборку.

Література

1. Гайна Г.А. Концепція багатомодельного підходу до розробки інтелектуальних СППР у містобудуванні / Г.А. Гайна // Управління розвитком складних систем. – 2010. – № 1. С. 28-34.
2. Hammah, R. Fuzzy cluster algorithm for the automatic identification of joint sets / R. Hammah, J. Curran // International Journal of Rock Mechanics and Mining Science. – 2010. Vol. 35, Issue 7. – P. 889-905.
3. Теренчук С.А. Оцінювання технічного стану будівельних конструкцій на основі нечіткого виведення / С.А. Теренчук, Б.М. Єременко, А.О. Пашко // Будівельне виробництво. – 2016. – № 61/2016. – С. 23-31.
4. Terenchuk S. Implementation of Intelligent Information Technology for the Assessment of Technology for Condition of Building Structures in the Process of Diagnosis / S. Terenchuk, B. Yeremenko, T. Sorotuyk // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 5/3(83), P. – 30-39.
5. Єременко Б.М. Застосування експертних знань для формування бази знань системи оцінювання технічного стану будівельних конструкцій / Б.М. Єременко, С.А. Теренчук, С.М. Картавих, О.В. Насіковський // Наука та будівництво. – 2017'4. – С. 63-69.
6. Соколов В.А. Категории технического состояния строительных конструкций зданий при их диагностике вероятностными методами / В.А. Соколов // Фундаментальные исследования. Технические науки. – 2014. – №6. – С. 1159-1164.
7. Terenchuk, S., Yeremenko, B., Kartavykh, S., Nasikovskiy, O. (2018). Application of fuzzy mathematics methods to processing geometric parameters of degradation of building structures. «Eureka: physics and engineering», 1, 56-62.
8. Osowski S. Sieci neuronowe do przetwarzania informacji. – Warszawa, 2000 – 342 p.

ФОРМУВАННЯ НЕЧІТКОЇ БАЗИ ЗНАНЬ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Плоский В.О., Теренчук С.А., Єременко Б.М., Ісаєнко Д.В.

Дослідження, що проведені в роботі, призначені для розробки технічної документації, що використовується на передпроектній стадії будівель і споруд, але досвід, який набувається в процесі аналізу оцінок, є джерелом інформації, на основі якої приймаються конструктивні рішення в процесі проектування об'єктів-аналогів. Окрім того, формалізовані експертні знання використовуються при формуванні бази знань систем оцінки з нечіткою логікою.

Ключові слова: база знань, будівельна конструкція, технічний стан, експертна система оцінювання.

FORMING A FUZZY KNOWLEDGE BASE OF A SYSTEM FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDING STRUCTURE

Ploskyi V., Terenchuk S., Yeremenko B., Isayenko D.

The research carried out in the work is intended to develop technical documentation used at the pre-design stage of buildings and structures, but the experience gained during the analysis of estimates is the source of information on which constructive decisions are made in the process of design of similar objects. In addition, formalized expert knowledge is used to form the knowledge base of evaluation systems with fuzzy logic.

Keywords: knowledge base, building structure, technical condition, expert assessment system.

УДК 515.2+563.3

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАСТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ НА БАЗІ ПАРАМЕТРИЧНОГО КІНЕМАТИЧНОГО ГВИНТА

Подкоритов А.М., д.т.н.

*Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького*

Ісмаїлова Н. П., д.т.н.,

Трушков Г.В.

Військова академія (Україна, м. Одеса),

Дана стаття присвячена геометричному моделюванню зубчастого внутрішнього зачеплення, проектування зубчастих коліс на базі параметричного кінематичної гвинта.

Ключові слова: зубчасті передачі, модулювання, інтерференція, параметризація, параметричний кінематичний гвинт, внутрішнє зачеплення, зубчасте колесо.

Постановка проблеми. Зубчасті передачі є складовою частиною багатьох приводів механізмів і машин. У багатьох випадках саме зубчасті передачі визначають технічні характеристики, масу, габарити приводу, його вартість, тобто ті показники, від яких залежить якість машини в цілому. А саме якість визначає конкурентоспроможність продукції машинобудування в ХХІ столітті.

При моделюванні спряжених форм поверхонь сучасних машин в деяких випадках практично неможливо вирішити поставлені завдання без визначення спряжених поверхонь зубчастих зачеплень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі було встановлено, що для вирішення завдань формування нової геометрії спряжених нелінійчатих поверхонь зачеплення, існуючі способи виявилися складними і неефективними. Деякі з них цілком можливо застосовувати, але при моделюванні нової кінематики зачеплення з ланками, які здійснюють складні рухи, потрібні наочна реальна картина зміни конструкції передач безпосередньо на діаграмі кінематичного гвинта та розширити можливості існуючої теореми о миттєвих аксоїдах - професора А.М. Подкоритова.

Формування цілей статті. У зв'язку з вищевикладеним метою статті є підвищення якості контакту зубів зубчастого зачеплення шляхом моделювання і дослідження процесу формоутворення робочої поверхні зубів конічної шестерні інструментом рейкового типу на основі двопараметричного огибання, що забезпечує заданий

відхилення формованої поверхні від теоретичної [2].

Основна частина. Різноманітність вимог, що пред'являється до зубчастих передач, зводиться в основному до підвищення надійності і довговічності, ККД, здатності навантаження і кінематичної точності при одночасному зниженні їх маси і габаритів. Комплексне задоволення цих вимог вдосконаленням традиційних передач стає все важче.

Колеса з внутрішнім зачепленням являють собою особливий вид зубчастих шестерень. Вони призначені для передачі поступального руху, завдяки якому між собою взаємодіють два вала. Також така модифікація коліс використовується якщо рух відбувається строго в одній площині без зміни її характеристик. Такі колеса більш компактні в порівнянні з зубчастими моделями аналогічних розмірів. Зубчасті колеса з внутрішнім зачепленням, вони ж планетарні, використовуються в великих механізмах зразок танків, екскаваторів, ходових кранів, в самоскидах. Зазвичай розраховані на роботу з вагою від 30 до 450 тонн.

Розглянемо геометричне моделювання зубчастих спряжених поверхонь Σ круговим перетворенням вихідної криволінійної поверхні Φ (рис.1).

Поверхня Σ формується обертанням відносно осі $m(u)$ кожної точки заданої вихідної поверхні Φ на кут $\varphi(\sigma, \tau)$, залежно, в загальному випадку, від положення точки на вихідній поверхні Φ (рис. 1).

Для формування аналітичної моделі спряженої поверхні Σ вважатимемо, що точка M задана радіус-вектором $\vec{r}(\sigma, \tau)$, де σ і τ – криволінійні координати точки M на поверхні Φ (рис. 1).

Нехай вихідна криволінійна поверхня Φ задана радіус-вектором $\vec{r}(\sigma, \tau)$ і криволінійною віссю $m(u)$, яка визначається радіус-вектором $\vec{m}(u)$.

Спряжена поверхня Σ формується обертанням навколо відповідних точок, які належать осі $m(u)$, кожної точки заданої вихідної поверхні Φ на кут $\varphi(\sigma, \tau)$, який залежить, у загальному випадку, від положення точки на вихідній поверхні Φ .

Виберемо на твірній $\ell(\tau)$ поверхні Φ деяку точку M . Проведемо через неї горизонтальну площину Γ . Точка M_0 , в якій площина Γ перетинає вісь m , є проекцією точки M на вісь m . Повернемо точку M навколо точки M_0 на деякий кут $\varphi(\sigma, \tau)$. Описане кругове перетворення точки M визначається положенням точки M^* . Здійснюючи аналогічні перетворення всіх інших точок твірної $\ell(\tau)$ поверхні Φ , отримаємо точки контактної лінії $\ell^*(\tau)$ поверхні Σ .

Для формування каркасу спряженої поверхні контакту Σ будемо вважати, що точка M задана радіус-вектором $\vec{r}(\sigma, \tau)$, де σ і τ є

профілізації спряжених поверхонь. Точність збільшується у зв'язку з тим, що розроблений автоматизований метод дозволяє побудувати велике число пар спряжених гелікоїдів, і визначити їх контактну поверхню зачеплення, таким чином підвищуючи як наслідок продуктивність конструкторських робіт, і якість отримуваних виробів на стадії проектування.

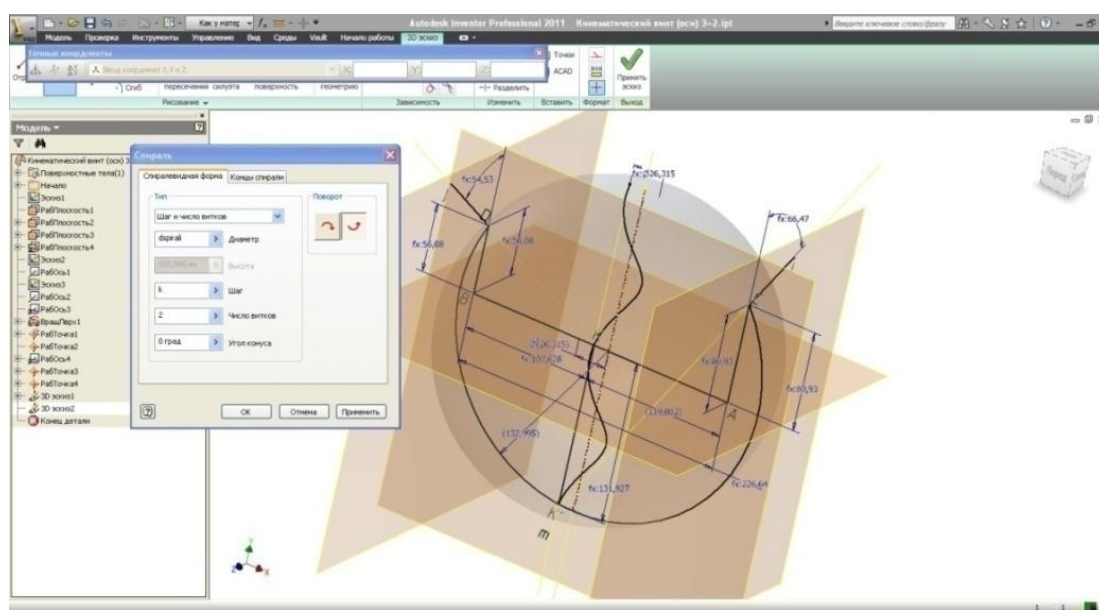


Рис.2. Параметри поверхні зачеплення

Параметри кінематичного гвинта для спряжених зубчастих поверхонь представлена в табл. 1.

Таблица 1

Параметри кінематичного гвинта

Початкові параметри			Отримані параметри		
Параметр	Позначення на рис.1	Значення	Параметр	Позначення на рис.1	Значення
AB	AB	226.64	α	$\angle wAO_{wm}$	64.43°
h_1	AC	79.93	β	$\angle wBO_{wm}$	53.51°
h_2	BD	54.07	ω_m	w_m	54.08
γ	$\angle COD$	123°	a	AK	117.12
ω_A	wA	51.32	b	BK	106.61
ω_B	wB	55.82	h_m	KK'	132.97

Висновки. З метою підвищення точності і надійності широкого класу виробів космічних кораблів, авіації, машинобудування розроблені наукові основи формування спряжених зубчастих

поверхонь що виключають інтерференцію. Вільні від інтерференції зубчасті передачі і ріжучий інструмент дозволяють уникнути підрізувань, заклинювань і небезпечної концентрації напруги, а також підвищується точність і надійність складного ріжучого інструменту та зубчастого зачеплення.

Література

1. Подкорытов А.Н. Исключение интерференции сопряженных поверхностей зубчатых передач / А.Н. Подкорытов // INTERNATIONAL CONGRES–GEAR TRANSMISSIONAL. – Sofia, BULGARIA, 1995. – С.143–145.
2. Подкорытов А.М. Теоретичні основи спряжених квазігвинтових поверхонь, що виключають інтерференцію [Текст]: монографія / А. М. Подкорытов, Н. П. Исмаилова // Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2016. – 330 с.

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕННЯ НА БАЗІ ПАРАМЕТРИЧНОГО КІНЕМАТИЧНОГО ГВИНТА

Подкорытов А.Н., Исмаилова Н.П., Трушков Г.В.

Данная статья посвящена геометрическому моделированию зубчатого внутреннего зацепления, проектированию зубчатых колес на базе параметрического кинематического винта.

Ключевые слова: зубчатые передачи, моделирование, интерференция, параметризация, параметрический кинематический винт, внутреннее зацепление, зубчатое колесо.

GEOMETRICHE MODELUVANNY ZUBCHATOGO ZAGCELENIYA ON THE BASIS OF PARAMETRIC CINEMATICAL SCINES

Podkorytov A., Ismailova N., Trushkov G.

This article is devoted to the geometric modeling of internal gearing, the design of gears based on a parametric kinematic screw.

Key words: gear transmissions, modeling, interference, parametrization, parametric kinematic screw, internal engagement, gear wheel.

УДК 378.147:159.95:519.816

MASSIVE OPEN ONLINE COURSES' IMPLEMENTATION IN BLENDED FORMAT AS A NEW APPROACH IN UKRAINIAN HIGHER EDUCATION

Segol R., Ph.D. in social communication studies,

Parkhomenko A., Ph.D. student*

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv, Ukraine)

The article indicated current trends in education, in particular - the concept of blended learning. The blended learning key models are presented. Based on the study's results further introduction of blended learning in the specialists' training can be made.

Keywords: *blended learning, massive open online course, rotational model, flex-model, a la carte model, enrich virtual model*

Introduction. The rapid development of Internet-technologies, the ability to access digital networks any time and in any place, new gadgets for surfing the web and increasing amounts of information have caused an interest in usage web-technologies in the educational process. In 2008 Dave Cormier introduced the term MOOCs (Massive Open Online Courses). Such courses are available online for a wide audience and are designed for all interested users with Internet access regardless of age, sex, nationality, country of origin, social standards etc [1]. In 2012 the world's top three modern online education platforms were launched simultaneously: Coursera (founded by Stanford University professors), Udacity (founded by Stanford University professors, developed due to courses of Georgia Institute of Technology) and edX (Harvard University and the Massachusetts Institute of Technology collaboration project).

Problem statement. Further development of online-courses and implementation of blended learning involves an increase of amounts of data, which has to be thoroughly processed. The rapid growth of AI's industry and Big Data creates new opportunities for education. Nowadays systems are capable of optimizing the presentation of the course's content, suggesting next steps in subjects studying, dynamical planning of individual lectures with teachers for students with special needs, and even create timetables of school buses accordingly to the time of courses running. The usage of neural networks in education gives an opportunity of utilizing the data, that students generate during their studies, with the

*Науковий керівник – к.т.н., доцент Лісовиченко О. І.

purpose of automatic generation of recommendations for a particular student about the further learning process. For example, by using data about students' success at different courses in conjunction with their social portraits it is possible to create a system that will act as an assistant, capable of directing a student in fields he or she is most brilliant in.

The main problems in the modern Ukrainian education which prevents further development and specialists' preparation are students' motivation, economic difficulties in the society, lack of professional professors in the leading technological fields, poor English knowledge to obtain needed information through online courses created by world's leading universities and so on.

Modern articles and researches in the field analysis. In particular, MOOCs, as well as SPOCs (Small Private Online Courses), are aimed to revolutionize universities and the corporate education landscape. In the article "Higher education and the digital revolution: About MOOCs, SPOCs, social media, and the Cookie Monster" [2] Andreas M. Kaplan and Michael Haenlein provide a nuanced analysis of the phenomenon of online distance learning and conclude that the only thing MOOCs cannot provide is socializing which has become over the years one of the top reasons to enroll in the institution and universities for young adults.

Sharing of resources and metadata is a central principle in scientific and educational contexts, especially in our research that is based on open source technologies for education. With the emergence of the Linked Data approach as the most recent evolution of the Semantic Web, scientific and educational practitioners have started to adopt those principles. In the paper called "Linked Data for Science and Education" [3], Carsten Keßler, Mathieu d'Aquin and Stefan Dietze give an overview of the current landscape related to the use of Linked Data in the academic sector. Dmitry Mouromtsev, Fedor Kozlov and others have created a system that allows to interlink terms from different courses and domains and calculates several educational rates: term knowledge rate, total knowledge rate, domain knowledge rate and term significance rate. These rates are used to give the student recommendations about the activities he/she has to undertake to pass a course successfully [4]. Also, they have described use cases and developed architecture of the course extraction plugin for the Open edX platform build upon Linked Open Data. Frequent repetitions of educational materials within the MOOC and relativity of recommendation tools for course developers are considered in their paper [5]. They have given a comprehensive review of the designed ontology and mapping, and evaluation using test courses. In our research, we will provide a new way to recommend courses, analyze Open EdX data with AI technologies.

Estimating students' knowledge based on their interactions with computer-based tutors has the potential to improve learning by decreasing

time taking assessments and facilitating personalized interventions. Although there exist good student models for relatively structured topics and tutors, less progress has been made with more open-ended activities. Further, students often complete activities in pairs rather than individually, with no coding to indicate who performed each action. Such students' performance can be improved by the blended learning technologies implementation.

The online educational technologies and blended learning are also described in the researches by S. Kemps, L. Burkova, K. Ellis Ryann, D. V. Anderson, E. Van Meer, M. Bradford, M. Porciello, N. Balkon, N. Backus and others.

Research objective. The research's main aim is to analyse modern blended learning methods and their implementation in Ukrainian higher educational system to give students an opportunity to get up-to-date knowledge. We argue that massive open online courses created in Ukrainian by leading specialists in their fields and their implementation to the educational process can give a chance to study regardless of students financial state or an opportunity to enroll to the leading universities. The massive open online courses have already started changes in modern Ukrainian education.

Statement of basic materials. The first successful massive open online courses platform in Ukraine was founded in October 2014 — Prometheus platform today has more than 500000 active users, and this number is constantly increasing [1]. All courses offered by the platform are in Ukrainian and most of them are developed by leading Ukrainian professors. In 2016, the Prometheus platform, together with leading universities in Ukraine, launched a pilot project on the blended learning technology using MOOC introduction. Four universities have joined the pilot project: the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", the Ivan Franko National University of Lviv, the Lviv Polytechnic National University, the Ukrainian Catholic University. The blended learning technologies introduction enables the professor to focus on communicating with students, assessing their skills and abilities, rather than presenting information material, which is sometimes difficult to hold in classroom. In a blended format, the student can spend time by himself at home or dormitory to learn the material and, during a problem-oriented lecture, present new materials and examples for both students and the teacher. Using media content increases the visibility of the material provided, develops associative relationships, which, in turn, increases the remembering new information quality. The materials availability online simplifies the learning process in general — no barriers and full access make it possible to master the discipline in a student-friendly manner and in a convenient place.

In modern blended learning practice different models are used. The most popular for higher education institutions is a rotational model of various types, a flex model, a la carte model and enriched virtual model [6, 7].

With the rotational model's use there are three types of interaction between the teacher and the students. First, the rotational model at stations, when students move from one part of the audience to another, from the station to the station with an activity's change. In Ukraine this model is used for higher education institution's students. For example, the first station provides video viewing, on the second station is practical use on the chosen equipment, on the third is testing, etc. The stations and the order of their use are selected by the teacher in accordance with the course's objectives, together with the students, to determine the type of work that will be most convenient for all participants in the educational process. The second option is laboratories rotation, which involves laboratory classes and the use of laboratory equipment. The third option is "flipped classrooms", in which all the lecture materials and preparation for the class are transmitted online, and in the classroom the students perform practical tasks and mastered other activities at home or in another environment with access to the Internet.

The Flex model is used as an open space that can be arranged so that up to 100 people are simultaneously trained. Each has access to all equipment hosted, can watch online video, can contact other students, and more. The teacher completely turns into a mentor, who explains incomprehensible moments, together with the student develops a "road map" for studying the discipline, and for each student, such a plan of training will be individual and everyone needs an individual approach.

The a la carte model envisages the presence of a full-time online tutor or classroom program - both lectures, and practical classes, as well as laboratory classes, if necessary, the student can do completely online, including checking his assignments using the online learning platform.

The enrich virtual model is available only in the world's leading institutions Each of the courses available in a particular higher education institution has two options: online and offline. A student can choose courses that he or she listens to in a regular audience, and maybe additionally or even as the principal take courses that he passes online on the platform of a higher education institution. Communication with the teacher is also happening online, as well as the student achievements assessment and their further consideration in the diploma.

Conclusions. The conducted research allowed to highlight the blended learning key benefits: increased interaction between faculty and students and students in the team; enhance active learning in the classroom; pre-preparation for further work in the classroom; analyzing interesting

cases, engaging media content instead of explaining basic concepts; access to materials at any time; resources saving. Among the disadvantages: dependence on technical equipment; great digital literacy threshold; lack of team work; motivation for self-study and mastering material.

The blended learning provides an opportunity to overcome the general lack of skilled staff in all areas of knowledge in Ukraine. Specialists in Ukraine do not have free access to most of the world's scientific developments, but due to the openness of massive online courses and the possibility of using lectures by leading specialists in the field, it is possible to overcome the gap in knowledge and provide students with relevant and substantiated material from the world's experts. A serious human resource problem in regional higher education institutions in Ukraine can be overcome by creating professional courses at higher educational institutions that are leaders in Ukrainian education in training.

Over the next two academic years, the Prometheus platform plans to introduce MOOC in a blended format in 40 higher educational institutions in Ukraine, most are technical universities.

References

1. Segol R. Blended learning in publishing and editing specialists trainings / R. Segol // The printing horizons. – Kyiv: 2016. – P. 81-90.
2. Andreas M. Kaplan. Higher education and the digital revolution: About MOOCs, SPOCs, social media, and the Cookie Monster // Business Horizons / M. Kaplan Andreas, Michael Haenlein. – Vol. 5. – Issue 4. – 2016. – P.441-450.
3. Carsten Keßler. Linked Data for science and education / K. Carsten, M. d'Aquin, S. Dietze // Semantic Web. – 2013. – V.4. – N.1. – P.1-2.
4. Mouromtsev D. ECOLE: Student Knowledge Assessment in the Education Process / D. Mouromtsev F. Kozlov, L. Kovriguina, O.Parkhimovich // Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web. – Florence, Italy, 2015.
5. Mouromtsev D. Metadata Extraction from Open edX Online Courses Using Dynamic Mapping of NoSQL Queries / D. Mouromtsev, A. Romanov, D. Volchek, F. Kozlov // Proceedings of the 25th International Conference Companion on World Wide Web. – Montréal, Québec, Canada, 2016.
6. Prometheus Platform. Online course “How to create MOOC” [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://courses.prometheus.org.ua/courses/Prometheus/MOOC101/2016_T1.
7. History and Trends of Learning Management System [Електронний ресурс] // Oxigile infographics. – 2016. Режим доступу: <https://www.oxagile.com/company/blog/history-and-trends-of-learning-management-system-infographics/>.

ВПРОВАДЖЕННЯ МАСОВИХ ВІДКРИТИХ ОНЛАЙН-КУРСІВ У ЗМІШАНОМУ ФОРМАТІ ЯК НОВИЙ ПІДХІД В УКРАЇНСЬКІЙ ВИЩІЙ ОСВІТІ

Сегол Р. І., Пархоменко А. В.

У статті висвітлено основні тенденції у освітньому процесі, зокрема – концепцію змішаного навчання. Представлені моделі змішаного навчання. Із оперттям на дослідження можливо сформулювати настанови для підготовки фахівців із використанням змішаного навчання та онлайн-навчання в системі української вищої освіти.

Ключові слова: змішане навчання, масовий відкритий онлайн-курс, ротаційна модель, флекс-модель, модель а ла карте, насичена віртуальна модель.

ВНЕДРЕНИЕ МАССОВИХ ОТКРЫТЫХ ОНЛАЙН-КУРСОВ В СМЕШАННОМ ФОРМАТЕ КАК НОВЫЙ ПОДХОД В УКРАИНСКОМ ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Сегол Р. И., Пархоменко А. В.

В статье описаны основные тенденции в образовании, а именно – концепцию смешанного обучения. Представлены модели смешанного обучения. Основываясь на исследовании возможно создание практических указаний для использования смешанного обучения и онлайн-обучения в подготовке будущих специалистов в системе высшего образования в Украине.

Ключевые слова: смешанное обучение, массовый открытый онлайн-курс, ротационная модель, флекс-модель, модель а ла карте, насыщенная виртуальная модель.

УДК 515.2

ВИДІЛЕННЯ ФАЗОВИХ КРИВИХ ПОДІБНИХ ЕЛІПСУ НА ОСНОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ХАФА

Семків О.М., д.т.н.,
Пікрасов М.М., к.т.н.,
Шевченко С.М.

*Національний університет цивільного захисту України
(м. Харків, Україна)*

Наведено спосіб визначення на фазовому портреті обмежувального еліпса за координатами базових точок на фазовій кривій методом перенесення до простору параметрів (перетворення Хафа).

Ключові слова: фазовий портрет, еліпсоподібна фазова крива, перетворення Хафа, комп'ютерна анімація.

Постановка проблеми. Нехай динамічну систему з апіорі існуючою точкою стійкої рівноваги задано диференціальним рівнянням з домінуючим параметром, значення якого необхідно визначити. Тоді для цього доцільно розробити програму побудови комп'ютерної анімації фазових портретів системи залежно від значень «домінуючого» параметра. Обмежимося динамічною системою, для якої характерною є множина спіралеподібних кривих, які прямують до стійкого центра. Для багатьох впроваджень актуальною буде питання визначення параметрів «обмежувального» еліпса мінімального розміру, який буде обмежувати множину спіралеподібних кривих. Перший етап визначення обмежувального еліпса на фазовому портреті базується на методі перенесення до простору параметрів (перетворення Хафа). А саме, кожний еліпс буде визначено за точками на відповідній спіралеподібній кривій. Другий етап визначення обмежувального еліпса на фазовому портреті полягає у описі рівнянням еліпса з центром в початку координат за координатами точок дотику еліпса з координатним прямокутником. Все це вказує на актуальність теми досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі зображень найчастіше буває необхідно виділяти різні криві (прямі, кола, еліпси, тощо). Визначити на фазовому портреті обмежувальний еліпс за координатами базових точок на спіралеподібній фазовій кривій можна методом перенесення до простору параметрів (він ще має назву перетворення Хафа). В цьому напрямку є дослідження професора А.В. Найдиша [1,2], а також Д.А.Вершок, Р.Х. Садихова [3

- 5], А. Дегтярьової і В. Верженец [6 - 7].

Існує ціла сім'я методів, заснованих на перетворенні Хафа. Огляд основних результатів здійснимо на основі [6 - 7]. Метод Хафа був уперше застосований для аналізу зображень пухиркової камери (пухиркова камера – це прилад для реєстрації слідів (або треків) швидких заряджених часток, дія якого заснована на скипанні рідини уздовж траєкторії частки).

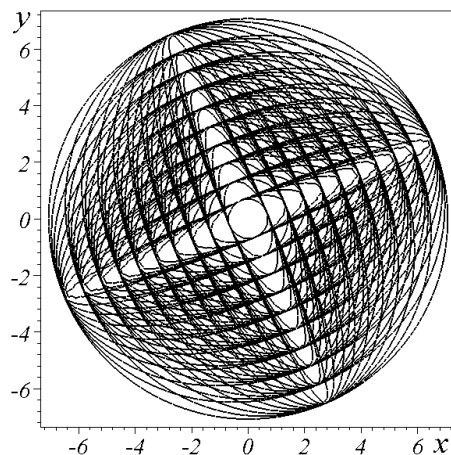


Рис. 1. Множина еліпсів

Теоретичні можливості перетворення Хафа дозволяють не обмежуватися площиною й дискретними кривими, його можна застосовувати для пошуку відповідних кривих у «хмарі» точок на площині або в багатомірному просторі. Тут терміном «хмара» позначено множину точок на площині, одержаних за певним алгоритмом, які можуть розміщатися не за системою. Однак, практичне застосування перетворення Хафа ускладнюється високою складністю алгоритму, як за часом, так і за пам'яттю, тому більшість модифікацій методу спрямовано на його модифікацію (прискорення).

Формулювання цілей статті. Визначити на фазовому портреті обмежувальний еліпс за координатами базових точок на спіралеподібній фазовій кривій методом перенесення до простору параметрів (перетворенням Хафа).

Основна частина. Основна ідея перетворення Хафа така. Нехай задана «хмара» точок у просторі R^m : $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ і сім'я параметрично заданих кривих: $F(\varphi, x) = 0$, де F - деяка функція, φ - вектор параметрів сім'ї кривих, x - координати точок з R^m . Кожне значення φ визначає одну криву, а вся множина значень φ утворить фазовий простір Φ кривих даної сім'ї.

У силу кінцевого об'єму пам'яті й дискретного машинного подання не можна розглядати кожне значення φ окремо, тому фазовий простір Φ розбивається на комірки, для чого вводиться регулярна мережа із заданим кроком дискретизації. Кожній комірці ставиться у відповідність лічильник. Набір всіх лічильників називається акумулятором.

Будь-яка комірка задає множину кривих, а значення лічильника комірки визначається кількістю точок із «хмари» X , що лежать хоча б на одній із цих кривих. Тоді якщо всі точки з X лежали на одній кривій з параметром φ_0 , то у відповідній комірці значення лічильника

буде максимальним [6]. Кожній прямій простору (x, y) відповідає точка фазового простору (R, θ) . Прямі «утворюють» синусоїду.

У свою чергу кожній точці простору (R, θ) відповідає набір точок (x, y) на зображенні, що утворюють пряму. Кожній точці (R_0, θ_0) простору (R, θ) можна поставити у відповідність лічильник, що відповідає кількості точок (x, y) , що лежать на прямій $x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0 = R_0$ [9].

Необхідно знайти рівняння еліпса, що «найближче» проходить повз N даних точок площини Oxy з координатами $\{(x_i; y_i), i = 1..N\}$. Розв'язувати задачу будемо методом віднесення $Oxy \Rightarrow Oab$ до простору параметрів еліпса. Для спрощення пояснення спочатку вважатимемо, що $\alpha = 0,4$. На рис. 1 наведено множину еліпсів на площині Oxy залежно від параметрів a і b . Відобразити точки $A(x, y)$ з площини Oxy на площину Oab можна за допомогою рівняння еліпса з півосями a і b , велика вісь якого «повернута» відносно осі Ox на кут α :

$$\left(\frac{x \cos \alpha + y \sin \alpha}{a} \right)^2 + \left(\frac{-x \sin \alpha + y \cos \alpha}{b} \right)^2 = 1. \quad (1)$$

Якщо зафіксувати значення x і y , то на площині Oab рівнянням (1) буде описано множину гіпербол, залежних від значень x і y .

Приклад 1. Для довільних на площині Oxy п'яти точок $(1,2; 2; 2,5; 3); (3,3; 1,5); (4,2; 3,2); (0,8; 2,7)$ (рис. 2) відображення за допомогою співвідношення (1) надасть на площині Oab (рис. 3) множину гіпербол ($\alpha = 0,4$). Перетин максимальної кількості гіпербол знаходиться в точці $(6,2; 2,2)$. Точніше ці значення визначаються шляхом обчислення екстремуму побудованої гістограми. Для цього можна побудувати відповідні гістограми. На рис. 4 зображено відновлений еліпс.

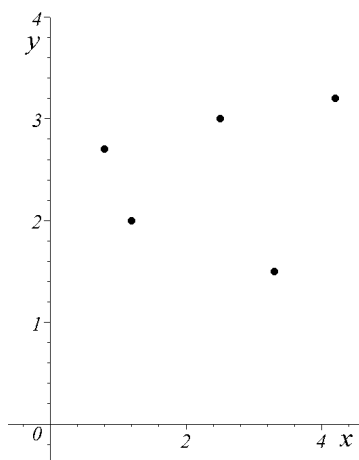


Рис. 2. Дані точки

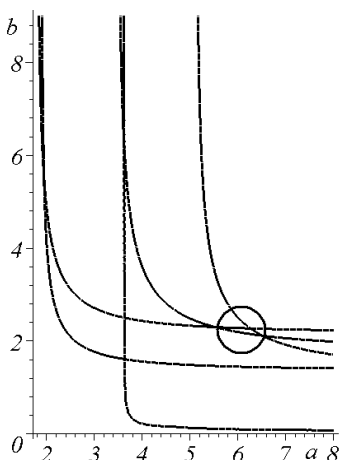


Рис. 3. Область перетину гіпербол

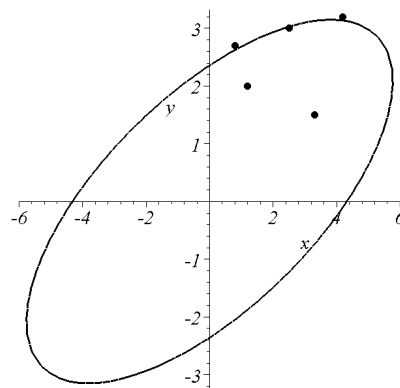


Рис. 4. Еліпс, відновлений за даними п'ятьма точками

Рівняння відновленого еліпса матиме вигляд:

$$\left(\frac{x \cos \alpha + y \sin \alpha}{6,2} \right)^2 + \left(\frac{-x \sin \alpha + y \cos \alpha}{2,2} \right)^2 = 1. \quad (2)$$

Приклад 2. Нехай послідовність з 10 точок обрано на спіралеподібній кривій: (5,2;1,8); (2,2; -1); (0,3; -2,5); (-2,2; -3); (-5,8; -2,7); (-6.; -1,2); (-2,5;1,3); (-0,3; 1,8); (2,2; 3); (5,8; 2,7). ($\alpha=0,4$).

За допомогою відображення $Ox \Rightarrow Oab$ здійснимо віднесення параметрів еліпса у простір множини гіпербол в системі координат Oab ($\alpha=0,4$). (рис. 5).

Далі необхідно знайти точку $(a; b)$ максимальної кількості гіпербол, які перетинаються. При цьому можливим є наявність декількох зон перетинів (наприклад, трьох, як на рис. 5).

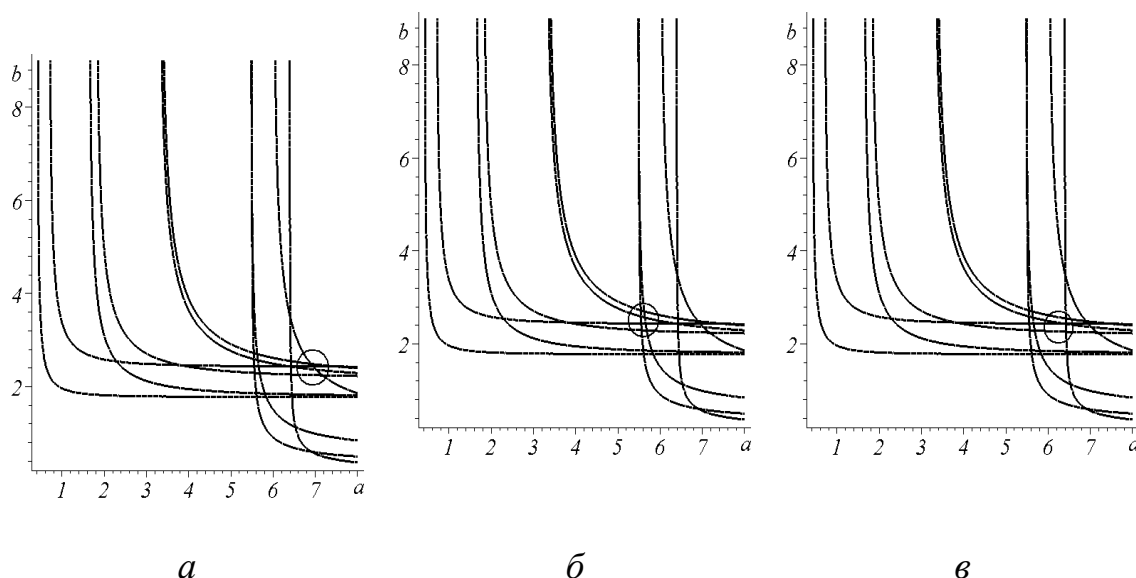


Рис. 5. Перетин гіпербол в точках
(7; 2,3) – а; (5,8; 2,3) – б; (6,2; 2,2) – в.

Після підстановки двійок чисел (7; 2,3); (5,8; 2,3); (6,2; 2,2) в формулу (1) як значень $(a; b)$ одержимо варіанти опису різновидів еліпсів (рис. 6):

$$\begin{aligned} f &:= 1 - 0.02040816327 (0.9210609940 x + 0.3894183423 y)^2 \\ &\quad - 0.1890359168 (-0.3894183423 x + 0.9210609940 y)^2 ; \\ f &:= 1 - 0.02972651605 (0.9210609940 x + 0.3894183423 y)^2 \\ &\quad - 0.1890359168 (-0.3894183423 x + 0.9210609940 y)^2 ; \\ f &:= 1 - 0.02601456816 (0.9210609940 x + 0.3894183423 y)^2 \\ &\quad - 0.2066115702 (-0.3894183423 x + 0.9210609940 y)^2 . \end{aligned} \quad (3)$$

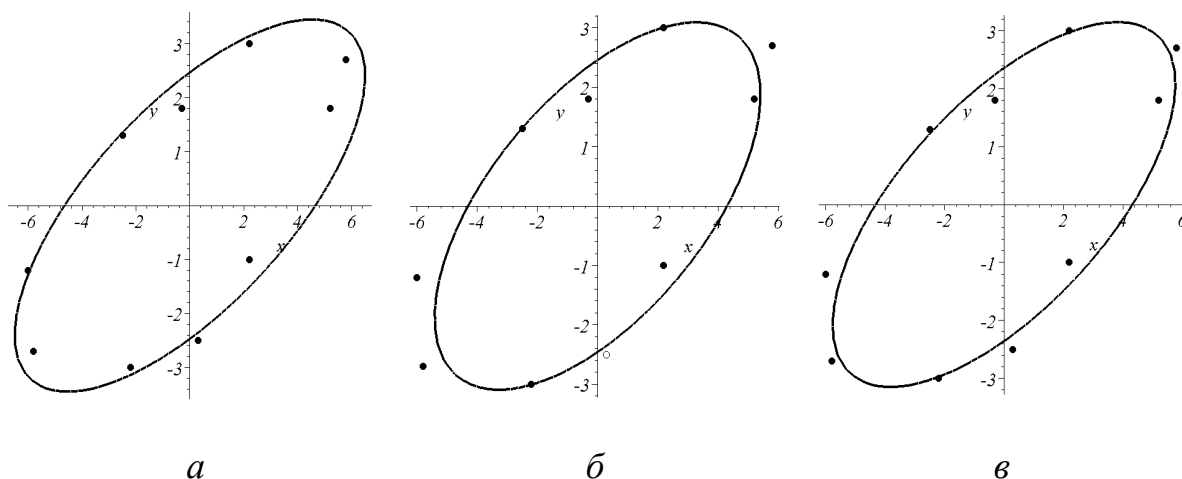


Рис. 6. Відновлення еліпса, коли перетин гіпербол знаходиться в точках з координатами $(7; 2,3)$ – а; $(5,8; 2,3)$ – б; $(6,2; 2,2)$ – в.

Серед одержаних розв'язків прийнятний варіант пропонується вибрати за умови мінімуму суми відстаней від даних точок до описаного еліпса. У випадку, коли необхідно визначити і кут повороту еліпса, то віднесення параметрів до тривимірного простору $Oaba$ слід здійснювати за формулою (1). На рис. 7 зображено квазіеліптичний циліндр, описаний у просторі $Oxua$ рівнянням (1) для фіксованих значень a і b .

Цьому циліндру у просторі $Oaba$ відповідатиме квазігіперболічна поверхня, описана рівнянням (1) за умови, що значення x і y фіксовано. Для квазігіперболічної поверхні характерним є наявність гіпербол в її перетинах площинами рівня $\alpha = \text{const}$ (рис. 8).

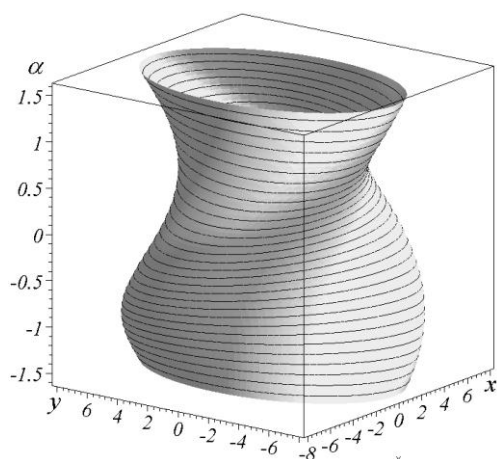


Рис. 7. Квазіеліптична циліндра поверхня

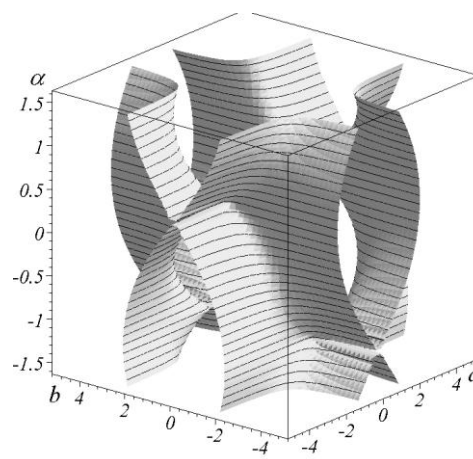
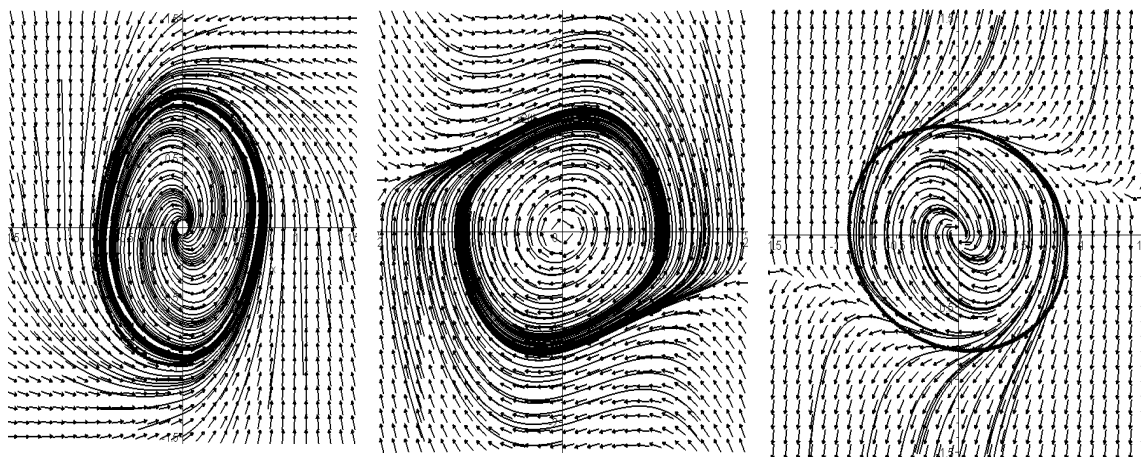


Рис. 8. Квазігіперболічна поверхня простору параметрів

На рис. 9 наведено приклади виконання програми для деяких систем диференціальних рівнянь.



$$\frac{dx}{dt} = x - y - x(|x| + |y|);$$

$$\frac{dx}{dt} = y;$$

$$\frac{dx}{dt} = y;$$

$$\frac{dy}{dt} = 2x + y - y(|x| + |y|)$$

$$\frac{dy}{dt} = -x - (-0,25 + x^2)y$$

$$\frac{dy}{dt} = -x - y(1 - 3x^2 - 2y^2)$$

Рис. 9. Визначення еліпса за точками на спіралеподібних кривих

Для дослідження стійкості коливальної системи необхідно розглянути знайдений фрагмент фазового портрета з точкою стійкого фокуса, в яку збігаються спіралеподібні фазові траєкторії. Кожну зі спіралеподібних фазових траєкторій необхідно апроксимувати еліпсом (рис. 10). В одержаній послідовності еліпсів слід обмежитися тим еліпсом, відстань до якого від точки на спіралеподібній кривій не буде перевищувати деяке наперед задане число ε . Саме цей еліпс (рис. 11) вважатиметься обмежувальним області стійкості коливальної системи.

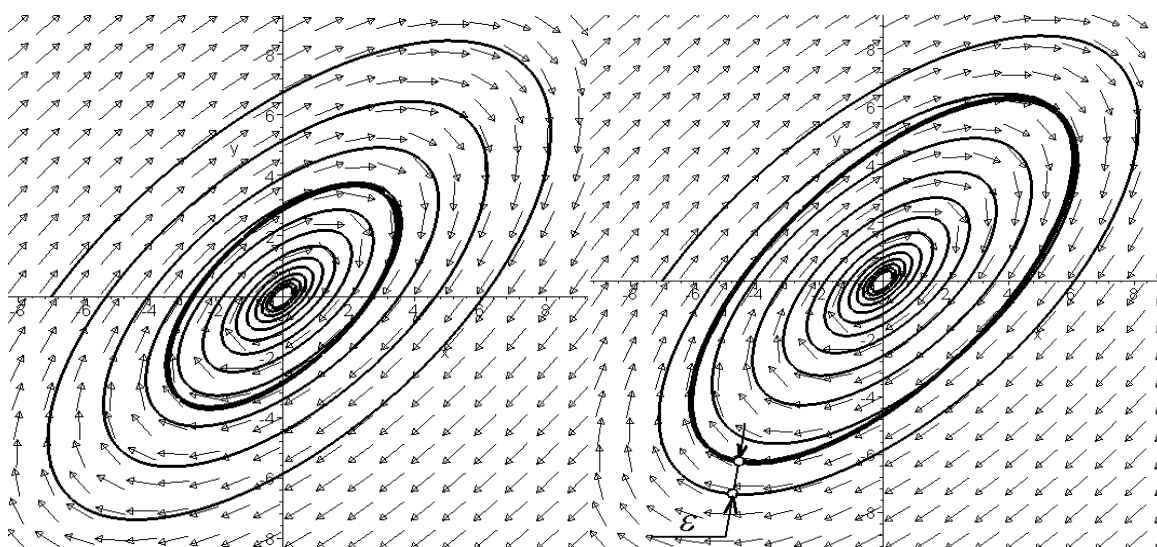


Рис. 10. Наближення еліпсами спіралеподібних кривих

Рис. 11. Обмежувальний еліпс спіралеподібних кривих

Якщо вихідна «хмара» точок X утворить кілька кривих із заданого сім'ї, то для виділення кожної необхідно повторити весь алгоритм спочатку (попередньо викинувши з розгляду точки вже виділених кривих).

Висновки. Складено програму комп'ютерної анімації фазових портретів диференціальних рівнянь залежно від зміни параметра, що дозволило виявити спіралеподібні фазові криві, які прямують до стійкої точки. На базі цього розроблено спосіб визначення еліпса мінімального розміру серед еліпсів, які апроксимують спіралеподібні фазові криві, що дозволило здійснити еліптичну локалізацію стійкого фокуса на фазовому портреті за допомогою обмежувального еліпса. Для виявлення еліпса загального положення, який проходив би повз N даних точок площини Oxy , необхідно у просторі параметрів $Oaba$ описати N квазігіперболічних поверхонь та визначити точки простору $Oaba$, в околі яких кількість перетинів цих поверхонь буде максимальною.

Література

1. Найдыш А.В. Геометрическое моделирование дискретных точечных множеств на основе перенесения в пространство параметров: дисс.... Докт. техн. наук: 05.01.01 / Найдыш Андрей Владимирович. – К.: КНУСА, 1998. – 291 с.
2. Найдыш А.В. Решение задач геометрического моделирования на основе перенесения в пространство параметров / А.В. Найдыш // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К.: КДТУБА, 1997. – Вип.62. – С.56-59.
3. Вершок Д.А. Алгоритм выделения эллиптических объектов основанный на преобразовании Хафа и использовании геометрических свойств объектов / Д.А. Вершок // Новые технологии в машиностроении и вычислительной технике: Труды X науч.-техн. конф./ Брестский политехн. ин-т.– Брест, 1998.– 2ч. – С. 92-96.
4. Вершок Д.А. Алгоритм выделения эллипсов на основе преобразования Хафа / Д.А.Вершок, Р.Х.Садыхов // Цифровая обработка информации и управление в чрезвычайных (экстремальных) ситуациях (ЦОИУЧС-98): Труды 1-ой межд. конф., Минск, Беларусь, 22-25 сент. 1998 г. / Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси.– Минск, 1998.– Т.3.– С. 56-59.
5. Вершок Д.А. Алгоритмические средства обработки и анализа изображений на основе преобразования Хафа: автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.15 – Вычислительные машины и системы / Д.А. Вершок. – Минск:

- Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2002. – 22с.
6. Дегтярева А. Преобразование Хафа [Электронный ресурс] / А. Дегтярева, В. Вежневек // Онлайн журнал "Графика и Мультимедиа". – Выпуск 1. – 2003. Режим доступа: <http://cgm.graphicon.ru/issue1/hough/index.html>.
 7. Дегтярева А. Преобразование Хафа (Hough transform) [Электронный ресурс] / А. Дегтярева, В. Вежневек // Компьютерная графика и мультимедиа. – Выпуск №1(1). – 2003. Режим доступа: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/36>.
 8. Компьютерная графика [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://cgm.graphicon.ru/metodyi/hough_transform.html
 9. Куценко Л.М. Визначення критичних значень параметрів нелінійних диференціальних рівнянь за допомогою анімації зображень їх розв'язків / Л.М. Куценко, М.М. Пікрасов // Прикладна геометрія і інженерна графіка. – Київ: КНУТД, 2007. – Випуск 78. – С. 33–40.

ВЫДЕЛЕНИЕ ФАЗОВЫХ КРИВЫХ ПОДОБНЫХ ЭЛЛИПСУ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА

Семкив О.М., Шевченко С.Н., Пикрасов М.М.

Приведен способ определения на фазовом портрете ограничительного эллипса по координатам базовых точек на фазовой кривой методом перенесения в пространство параметров (преобразования Хафа).

Ключевые слова: фазовый портрет, эллипсоподобная фазовая кривая, преобразование Хафа, компьютерная анимация.

SELECTION OF PHASE CURVES SIMILAR TO ELLIPSE BASED ON THE HOUGH TRANSFORM

Semkiv O., Shevchenko S., Piksasov M.

The method of determining the limiting ellipse on the base points coordinates on the spiral-like phase curve on the phase portrait by the method of transferring parameters to the parameter space (Hough transform) is presented.

Keywords: phase portrait, ellipse-like phase curve, Hough transform, computer animation.

УДК 512.2

РАСТРОВА ГРАФІКА ПАКЕТУ PHOTOSHOP

Скиба О.П., к.т.н.,

Ковбашин В.І., к.х.н.,

Пік А.І., к.т.н.

*Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя (Україна)*

Робота стосується розробки та впровадження у навчальний процес методики вивчення розділу растрова графіка засобами пакету Photoshop у курсі „Комп’ютерна графіка” в режимі веб-конференції в системі ATUTOR.

Ключові слова: веб-конференція, дистанційне навчання, растрова графіка, Photoshop, комп’ютерна графіка, програма Atutor.

Постановка проблеми. Впровадження нових методів навчання, передових комп’ютерних технологій при вивченні технічних дисциплін набуває особливої актуальності в даний час, оскільки це забезпечує належну якість вищої освіти фахівців та їхню конкурентноспроможність на європейському та світовому ринках. Зокрема, це стосується дистанційного вивчення курсу «Комп’ютерна графіка» та впровадження у навчальний процес відповідного електронного дистанційного курсу. Це дозволяє викладачу якісно подавати значний об’єм навчальної інформації, надавати допомогу при реалізації самостійної роботи, а також оперативно здійснювати контроль знань студентів. У межах даного курсу студенти освоюють растрову, векторну графіку, а також тримірне моделювання.

Навчально-методичне забезпечення електронного курсу «Комп’ютерна графіка», зокрема і розділу «Растрова графіка засобами пакету Photoshop» передбачає дистанційне навчання студентів в режимі веб-конференції, що є важливим інструментом особливо для студентів заочної та екстернатної форм навчання. Оптимальне застосування навчання в режимі онлайн успішно реалізуються у нашому університеті, зокрема на кафедрі будівельних конструкцій при вивченні дистанційних курсів «Нарисна геометрія», «Інженерна графіка» [1-3], що дозволяє економити значні матеріальні ресурси особливо в осінньо-зимовий період.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При вивченні розділу «Растрова графіка засобами пакету Photoshop» електронного дистанційного курсу „Комп’ютерна графіка” в режимі веб-

конференції ми використовували програму ATutor, яка розробляється та підтримується з 2001 року Greg Gay, Joel Kronenberg і Heidi Hazelton із Adaptive Technology Resource Centre, University of Toronto [4].

Формулювання цілей статті. Дана праця присвячена розробці та впровадженню в навчальний процес методики вивчення розділу “Растрова графіка засобами пакету Photoshop” електронного дистанційного курсу „Комп’ютерна графіка” в режимі веб-конференції з використанням програми Atutor.

Основна частина. На першому етапі вивчення розділу “Растрова графіка засобами пакету Photoshop” електронного дистанційного курсу „Комп’ютерна графіка” в режимі веб-конференції створюється конференція, де подається назва та опис зустрічі, вказується запланований початок та кінець зустрічі, а також її статус. На рис. 1 відображена сторінка курсу „Комп’ютерна графіка” (розділ “Растрова графіка засобами пакету Photoshop”) „Веб-конференції та семінари”.

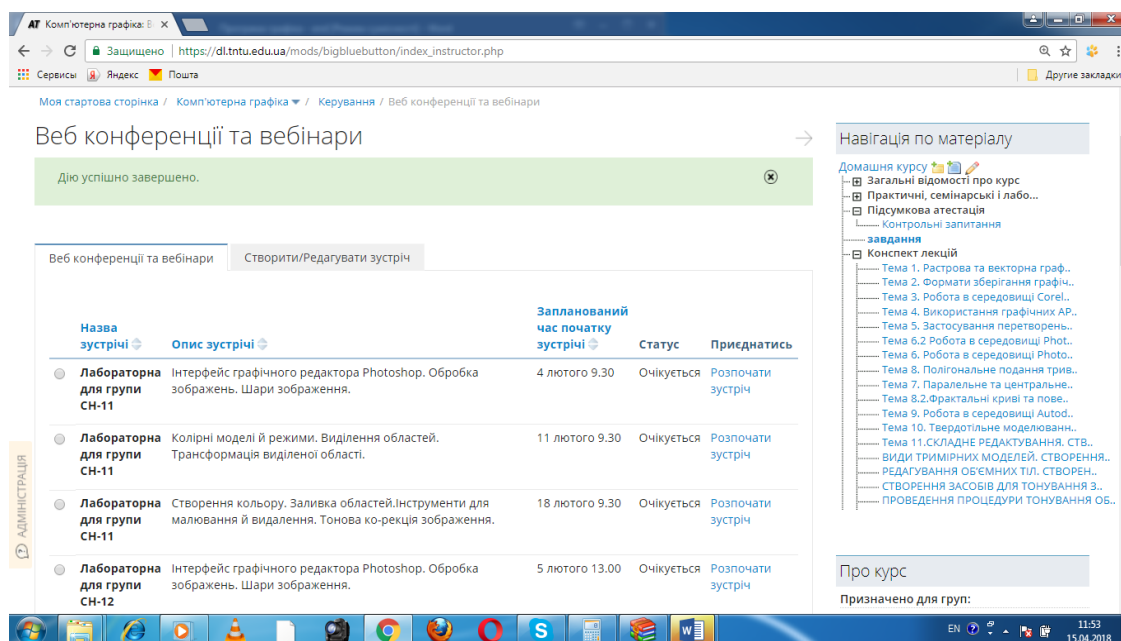


Рис. 1. Веб конференції та семінари

Для попереднього ознайомлення з назвою конференції, її описом, для яких груп вона призначена, а також повторюваність та її початок та кінець використовують інструмент „Календар”.

Проведення заняття в режимі веб-конференції дозволяє за допомогою відповідних інструментів масштабувати, обводити, змінювати кольори та форму контурів обводки зображень, що значно спрощує пояснення вивчаємого матеріалу. Режим веб-конференції передбачає попереднє завантаження вивчаємого матеріалу.

На рис. 2 наведений приклад подання вивчаемого матеріалу при проведенні практичного заняття.

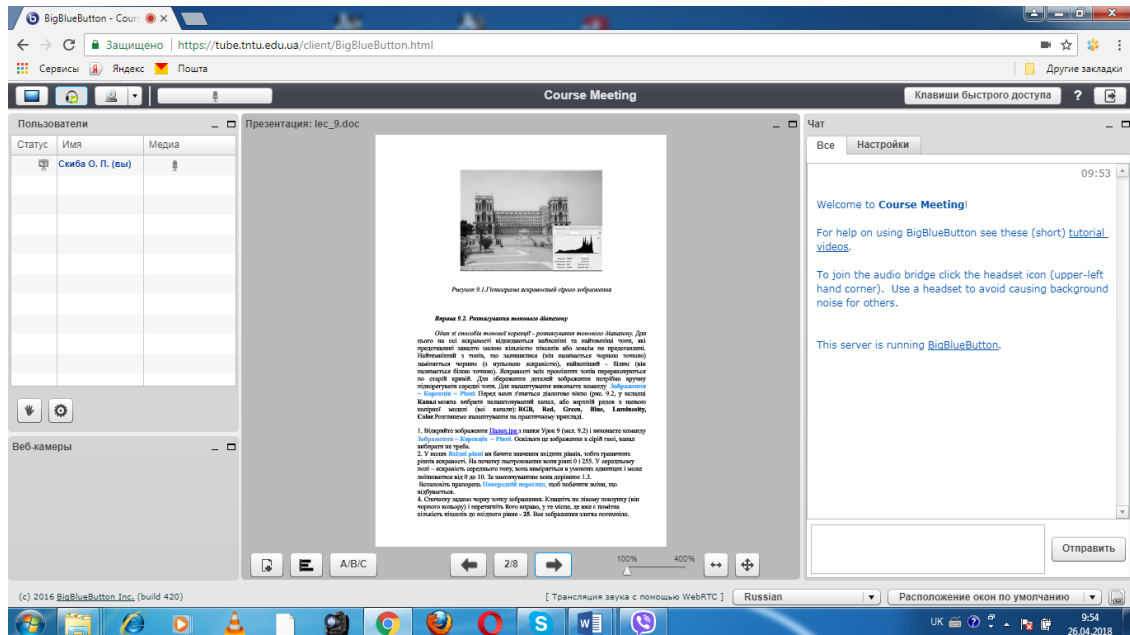


Рис. 2. Приклад подання вивчаемого матеріалу

Графічні роботи, виконані у програмі Photoshop, студенти завантажують у “Скриньку завдань”. Це дає можливість викладачу дистанційно оцінити їх (рис. 3).

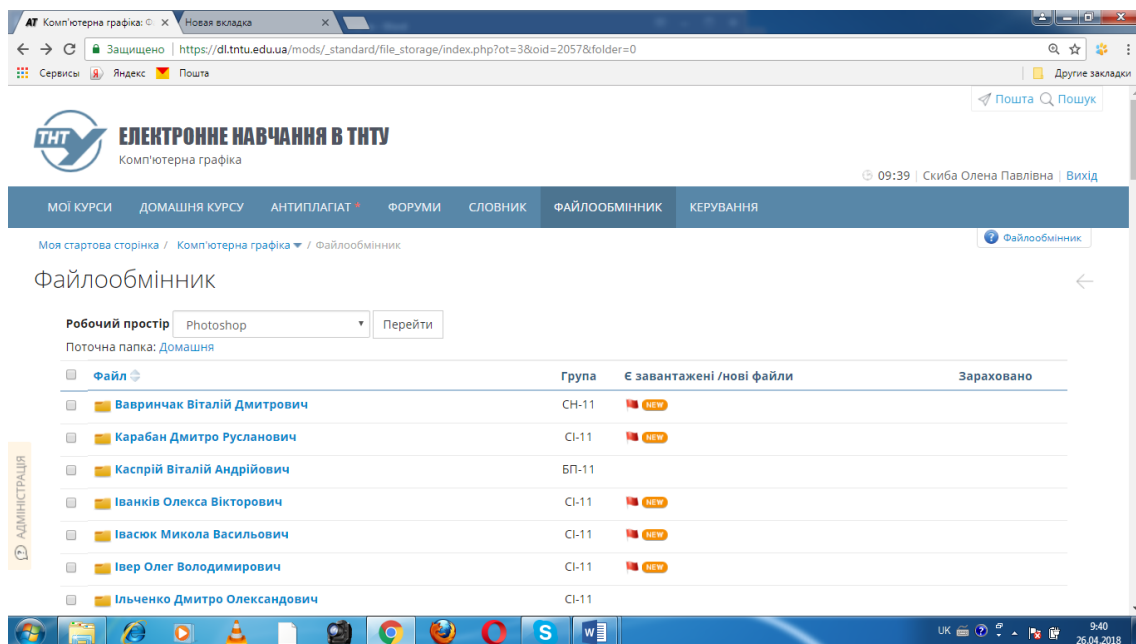


Рис. 3. Скринька завдань

Проведення занять в режимі веб-конференції наближає проведення заняття до максимально реального. Студенти можуть спілкуватись із викладачем в прямому ефірі, користуючись веб-

камерами, або ж в текстовому режимі спілкування. Система дозволяє викладачу включати і відключати студентам мікрофони та веб-камери і надавати слово конкретному студенту, а також робити студента своїм асистентом.

Для об'єктивного оцінювання рівня знань студентів розроблені тестові завдання (рис. 4), а підсумкові оцінки виставляються у електронний, що дає можливість сформувати на основі них відомість та вирахувати семестрову оцінку.

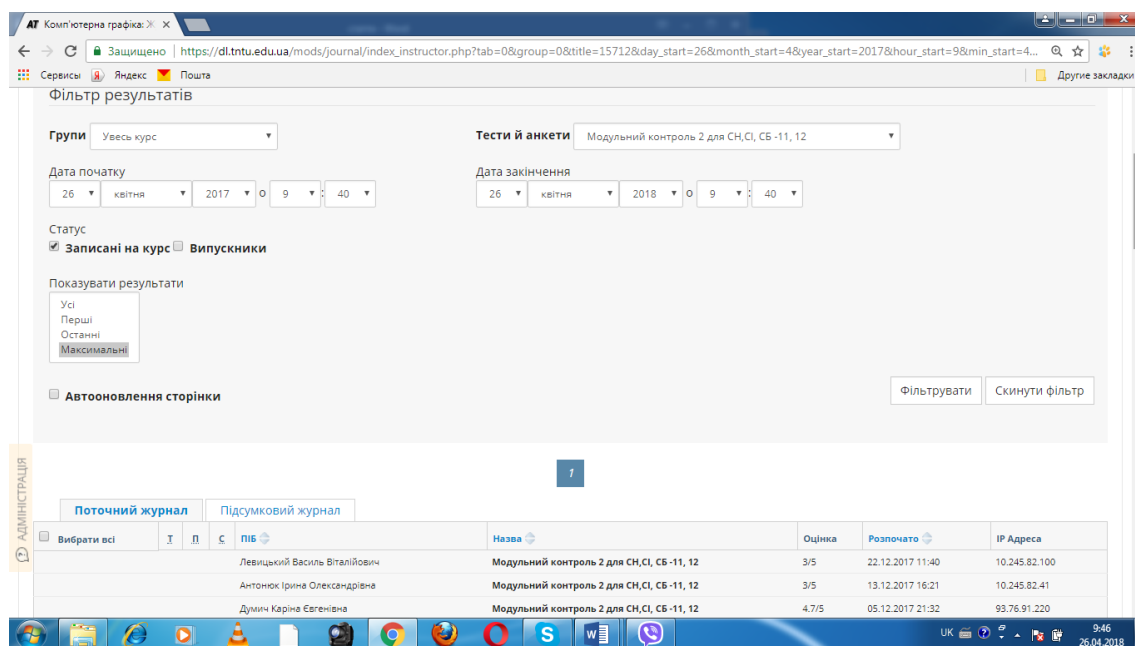


Рис. 4. Тести

Висновки. Вивчення розділу «Растрова графіка засобами пакету Photoshop» електронного дистанційного курсу „Комп’ютерна графіка” в режимі веб-конференції в системі програми ATutor дозволяє проводити заняття максимально в реальному режимі, знаходячись поза межами аудиторії, що спрощує та полегшує роботу як викладача так і студента.

Література

1. Ковбашин В.І. Особливості дистанційного курсу „Нарисна геометрія” на основі кредитно-модульної системи організації навчального процесу / В.І. Ковбашин, А.І. Пік // Збірник праць десятої міжнародної ювілейної науково-практичної конференції „Сучасні проблеми геометричного моделювання”. – Мелітополь: ТГАТА, 2008. – С. 71-76.
2. Ковбашин В.І. Особливості дистанційного курсу „Інженерна графіка” / В.І. Ковбашин, А.І. Пік // Збірник праць дванадцятої міжнародної науково-практичної конференції „Сучасні проблеми

геометричного моделювання”. – Мелітополь: ТГАТА, 2010. – С. 60-64.

3. Скиба О.П. Графічно-інженерна підготовка англomовних студентів в режимі веб-конференції в системі ATutor / О.П. Скиба, В.І. Ковбашин, А.І. Пік // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць МДПУ ім. Б. Хмельницького, Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. - Вип. 8, С. 133-137.
4. Костишин С.О. Розробка навчальних курсів у системі ATutor / С.О. Костишин, С.О. Войт // Методичні вказівки для викладачів (інструкторів). – Тернопіль: ТДТУ, 2006. – 41с.

РАСТРОВАЯ ГРАФИКА ПАКЕТА PHOTOSHOP

Скиба О.П., Ковбашин В.И., Пик А.И.

Работа касается разработки и внедрения в учебный процесс методики изучения раздела растровая графика средствами пакета Photoshop курса „Компьютерная графика” в режиме веб-конференции в системе ATUTOR.

Ключевые слова: веб-конференция, дистанционное обучение, растровая графика, Photoshop, компьютерная графика, программа Atutor.

RASTE GRAPHICS OF PHOTOSHOP PACKAGE

Skyba O., Kovbashyn V., Pik A.

The technique of teaching the course “Engineering graphics” according to the terms of credit-unit system and in the mode of web-seminars in ATUTOR systems is considered in this paper. The main tools of the course, as well as the specific methods of teaching students are analyzed.

Keywords: web conference, remote education, engineering graphics, program Atutor.

УДК 621.372.061

МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ: ТЕСТОВЫЕ ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Финогенов А.Д., к.т.н.,

Ладогубец Т.С.,

Залевский С.В., к.т.н.

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)*

В работе предложены тестовые примеры для определения основных параметров в программном обеспечении, которое реализует метода анализа иерархий (МАИ).

Ключевые слова: МАИ, парные сравнения, многокритериальное принятие решений, тестирование программного обеспечения.

Постановка проблемы. При использовании программного обеспечения для математических расчетов или моделирования, инженер-проектировщик должен владеть полной информацией о методах и их модификациях, настроечных параметрах и их предельных значениях и т.д. для правильного формирования задания на исследование и интерпретации результата. Во многих случаях, информации в документации, поставляемой с программным обеспечением, недостаточно ввиду неполноты описания или умышленного сокрытия от конкурентов. Однако, во многих научных статьях даже весьма авторитетные авторы не придерживаются единых правил подачи научной информации, а именно: основополагающего требования к эксперименту – его воспроизводимости. Часто данных, которые приводятся в статьях или даже монографиях, недостаточно для перепроверки результатов и подтверждения сделанных выводов, а значит можно поставить под сомнение и само исследование.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблема неполноты исходных данных в публикуемых результатах исследований, затрагивалась в [1], где проводился анализ публикаций по тематике использования метода анализа иерархий (МАИ) в области медицины. Вопросы воспроизводимости результатов привели, например, к созданию Центра открытых наук [2] и таких групп, как Reproducibility Project: Psychology [3] для проверки результатов в области психологии.

Формулировка целей статьи. В статье предлагаются ряд тестовых примеров с результатами расчетов, позволяющих

определить используемые константы, настройки и алгоритмы расчета в программном обеспечении, реализующем МАИ.

Основная часть. Метод анализа иерархий или в западной литературе Analytic Hierarchy Process (АНР), был предложен Томасом Саати [4] в переводе на русский [5]. Рассмотрим основные этапы МАИ.

1. Структуризация проблемы в виде иерархии.

В общем случае, иерархия может состоять из уровня цели исследования, нескольких уровней критериев (или акторов), уровня альтернатив и быть как полносвязанной, так и неполносвязанной. Существующее программное обеспечение предоставляет разные возможности по количеству уровней иерархии, его связанности, количеству критериев и альтернатив, допустимых на каждом уровне, поэтому для тестовых примеров наиболее универсальным является использование типовой 3-х уровневой полносвязанной иерархии («Цель» – «Критерии» – «Альтернативы»), с малым количеством альтернатив и критериев. Оценки всех альтернатив по каждому из критериев формируют N обратно-симметричных матриц размерности M , где N – количество критериев, M – количество альтернатив. Дополнительно, путем парных сравнений, заполняется матрица важности критериев для достижения цели размерности N .

2. Проведение экспертом парных сравнений элементов иерархии.

Сравнение альтернатив происходит обычно путем попарного сравнения с использованием шкалы (1) [5]. Однако встречаются примеры использования и других шкал, например [6,7].

$$\Omega = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2\}. \quad (1)$$

3. Расчет локальных весов элементов иерархии.

Для расчета локальных весов, наиболее часто используются нормированные значения собственного вектора матрицы или его приближенное значение на основе среднего геометрического. Для ручного подсчета могут использоваться значения сумм строк матрицы.

4. Оценка согласованности мнения эксперта.

Оценка согласованности. чаще всего, осуществляется на основе соотношения (2):

$$OC = \frac{ИС}{СИ} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \cdot \frac{1}{СИ}, \quad (2)$$

где ИС – индекс согласованности, показывающий отклонение от полностью согласованной матрицы (для согласованной матрицы $\lambda_{\max} = n$), СИ – индекс случайной согласованности, показывающий среднее значение ИС для случайно-заполненных матриц. Мнение эксперта считается согласованным, если $OC < 0,1$ [4]. В более поздних работах [9], Т. Саати рекомендовал использовать порог $OC < 0.05$ для

матриц размерности 3x3, $OC < 0.08$ для матриц размерности 4x4 и $OC < 0.1$ для матриц размерности 5x5 и выше.

В зависимости от метода определения значения максимального собственного числа матрицы и количества экспериментов, значения СИ у разных авторов несколько отличаются [8]. Наиболее часто используются данные, приведенные в [4, 9] (табл. 1).

Таблица 1

Индекс случайной согласованности

Порядок	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10
СИ [4]	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49
СИ [9]	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

5. Расчет глобальных весов элементов иерархии.

Для типовой 3-х уровневой иерархии, расчет глобальных весов представляет собой линейную свертку матрицы локальных весов значений альтернатив по критериям и вектора весов критериев. Оценку согласованности мнения эксперта для всей иерархии $OC(I)$ можно рассчитать, используя (3):

$$OC(I) = OC(K) + OC(K_i) \times W(K_i), \quad i = \overline{1, N}, \quad (3)$$

где $OC(K)$ – оценка согласованности матрицы критериев, $OC(K_i)$ – оценка согласованности матрицы парных сравнений альтернатив по i -му критерию, $W(K_i)$ – вес i -го критерия.

Тест 1. Определение используемой шкалы СИ.

Для определения используемой шкалы СИ (табл. 1), проще всего использовать матрицу 3x3, т.к. для данной размерности матрицы разница в значениях СИ максимальная между двумя шкалами. Схема иерархии данного теста представлена на рис. 1.

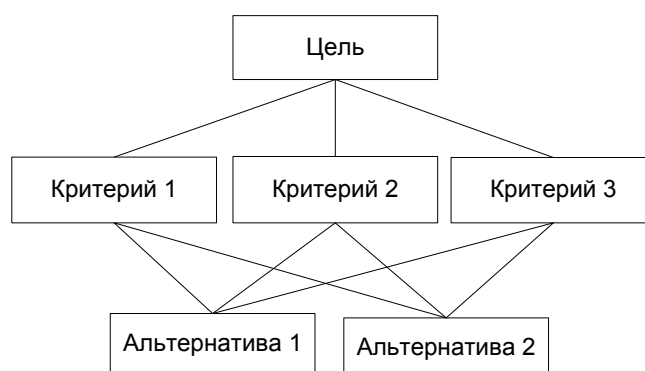


Рис. 1. Схема иерархии

Матрицы парных сравнений альтернатив по критериям имеют размерность 2x2, заполняются «1» и являются согласованными. Таким

образом оценка согласованности зависит только от значений матрицы сравнения критериев (3).

В случае, если программное обеспечение не дает информации о численном значении оценки согласованности, а только о факте согласована матрица парных сравнений или нет, необходимо учитывать возможные различия в пороге ОС (п.4). На основании (2), получим граничные значения λ_{\max} , при которых матрица считается согласованной для разных значений СИ и порогов согласованности (табл. 2).

Таблица 2

Значения λ_{\max} , при которых матрица согласована

СИ	Значение порога согласованности	
	ОС < 0.05 [9]	ОС < 0.1 [4]
СИ(3) = 0.52 [9]	$\lambda_{\max} < 3.052$	$\lambda_{\max} < 3.116$
СИ(3) = 0.58 [4]	$\lambda_{\max} < 3.058$	$\lambda_{\max} < 3.104$

Тест 1а. Определение используемой шкалы СИ (порог ОС < 0.05)

Матрица парных сравнений критериев для «Тест 1а» имеет вид:

К	К1	К2	К3
К1	1	2	1
К2	1/2	1	1
К3	1	1	1

Для данной матрицы $\lambda_{\max} = 3.053622$ ОС (для СИ=0.52) = 0.052 (матрица несогласованна); ОС (для СИ=0.58) = 0.046 (матрица согласована).

Тест 1б. Определение используемой шкалы СИ (порог ОС < 0.1)

Матрица парных сравнений критериев для «Тест 1б» имеет вид:

К	К1	К2	К3
К1	1	1/9	1/6
К2	9	1	4
К3	6	1/4	1

Для данной матрицы $\lambda_{\max} = 3.107847$. ОС (для СИ=0.52) = 0.104 (матрица несогласованна); ОС (для СИ=0.58) = 0.093 (матрица согласована).

Тест 2. Определение метода расчета локальных весов.

Т.к. метод среднего геометрического и метод собственного

вектора для матрицы размерностью 3×3 имеют одинаковое аналитическое решение, то определение метода расчета локальных весов целесообразно проводить на иерархии, аналогичной изображенной на рис. 1, с изменением количества критериев до четырех. Расчет локальных весов может идти с разной точностью, поэтому результирующие значения весов каждого из критериев должны быть достаточно отделены друг от друга (табл. 3).

Матрица парных сравнений критериев для теста 2 имеет вид:

К	К1	К2	К3	К4
К1	1	1/9	1/6	1/7
К2	9	1	4	5
К3	6	1/4	1	2
К4	7	1/5	1/2	1

Таблица 3

Результаты вычислений весовых коэффициентов

Точность	Методы расчета*		
	Собственного вектора	Среднего геометрического	Строчных сумм
1E– 2	0.04; 0.60; 0.21; 0.15	0.04; 0.60; 0.22; 0.15	0.04; 0.50; 0.24; 0.23
1E– 3	0.038; 0.600; 0.210; 0.152	0.037; 0.598; 0.215; 0.149	0.038; 0.508; 0.248; 0.206
1E– 4	0.0381; 0.5997; 0.2104; 0.1518	0.0371; 0.5985; 0.2150; 0.1494	0.0370; 0.4952; 0.2411; 0.2267
1E– 5	0.03808; 0.59972; 0.21045; 0.15175	0.03722; 0.60110; 0.21598; 0.14571	0.03702; 0.49517; 0.24107; 0.22674
1E– 6	0.038080; 0.599720; 0.210448; 0.151753	0.037055; 0.598465; 0.215031; 0.149450	0.037024; 0.495170; 0.241070; 0.226736

* в результате округлений, сумма коэффициентов может не равняться 1

Выводы. Предложенные тестовые примеры позволяют определить основные параметры МАИ в программном обеспечении для воспроизводимости полученных результатов.

Литература

1. Schmidt K. Applying the Analytic Hierarchy Process in healthcare research: A systematic literature review and evaluation of reporting / Katharina Schmidt, Ines Aumann, Ines Hollander et. al. // BMC Medical Informatics and Decision Making. – 2015. – Vol. 15. – P.1–27.
2. Центр открытых наук [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cos.io/>.
3. Проект Reproducibility Project: Psychology [Электронный ресурс].

Режим доступа: <http://osf.io>

4. Saaty T. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation / Thomas L. Saaty. – New York: McGraw-Hill, 1980. – ISBN 0-07-054371-2. – 287 p.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: «Радио и связь», 1993. — 278 с.
6. Salo A. On the Measurement of Preference in the Analytic Hierarchy Process / A. Salo, R. Hamalainen // Journal of Multi-Criteria Decision Analysis. – 1997. – Vol. 6. – P. 309–319.
7. Koczkodaj W.W. Using consistency-driven pairwise comparisons in knowledge-based systems / W.W. Koczkodaj, M.W. Herman, M.Orlowski // Proceedings of the sixth international conference on Information and knowledge management. – ACM Press, 1997. – P. 91–96.
8. Панкратова Н.Д. Моделі і методи аналізу ієрархій. Теорія. Застосування: навч. посібник / Н.Д. Панкратова, Н.І. Недашковська. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка», 2010. – 372 с.
9. Saaty T. Comparison of eigenvalue, logarithmic least squares and least squares methods in estimating ratios / Thomas L. Saaty, Luis G. Vargas // Mathematical Modelling. – 1984. – Vol. 5. – P. 309–324.

МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ: ТЕСТОВІ ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Фіногенов О.Д., Ладогубець Т.С., Залевський С.В.

В роботі запропоновані тестові приклади для визначення основних параметрів у програмному забезпеченні, що реалізує метод аналізу ієрархій (МАІ).

Ключові слова: МАІ, парні порівняння, багатокритеріальне прийняття рішень, тестування програмного забезпечення.

ANALYTIC HIERARCHY PROCESS: TEST CALCULATION EXAMPLES FOR THE SOFTWARE ANALYSIS

Finogenov A., Ladogubets T., Zalevskyi S.

The textbook proposed test examples for determining the main parameters in the software that implements the analytic hierarchy process.

Key words: AHP, pairwise comparison, multicriteria decision making, software testing.

УДК 514.18

ФОРМИРОВАНИЕ ОБВОДОВ С ЗАДАНЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Холодняк Ю.В., к.т.н.,

Гавриленко Е.А., к.т.н.

Мелитопольская школа прикладной геометрии

Таврический государственный агротехнологический университет

(г. Мелитополь, Украина)

Дубинина А.В., аспирант*

Мелитопольский государственный педагогический университет

имени Богдана Хмельницкого

В работе предложен алгоритм формирования обвода второго порядка гладкости с монотонным изменением радиусов кривизны, вдоль которого скорость изменения радиусов кривизны изменяется непрерывно.

Ключевые слова: дискретно представленная кривая (ДПК), радиус кривизны, порядок гладкости, скорость изменения радиусов кривизны.

Постановка проблемы. Поверхности, ограничивающие сложные технические изделия, могут быть сформированы на основе дискретного линейчатого каркаса. Дифференциально-геометрические характеристики поверхности определяются характеристиками линий, которые являются линейными элементами каркаса. При формировании поверхностей по заданным условиям такими характеристиками могут быть: отсутствие осцилляции, заданный порядок гладкости, динамика изменения положений касательных и значений радиусов кривизны вдоль кривых.

Анализ последних исследований и публикаций. Широкие возможности для формирования линейных элементов каркаса поверхностей дает вариативное дискретное геометрическое моделирование, которое предполагает формирование обвода в виде сколь угодно большого количества точек, получаемых в результате последовательных сгущений исходного точечного ряда [1]. Положения точек геометрического образа назначаются внутри диапазонов возможного расположения, определяемых исходя из условий задачи.

В работе [4] разработан алгоритм моделирования обводов с

*Научный руководитель – к.т.н., доцент Гавриленко Е.А.

монотонным изменением радиусов кривизны. Исходными данными является упорядоченный точечный ряд, который представляет дискретно представленную кривую (ДПК) и условия, накладываемые на обвод: отсутствие осцилляции, второй порядок гладкости, монотонное изменение радиусов кривизны вдоль обвода. Обвод формируется внутри базисных треугольников (БТ), ограниченных касательными, проходящими через точки ДПК, и отрезками, соединяющими последовательные точки. Алгоритм предполагает формирование цепочки из минимального числа БТ, которые в общей точке обеспечивают равные значения радиусов кривизны и эти значения изменяются монотонно вдоль обвода.

Основное назначение ДПК, формируемых разрабатываемым методом, – использование в качестве линейных элементов каркаса при моделировании динамических поверхностей, функциональное назначение которых – взаимодействие со средой. Обеспечение второго порядка гладкости и монотонного изменения радиусов кривизны вдоль линейных элементов каркаса поверхностей способствует ламинарному характеру обтекания этих поверхностей средой [2]. Дальнейшее улучшение динамических качеств поверхностей можно обеспечить за счет наращивания условий, накладываемых на линейные элементы модели: увеличения порядка гладкости обвода, обеспечения непрерывного графика скорости изменения радиусов кривизны вдоль обвода.

В работе [3] предложен критерий для оценки скорости изменения радиусов кривизны в точках ДПК. Оценка проводится на основе цепочки базисных треугольников, которые определяют ДПК второго порядка гладкости с монотонным изменением радиусов кривизны.

Формулировка целей статьи. Целью данного исследования является разработка методики уточнения области расположения точки сгущения в случае, если на кривую накладывается дополнительное условие – непрерывность скорости изменения радиусов кривизны.

Основная часть. Рассмотрим участок ДПК $i \dots i+1$, в граничных точках которого $БТ(i, T, i+1)$ определяют назначенные значения радиусов кривизны и значения скорости изменения радиусов

кривизны $\overset{\rightarrow}{\sigma}_i, \overset{\leftarrow}{\sigma}_{i+1}$.

Вдоль кривой Безье, определяемой БТ, значения σ_i изменяются непрерывно. Величина разрыва значений критерия скорости изменения радиусов кривизны (Δ_i^R) определяется по формуле:

$$\Delta_i^R = \overset{\leftarrow}{\sigma}_i - \overset{\rightarrow}{\sigma}_i,$$

где $\overleftarrow{\sigma}_i$ и $\overrightarrow{\sigma}_i$ – значения критерия скорости изменения радиусов кривизны в точке i , которые определяются предыдущим и последующим БТ соответственно.

Сформируем минимальную цепочку БТ, которая в точках i и $i+1$ обеспечивает:

1) назначенные значения радиусов кривизны – R_i и R_{i+1} соответственно;

2) уменьшение разрывов значений $\sigma_i - \Delta_i^R$ и Δ_{i+1}^R .

Уменьшение значений Δ_i^R и Δ_{i+1}^R в процессе сгущений внутри БТ($i, T, i+1$), а также внутри предыдущего и последующего БТ. При

этом внутри БТ($i, T, i+1$) обеспечивается приближение значений $\overrightarrow{\sigma}_i$ и $\overleftarrow{\sigma}_{i+1}$ к значениям $\sigma_i = \frac{1}{2} \left(\overrightarrow{\sigma}_i + \overleftarrow{\sigma}_i \right)$ и $\sigma_{i+1} = \frac{1}{2} \left(\overrightarrow{\sigma}_{i+1} + \overleftarrow{\sigma}_{i+1} \right)$ соответственно.

Значения σ_i в точках i и $i+1$ изменяются за счет выбора положений точек сгущения и касательных, которые им соответствуют. Предварительное положение t_{c2}^1 (рис. 1) назначается по центру диапазона, определенного исходя из назначенных значений R_i и R_{i+1} в исходных точках и условия монотонного изменения радиусов кривизны вдоль участков ДПК [4].

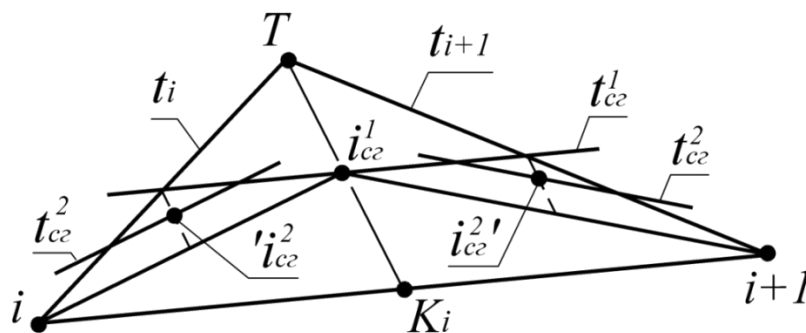


Рис. 1. Сгущение участка ДПК

В результате значения Δ_i^R и Δ_{i+1}^R , в точках, ограничивающих участок, уменьшаются, а в точке сгущения возникает разрыв значений

$\sigma_i - \Delta_{c2}^R = \overrightarrow{\sigma}_{c2} - \overleftarrow{\sigma}_{c2}$. Положения t_{c2}^1 и i_{c2}^1 назначаются таким образом, чтобы величина Δ_{c2}^R не превышала максимального значения из Δ_i^R и

Δ_{i+1}^R . При этом параметры БТ сгущения в точке i_{cc}^1 определяют значения $\overset{\leftarrow}{R}_{cc}^1 \neq \vec{R}_{cc}^1$, а в точках i и $i+1$ – значения \vec{R}_i^1 и $\overset{\leftarrow}{R}_{i+1}^1$, не равные назначенным значениям R_i и R_{i+1} .

Корректировка значений радиусов кривизны в точках $i, i_{cc}^1, i+1$ выполняется в результате второго шага сгущения. В результате внутри БТ($i, T, i+1$) получаем цепочку из четырех БТ, обеспечивающих второй порядок гладкости и монотонное изменение кривизны вдоль ДПК. При этом величины Δ_i^R и Δ_{i+1}^R уменьшаются за счет возникновения разрывов значений σ_i в точках сгущения.

В результате сгущения получаем новую цепочку БТ, определяющую монотонную кривую. Максимальная величина разрыва значений σ_i в точках стыковки участков на каждом шаге сгущения последовательно уменьшается. В случае, когда максимальное значение Δ_i^R не превышает заданной величины ε , будем считать, что ДПК, вдоль которой скорость изменения радиусов кривизны изменяется непрерывно, сформирована.

Выводы. Предложен алгоритм формирования обвода второго порядка гладкости с монотонным изменением радиусов кривизны с учетом дополнительного требования – непрерывный график скорости изменения радиусов кривизны вдоль обвода. Обвод формируется методом сгущений на основе точеного ряда. Алгоритм предполагает уменьшение величины разрыва значений скорости изменения радиусов кривизны в точках стыковки участков обвода за счет возникновения разрыва внутри участка - в точках стыковки базисных треугольников сгущения.

Применение разработанного способа моделирования кривой позволяет повысить качество формирования функциональных поверхностей изделий при решении задач обратного инжиниринга, а также при формировании поверхностей изделий, которые взаимодействуют со средой (лопаток турбин, рабочих органов сельскохозяйственных машин, каналов двигателей внутреннего сгорания и др.).

Литература

1. Найдис В.М. Основи прикладної дискретної геометрії / В.М. Найдис, В.М. Верещага, А.В. Найдис, В.М.Малкіна. – Мелітополь: Люкс, 2007. – 193 с.
2. Осипов В.А. Машинные методы проектирования непрерывно-каркасных поверхностей / В.А. Осипов. – М.: Машиностроение, 1979. – 248 с.

3. Холодняк Ю.В. Моделирование одномерных обводоов по заданным условиям / Ю.В. Холодняк, Е.А. Гавриленко, А.В. Дубинина // Сучасні проблеми моделювання: наукове фахове видання / МДПУ ім. Б. Хмельницького. – Мелітополь, 2017.– Вип. 9. – С. 162-166.
4. Холодняк Ю.В. Формування геометричних характеристик при моделюванні монотонної дискретно представленної кривої / Ю.В. Холодняк, Є.А. Гавриленко // Прикладна геометрія та інженерна графіка: міжвід. наук.–техн. збірник / КНУБА. – К., 2013. – Вип. 91. – С.292–296.

ФОРМУВАННЯ ОБВОДІВ ІЗ ЗАДАНИМИ ГЕОМЕТРИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Холодняк Ю.В., Гавриленко Є.А., Дубініна О.В.

У роботі запропоновано алгоритм формування обводі другого порядку гладкості з монотонною зміною радіусів кривини, уздовж якого швидкість зміни радіусів змінюється безперервно.

Ключові слова: дискретно представлена крива (ДПК), радіус кривини, порядок гладкості, швидкість зміни радіусів кривини.

FORMATION CONTOURS WITH GIVEN GEOMETRIC PROPERTIES

Kholodnyak Yu., Gavrilenko Eu., Dybinina O.

The algorithm for forming contour of second-order of smoothness with a monotonous change of radiuses of curvature, along which the rate of change of radiuses of curvature changes continuously is proposed in this work.

Key words: discretely presented curve (DPC), radius of curvature, order of smoothness, rate of change of radiuses of curvature.

УДК 004.415:331.5(477)

ПРОЕКТУВАННЯ ДІАГРАМИ ПРЕЦЕДЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ РИНКУ ПРАЦІ ІТ-ФАХІВЦІВ

Шаров С.В., к.пед.н.,

Шарова Т.М., к.філол.н.

*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана
Хмельницького (Україна)*

У роботі розглядається діаграма прецедентів інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців, яка створена за допомогою середовища Enterprise Architect з використанням уніфікованої мови моделювання UML. Обґрунтовується доцільність використання діаграми прецедентів при проектуванні інформаційної системи, описується призначення основних вузлів розробленої діаграми, подається загальна характеристика мови UML.

Ключові слова: моделювання, проектування, інформаційна система, ринок праці, працевлаштування, ІТ-фахівці.

Постановка проблеми. Важливою умовою функціонування економіки на якісному рівні є наявність конкурентоспроможної робочої сили. Тому сьогодні в умовах певних економічних проблем питання аналізу ринку праці, зайнятості та безробіття для українського суспільства є доволі актуальними.

Сьогодні інформаційно-комунікаційні технології, зокрема інформаційні системи, дозволяють швидко знайти та опрацювати різноманітну інформацію у певній наочній області. За допомогою інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців кожний бажаючий зможе скористатися обробленою та підготовленою інформацією щодо працевлаштування в ІТ-сфері, яка була зібрана з декількох електронних українських бірж праці.

Для того, щоб створена інформаційна система (ІС) була спроможна реалізувати покладені на неї задачі, її спочатку потрібно спроектувати, описати структурні та функціональні вимоги, представити у вигляді моделі. Однією з таких моделей є діаграма прецедентів, яка створюється за допомогою уніфікованої мови моделювання (UML).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз потреби у ІТ-фахівцях представлений у дослідженнях таких науковців як Г. Григорєв, В. Круглик, Т. Морозова, О. Турчин, М. Ярова та інші.

Ними було проведено аналіз електронних бірж праці, на яких розміщуються різноманітні вакансії, у тому числі за профілем «програміст», «ІТ-фахівець» тощо. Теоретичні положення щодо розробки та використання інформаційних систем розроблялися А. Березою, Н. Гайдамакіним, В. Гужвою, Ю. Ізбачковим, В. Петровим та іншими вченими. Питання використання мови UML для проектування складних програмних комплексів та інформаційних систем досліджували Ф. Ільсова, В. Межуєв, І. Станкевич, О. Томашевський, та інші науковці. Водночас, проблемі проектування та розробки інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців приділялося мало уваги, що робить її актуальною.

Формулювання цілей статті. Метою статті є опис діаграми прецедентів інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців, яка створена за допомогою CASE-засобу Enterprise Architect з використанням уніфікованої мови моделювання UML.

Основна частина. Для якісного проектування та розробки програмного забезпечення доречно використовувати об'єктно-орієнтований підхід, який передбачає декомпозицію предметної області на об'єкти та опис їх характеристик. Головною відмінністю об'єктно-орієнтованого підходу від структурного полягає у тому, що система представлена не у вигляді функціональних підсистем, а сукупністю об'єктів, що взаємодіють один з одним. Об'єктно-орієнтований підхід більш точно реалізує модель реального світу, відповідає природній логіці людського мислення. Як наслідок, проектування складної інформаційної системи дозволяє отримати значний позитивний результат та скоротити час на її розробку.

У межах використання об'єктно-орієнтованого підходу доречно використовувати мову UML, яка була спеціально розроблена для проектування, візуалізації компонентів програмного забезпечення, бізнес-процесів, складання документації тощо. Вона надає змогу легко побудувати концептуальні, графічні, логічні моделі, які реалізують механізми статичного та динамічного моделювання [1, с. 928].

Як зазначалося вище, у процесі проектування програмного забезпечення, зокрема інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців, майбутній програмний продукт необхідно представити у вигляді певної моделі (моделей). Під моделлю розуміється об'єкт (або опис об'єкта), який призначений для заміщення системи-оригіналу іншою системою [2, с. 61]. Оскільки у моделі відображені структурні та функціональні особливості майбутнього програмного засобу [3, с. 10], то у процесі безпосередньої розробки не будуть виникати питання щодо її функціональних можливостей та поведінки.

У термінах мови UML усі уявлення про модель складної системи фіксуються у вигляді спеціальних графічних конструкцій, що

одержали назву діаграм. У даному випадку під діаграмою (diagram) розуміється графічне представлення сукупності елементів моделі у формі зв'язного графа, вершинам і ребрам (дугам) якого приписується визначена семантика [4, с. 279].

У діаграмі прецендентів модель подається у вигляді певного набору сутностей (акторів), що взаємодіють між собою. При цьому актор (actor) може взаємодіяти з іншою системою, людиною, технічним пристроєм тощо. Прецендент можна розглядати як перелік функцій, що реалізується системою. При цьому будь-яка функція повинна мати цінність та давати можливість кінцевому користувачу отримати певний результат. Слід зазначити, що для діаграм такого типу дослідниками часто використовується інша назва: «діаграма варіантів використання» [5, с. 209].

Розробка діаграми прецендентів надає змогу:

- визначити контекст предметної області на початкових етапах проектування системи;
- сформулювати загальні вимоги до функціональної поведінки системи;
- розробити вихідну концептуальну модель ІС з метою подальшої деталізації у вигляді логічної та фізичної моделей;
- підготувати документацію для взаємодії розробників системи із замовниками та потенційними користувачами.

Нами була розроблена діаграма прецендентів інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців з метою визначення функціональних можливостей програмного засобу та кінцевих користувачів, які будуть його використовувати.

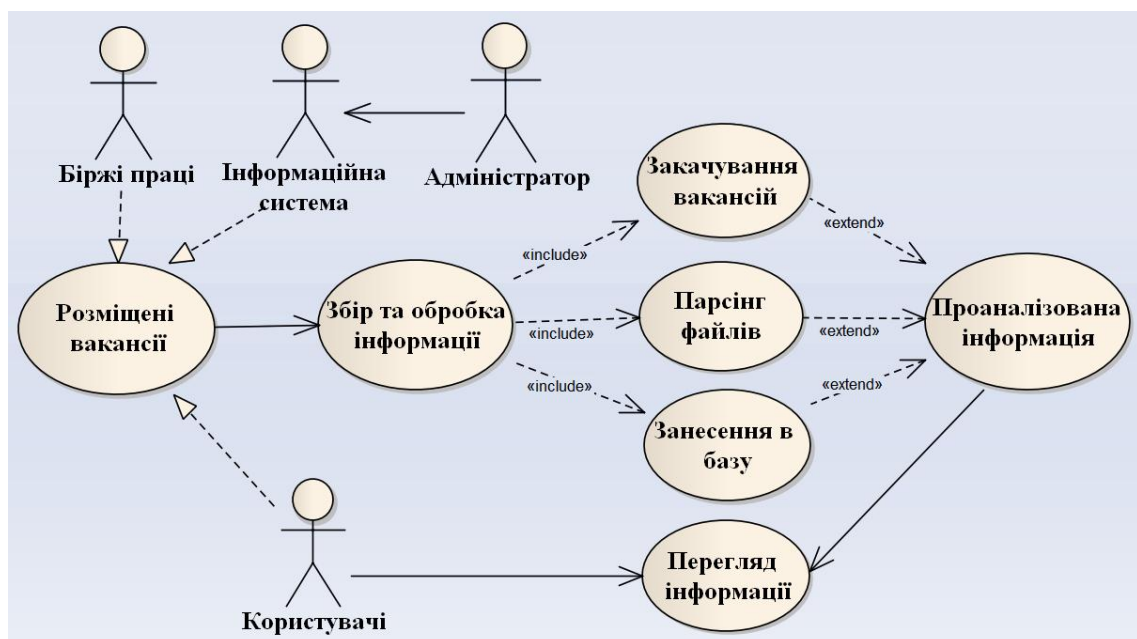


Рис. 1. Діаграма прецендентів інформаційної системи

На діаграмі представлено чотири актори та сім прецедентів з варіантами відношень між ними. Коротко їх охарактеризуємо.

Із загальним прецедентом «Розміщені вакансії» зв'язані три актори: «Біржі праці» (електронні ресурси, на яких розташовано вакансії з різних професій); «Інформаційна система» (власне інформаційна система для аналізу ринку праці IT-фахівців, яка збирає та аналізує наявні вакансії); «Користувачі» (випускники вищих навчальних закладів та інші користувачі, які бажають знайти нову роботу або працевлаштуватися).

З актором «Інформаційна система» зв'язані два актори: «Користувачі», які взаємодіють із інформаційною системою на рівні перегляду проаналізованої та відібраної інформації про вакансії в IT-сфері (прецедент «Перегляд інформації»); «Адміністратор», який періодично в автоматичному режимі здійснює збір інформації з бірж праці за допомогою модулів інформаційної системи (прецедент «Збір та обробка інформації»).

У свою чергу, прецедент «Збір та обробка інформації» зв'язаний з трьома прецедентами, а саме: «Закачування вакансій» (збір даних з бірж праці у вигляді html-файлів); «Парсінг файлів» (парсінг закачаних html-файлів з метою відбору та систематизації корисної інформації); «Занесення в базу» (відібрані дані заносяться до бази даних для їх подальшого зберігання та аналізу).

Виконання дій, зазначених в описаних вище прецедентах, дозволяє отримати масив даних, який буде корисний для пошуку та перегляду інформації про вакансії на IT-фахівців (прецедент «Проаналізована інформація»).

Як зазначає В. Межуєв, графічна нотація UML зазвичай орієнтована на створення діаграм на папері. Однак, на даний момент існує значна кількість CASE-засобів, що призначені для спрощення побудови UML нотації [6, с. 123]. До пакетів, які працюють з мовою UML, слід віднести Telelogic TAU G2, Rational Rose, Architects Enterprise, Microsoft Visual Studio та інші програмні засоби.

У межах нашого дослідження діаграма прецедентів була спроектована за допомогою програмного забезпечення Enterprise Architect компанії Sparx Systems. Це платформа для візуального моделювання, яка володіє наступними перевагами: використовує потужний набір UML-інструментів; підтримує інжиніринг та реінжиніринг для мов програмування C++, C#, Delphi, Java, Python, PHP, ActionScript, VB.NET; дозволяє здійснювати синхронізацію програмного коду та елементів моделей; підтримує генерацію таблиць для баз даних Access, MySQL, MSSQL, Oracle, Informix та інших.

Застосування функціональних можливостей Enterprise Architect доречне для проектування програмного забезпечення, бізнес-систем,

системного проектування; розробок в режимі реального часу. Даний CASE-засіб допоможе простежити специфікації високого рівня для моделей аналізу, проектування, тестування та технічного обслуговування за допомогою таких мов моделювання, технологій та стандартів, як UML, BPMN, SysML [7]. Остання версія програмного засобу – 13.5. Крім того, Enterprise Architect постійно доповнюється новими можливостями.

Висновки. Отже, мова UML призначена для візуалізації властивостей моделей предметних областей у вигляді графічних нотації (діаграм). За допомогою діаграми прецедентів (варіантів використання) можна визначити функції інформаційної системи для аналізу ринку праці в ІТ-фахівцях, а також типи користувачів, які будуть з нею працювати. У подальших дослідженнях планується здійснити аналіз відомих електронних бірж праці стосовно кількості розміщених вакансій фахівців в ІТ-сфері.

Література

1. Su Y. Design of the management system of university projects based on UML sequence diagram / Y. Su // Indian Journal of Science and Technology. – 2010. – Т.3. – №8. – С. 928-931.
2. Казиев В.М. Информационно-логическое и математическое моделирование самоорганизующихся социально-экономических систем / В.М. Казиев, К.В. Казиев. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2003. – 232 с.
3. Шаров С.В. Концептуальне моделювання інформаційної системи за допомогою мови UML / С.В. Шаров, О.А. Шамардак // Зб. тез доповідей Всеукраїнської наукової Internet-конференції “Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення” (м. Тернопіль, 29-30 вересня 2014 р.). – Тернопіль: Тайп, 2014. – С. 10-14.
4. Томашевський О.М. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів: навч. посіб. / О.М. Томашевський, Г.Г. Цегелик, М.Б. Вітер, В.І. Дудук. – К.: «Видавництво «Центр учбової літератури», 2012. – 296 с.
5. Станкевич І.В. Переваги та недоліки застосування уніфікованої мови uml під час моделювання бізнес-процесів складних організацій / І.В. Станкевич, В.А. Тігарєва // Наука й економіка. – 2014. – №4. – С. 207-216.
6. Межуєв В.І. Доцільність застосування UML для моделювання систем озброєння та військової техніки / В.І. Межуєв // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – №2. – С. 122-126.

7. Enterprise Architect – UML Design Tools and UML CASE tools for software development: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sparxsystems.com/products/ea>.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИАГРАММЫ ПРЕЦЕДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА РЫНКА ТРУДА IT-СПЕЦИАЛИСТОВ

Шаров С.В., Шарова Т.М.

В работе рассматривается диаграмма прецедентов информационной системы для анализа рынка труда IT-специалистов, созданная с помощью среды Enterprise Architect с использованием унифицированного языка моделирования UML. Обосновывается целесообразность использования диаграммы прецедентов при проектировании информационной системы, описывается назначение основных узлов разработанной диаграммы, подается общая характеристика языка UML.

Ключевые слова: моделирование, проектирование, информационная система, рынок труда, трудоустройство, IT-специалисты.

DEVELOPING DIAGRAM OF THE INFORMATION SYSTEM PRECEDENTS FOR THE ANALYSIS OF THE LABOR MARKET OF IT SPECIALISTS

Sharov S., Sharova T.

The article focuses on the diagram of the information system precedents for the analysis of the labor market of IT specialists, which was created using the Enterprise Architect and using the unified UML modeling language. It is substantiated the expediency of using the diagram of precedents in the design of the information system, the purpose of the main nodes of the developed diagram is described, also is given the general description of the UML language.

Key words: modeling, designing, information system, labor market, employment, IT specialists.

УДК 004.415:331.5(477)

ПРОЕКТУВАННЯ ДІАГРАМИ ПРЕЦЕДЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ РИНКУ ПРАЦІ ІТ-ФАХІВЦІВ

Шаров С.В., к.пед.н.,

Шарова Т.М., к.філол.н.

*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана
Хмельницького (Україна)*

У роботі розглядається діаграма прецедентів інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців, яка створена за допомогою середовища Enterprise Architect з використанням уніфікованої мови моделювання UML. Обґрунтовується доцільність використання діаграми прецедентів при проектуванні інформаційної системи, описується призначення основних вузлів розробленої діаграми, подається загальна характеристика мови UML.

Ключові слова: моделювання, проектування, інформаційна система, ринок праці, працевлаштування, ІТ-фахівці.

Постановка проблеми. Важливою умовою функціонування економіки на якісному рівні є наявність конкурентоспроможної робочої сили. Тому сьогодні в умовах певних економічних проблем питання аналізу ринку праці, зайнятості та безробіття для українського суспільства є доволі актуальними.

Сьогодні інформаційно-комунікаційні технології, зокрема інформаційні системи, дозволяють швидко знайти та опрацювати різноманітну інформацію у певній наочній області. За допомогою інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців кожний бажаючий зможе скористатися обробленою та підготовленою інформацією щодо працевлаштування в ІТ-сфері, яка була зібрана з декількох електронних українських бірж праці.

Для того, щоб створена інформаційна система (ІС) була спроможна реалізувати покладені на неї задачі, її спочатку потрібно спроектувати, описати структурні та функціональні вимоги, представити у вигляді моделі. Однією з таких моделей є діаграма прецедентів, яка створюється за допомогою уніфікованої мови моделювання (UML).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз потреби у ІТ-фахівцях представлений у дослідженнях таких науковців як Г. Григорєв, В. Круглик, Т. Морозова, О. Турчин, М. Ярова та інші.

Ними було проведено аналіз електронних бірж праці, на яких розміщуються різноманітні вакансії, у тому числі за профілем «програміст», «ІТ-фахівець» тощо. Теоретичні положення щодо розробки та використання інформаційних систем розроблялися А. Березою, Н. Гайдамакіним, В. Гужвою, Ю. Ізбачковим, В. Петровим та іншими вченими. Питання використання мови UML для проектування складних програмних комплексів та інформаційних систем досліджували Ф. Ільсова, В. Межуєв, І. Станкевич, О. Томашевський, та інші науковці. Водночас, проблемі проектування та розробки інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців приділялося мало уваги, що робить її актуальною.

Формулювання цілей статті. Метою статті є опис діаграми прецедентів інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців, яка створена за допомогою CASE-засобу Enterprise Architect з використанням уніфікованої мови моделювання UML.

Основна частина. Для якісного проектування та розробки програмного забезпечення доречно використовувати об'єктно-орієнтований підхід, який передбачає декомпозицію предметної області на об'єкти та опис їх характеристик. Головною відмінністю об'єктно-орієнтованого підходу від структурного полягає у тому, що система представлена не у вигляді функціональних підсистем, а сукупністю об'єктів, що взаємодіють один з одним. Об'єктно-орієнтований підхід більш точно реалізує модель реального світу, відповідає природній логіці людського мислення. Як наслідок, проектування складної інформаційної системи дозволяє отримати значний позитивний результат та скоротити час на її розробку.

У межах використання об'єктно-орієнтованого підходу доречно використовувати мову UML, яка була спеціально розроблена для проектування, візуалізації компонентів програмного забезпечення, бізнес-процесів, складання документації тощо. Вона надає змогу легко побудувати концептуальні, графічні, логічні моделі, які реалізують механізми статичного та динамічного моделювання [1, с. 928].

Як зазначалося вище, у процесі проектування програмного забезпечення, зокрема інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців, майбутній програмний продукт необхідно представити у вигляді певної моделі (моделей). Під моделлю розуміється об'єкт (або опис об'єкта), який призначений для заміщення системи-оригіналу іншою системою [2, с. 61]. Оскільки у моделі відображені структурні та функціональні особливості майбутнього програмного засобу [3, с. 10], то у процесі безпосередньої розробки не будуть виникати питання щодо її функціональних можливостей та поведінки.

У термінах мови UML усі уявлення про модель складної системи фіксуються у вигляді спеціальних графічних конструкцій, що

одержали назву діаграм. У даному випадку під діаграмою (diagram) розуміється графічне представлення сукупності елементів моделі у формі зв'язного графа, вершинам і ребрам (дугам) якого приписується визначена семантика [4, с. 279].

У діаграмі прецендентів модель подається у вигляді певного набору сутностей (акторів), що взаємодіють між собою. При цьому актор (actor) може взаємодіяти з іншою системою, людиною, технічним пристроєм тощо. Прецендент можна розглядати як перелік функцій, що реалізується системою. При цьому будь-яка функція повинна мати цінність та давати можливість кінцевому користувачу отримати певний результат. Слід зазначити, що для діаграм такого типу дослідниками часто використовується інша назва: «діаграма варіантів використання» [5, с. 209].

Розробка діаграми прецендентів надає змогу:

- визначити контекст предметної області на початкових етапах проектування системи;
- сформулювати загальні вимоги до функціональної поведінки системи;
- розробити вихідну концептуальну модель ІС з метою подальшої деталізації у вигляді логічної та фізичної моделей;
- підготувати документацію для взаємодії розробників системи із замовниками та потенційними користувачами.

Нами була розроблена діаграма прецендентів інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців з метою визначення функціональних можливостей програмного засобу та кінцевих користувачів, які будуть його використовувати.

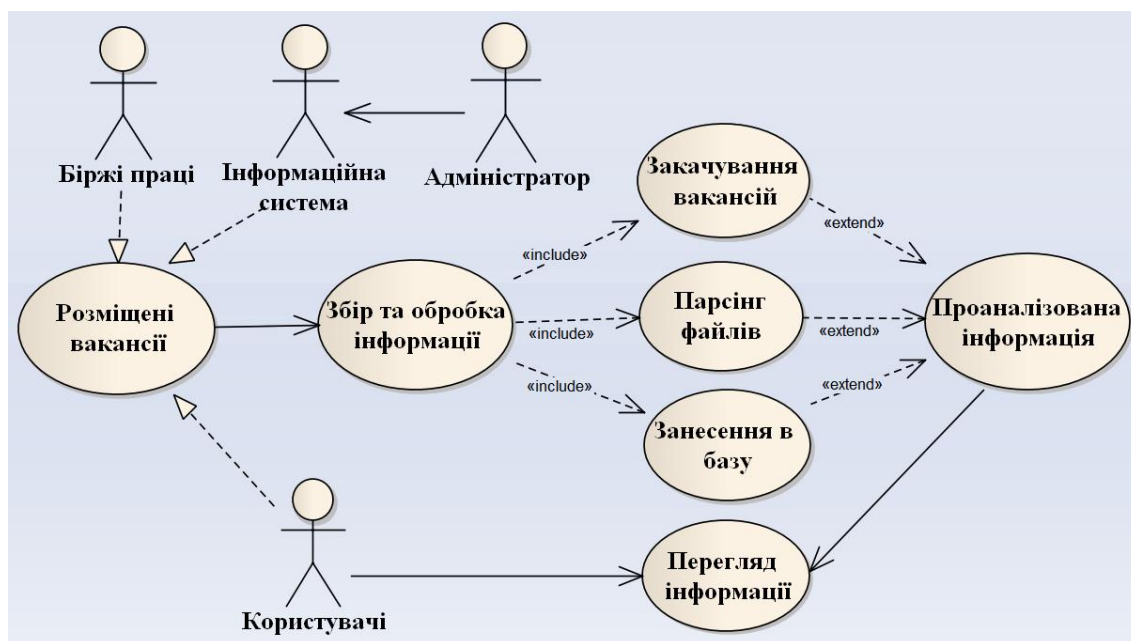


Рис. 1. Діаграма прецендентів інформаційної системи

На діаграмі представлено чотири актори та сім прецедентів з варіантами відношень між ними. Коротко їх охарактеризуємо.

Із загальним прецедентом «Розміщені вакансії» зв'язані три актори: «Біржі праці» (електронні ресурси, на яких розташовано вакансії з різних професій); «Інформаційна система» (власне інформаційна система для аналізу ринку праці IT-фахівців, яка збирає та аналізує наявні вакансії); «Користувачі» (випускники вищих навчальних закладів та інші користувачі, які бажають знайти нову роботу або працевлаштуватися).

З актором «Інформаційна система» зв'язані два актори: «Користувачі», які взаємодіють із інформаційною системою на рівні перегляду проаналізованої та відібраної інформації про вакансії в IT-сфері (прецедент «Перегляд інформації»); «Адміністратор», який періодично в автоматичному режимі здійснює збір інформації з бірж праці за допомогою модулів інформаційної системи (прецедент «Збір та обробка інформації»).

У свою чергу, прецедент «Збір та обробка інформації» зв'язаний з трьома прецедентами, а саме: «Закачування вакансій» (збір даних з бірж праці у вигляді html-файлів); «Парсінг файлів» (парсінг закачаних html-файлів з метою відбору та систематизації корисної інформації); «Занесення в базу» (відібрані дані заносяться до бази даних для їх подальшого зберігання та аналізу).

Виконання дій, зазначених в описаних вище прецедентах, дозволяє отримати масив даних, який буде корисний для пошуку та перегляду інформації про вакансії на IT-фахівців (прецедент «Проаналізована інформація»).

Як зазначає В. Межуєв, графічна нотація UML зазвичай орієнтована на створення діаграм на папері. Однак, на даний момент існує значна кількість CASE-засобів, що призначені для спрощення побудови UML нотації [6, с. 123]. До пакетів, які працюють з мовою UML, слід віднести Telelogic TAU G2, Rational Rose, Architects Enterprise, Microsoft Visual Studio та інші програмні засоби.

У межах нашого дослідження діаграма прецедентів була спроектована за допомогою програмного забезпечення Enterprise Architect компанії Sparx Systems. Це платформа для візуального моделювання, яка володіє наступними перевагами: використовує потужний набір UML-інструментів; підтримує інжиніринг та реінжиніринг для мов програмування C++, C#, Delphi, Java, Python, PHP, ActionScript, VB.NET; дозволяє здійснювати синхронізацію програмного коду та елементів моделей; підтримує генерацію таблиць для баз даних Access, MySQL, MSSQL, Oracle, Informix та інших.

Застосування функціональних можливостей Enterprise Architect доречне для проектування програмного забезпечення, бізнес-систем,

системного проектування; розробок в режимі реального часу. Даний CASE-засіб допоможе простежити специфікації високого рівня для моделей аналізу, проектування, тестування та технічного обслуговування за допомогою таких мов моделювання, технологій та стандартів, як UML, BPMN, SysML [7]. Остання версія програмного засобу – 13.5. Крім того, Enterprise Architect постійно доповнюється новими можливостями.

Висновки. Отже, мова UML призначена для візуалізації властивостей моделей предметних областей у вигляді графічних нотації (діаграм). За допомогою діаграми прецедентів (варіантів використання) можна визначити функції інформаційної системи для аналізу ринку праці в ІТ-фахівцях, а також типи користувачів, які будуть з нею працювати. У подальших дослідженнях планується здійснити аналіз відомих електронних бірж праці стосовно кількості розміщених вакансій фахівців в ІТ-сфері.

Література

1. Su Y. Design of the management system of university projects based on UML sequence diagram / Y. Su // Indian Journal of Science and Technology. – 2010. – Т.3. – №8. – С. 928-931.
2. Казиев В.М. Информационно-логическое и математическое моделирование самоорганизующихся социально-экономических систем / В.М. Казиев, К.В. Казиев. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2003. – 232 с.
3. Шаров С.В. Концептуальне моделювання інформаційної системи за допомогою мови UML / С.В. Шаров, О.А. Шамардак // Зб. тез доповідей Всеукраїнської наукової Internet-конференції “Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення” (м. Тернопіль, 29-30 вересня 2014 р.). – Тернопіль: Тайп, 2014. – С. 10-14.
4. Томашевський О.М. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів: навч. посіб. / О.М. Томашевський, Г.Г. Цегелик, М.Б. Вітер, В.І. Дудук. – К.: «Видавництво «Центр учбової літератури», 2012. – 296 с.
5. Станкевич І.В. Переваги та недоліки застосування уніфікованої мови uml під час моделювання бізнес-процесів складних організацій / І.В. Станкевич, В.А. Тігарєва // Наука й економіка. – 2014. – №4. – С. 207-216.
6. Межуєв В.І. Доцільність застосування UML для моделювання систем озброєння та військової техніки / В.І. Межуєв // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – №2. – С. 122-126.

7. Enterprise Architect – UML Design Tools and UML CASE tools for software development: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sparxsystems.com/products/ea>.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИАГРАММЫ ПРЕЦЕДЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА РЫНКА ТРУДА IT-СПЕЦИАЛИСТОВ

Шаров С.В., Шарова Т.М.

В работе рассматривается диаграмма прецедентов информационной системы для анализа рынка труда IT-специалистов, созданная с помощью среды Enterprise Architect с использованием унифицированного языка моделирования UML. Обосновывается целесообразность использования диаграммы прецедентов при проектировании информационной системы, описывается назначение основных узлов разработанной диаграммы, подается общая характеристика языка UML.

Ключевые слова: моделирование, проектирование, информационная система, рынок труда, трудоустройство, IT-специалисты.

DEVELOPING DIAGRAM OF THE INFORMATION SYSTEM PRECEDENTS FOR THE ANALYSIS OF THE LABOR MARKET OF IT SPECIALISTS

Sharov S., Sharova T.

The article focuses on the diagram of the information system precedents for the analysis of the labor market of IT specialists, which was created using the Enterprise Architect and using the unified UML modeling language. It is substantiated the expediency of using the diagram of precedents in the design of the information system, the purpose of the main nodes of the developed diagram is described, also is given the general description of the UML language.

Key words: modeling, designing, information system, labor market, employment, IT specialists.

УДК 004-925.8; 004.942

КОМПОНЕНТИ ПРИКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРІЇ У ГРАФІЧНІЙ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТНИХ ЗАВДАНЬ

Шоман О.В., д.т.н.

Національний технічний університет

"Харківський політехнічний інститут" (Україна),

Даниленко В.Я.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(Україна)

В роботі розглянуто загальні аспекти формування геометричних моделей. Наведено приклади впроваджень проектних завдань з графічною реалізацією. Проаналізовано сучасний потенціал для підготовки майбутніх фахівців з прикладної геометрії.

Ключові слова: геометричне моделювання, прикладна геометрія, графічна модель, комп'ютерні зображення.

Постановка проблеми. Особливості геометричного моделювання дозволяють вивчати сутність явищ, що досліджуються. При цьому процес геометричного моделювання надає можливість: формулювати твердження, які пов'язують основні об'єкти моделі; досліджувати хід геометричних задач; з'ясовувати, чи задовольняє прийнята гіпотетична модель критерію практики; визначати наступний аналіз моделі у зв'язку з накопиченням нових даних; прогнозувати модернізацію моделі. При незакономірному характері процесу до створення моделі необхідно на кожному етапі своєчасно вносити корективи, тобто узгоджувати модель з емпіричними даними. Подібні проблеми впливають на весь хід досліджень і на вибір підходів і методів геометричного моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначальними методами досліджень в галузі прикладної геометрії є методи геометричного моделювання (геометричних перетворень), систематизація яких відбувається безперервно [1]. Це пов'язано з постійним розвитком та удосконаленням методів геометричного моделювання за різними напрямками [2], а також з поступовою трансформацією змісту задач прикладної геометрії. Головним об'єктом вивчення в прикладній геометрії залишається геометрична модель [3], що несе на собі геометричну інформацію про об'єкт, систему віднесення, явище або процес. Методи формування, конструювання, опису та використання геометричних моделей і є

предметом розгляду в геометричному моделюванні та інженерній графіці.

Формулювання цілей статті. Оглянути різні види моделей в прикладній геометрії. Визначити характерні етапи моделювання. Надати пропозиції щодо початкової фази підготовки фахівців з інженерної та комп'ютерної графіки.

Основна частина. Відомо, що математична модель являє собою наближений опис явища, виражений за допомогою математичної символіки [4]. Перший етап моделювання формулює правила, що пов'язують основні об'єкти моделі. Другий – досліджує математичні задачі, які забезпечуються аналітичною моделлю. Третій етап з'ясовує відповідність моделі критеріям практики. Четвертий – присвячується подальшому аналізу моделі у зв'язку з виникненням необхідності побудови нової, більш досконалої структури.

Проводячи аналогію з формуванням загальної математичної моделі, процес конструювання геометричної моделі логічно також розподілити на чотири основні етапи (рис. 1).

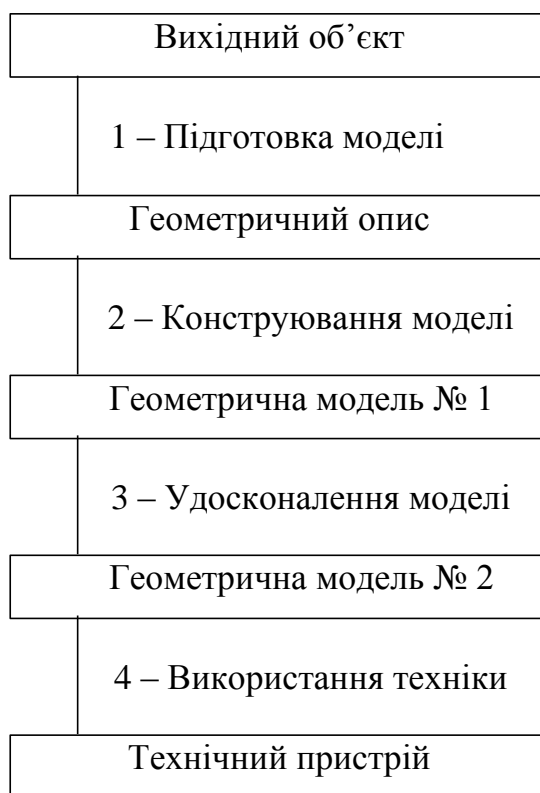


Рис. 1. Схема етапів створення геометричної моделі

1-й етап – підготовка моделі. тут відбувається вибір геометричних елементів, що є джерелом інформації.

2-й етап – конструювання моделі, де на основі експерименту розробляється нова теорія або, виключаючи безпосереднє звернення

до експерименту, знаходиться розв'язок задачі, яку поставлено в межах діючого математичного апарата.

3-й етап – удосконалення моделі.

4-й етап – використання технічних засобів. Потреба в цьому виникає під час достатньо інтенсивної роботи.

Геометрична (абстрактна) модель, зігравши свою роль, поступається місцем графічній (речовинній) моделі. Найпростішим і найбільш розповсюдженим кроком, що переводить абстрактну модель в речовинну, є виконання зображень.

Курс нарисної геометрії надає теоретичні основи методів зображення геометричних форм, а інженерна графіка – практичне застосування цих методів. Важливим компонентом тривимірного геометричного моделювання є комп'ютерне формування зображень матеріальних об'єктів. Такі зображення можуть бути побудованими в різних проекційно-зображувальних системах [5]: в ортогональних проекціях, аксонометрії, перспективі, проекціях з числовими позначками. При цьому в комп'ютерній графіці широко використовуються матриці. До задач геометричного моделювання відносяться також перетворення об'єктів, аналіз їхньої видимості, а також розв'язання позиційних і метричних задач на об'єктах, що зображуються.

Використання наукових методів формування зображень удосконалює (в багатьох випадках) умови графічної реалізації проектних завдань стосовно:

- спеціальних досліджень (в енергозбереженні, екології, дизайні);
- моделювання станів газових гідратів;
- визначення характеристик оглядовості автомобільних і дорожніх об'єктів;
- оцінювання геометричних умов енергообміну випромінюванням;
- прогнозного геометричного моделювання;
- відтворення розподілу в просторі фізичних параметрів процесу.

Значну діяльність у прикладній геометрії завжди демонстрували представники кафедр, пов'язаних з геометричним моделюванням, нарисною геометрією [6] та інженерною і комп'ютерною графікою [7]. Але, на жаль, зберігається тенденція «розчинення» таких кафедр серед кафедр спеціальної підготовки. Як самостійні осередки навчальної, методичної та наукової роботи існують кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки у вишах областей України: Волинська, Рівненська, Львівська, Івано-Франківська, Київська, Харківська, Донецька, Запорізька, Одеська,

Дніпропетровська, Полтавська. Звідси залишається гостра необхідність у вдосконаленні підготовки фахівців з прикладної геометрії [8]. Вже створено первинну ланку цієї підготовки – залучення студентів до участі у Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт «Прикладна геометрія, інженерна графіка та технічна естетика», який щорічно відбувається в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут». Результати конкурсів за роками подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати Міжвузівських і Всеукраїнських конкурсів студентських наукових робіт «Прикладна геометрія, інженерна графіка та ергономіка» і «Прикладна геометрія, інженерна графіка та технічна естетика»

Кількість ...	Міжвузівські конкурси		Всеукраїнські конкурси						
	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018
поданих робіт	31	37	68	169	196	164	172	186	166
студентів- авторів	32	51	80	189	231	206	214	246	246
наукових керівників	32	39	62	108	128	94	97	107	98
ВНЗ	14	21	33	39	39	31	37	38	41
міст України	8	12	15	18	16	13	15	15	16

Постійно високі результати конкурсів наочно демонструють позитивний розвиток обраного напрямку підготовки майбутніх фахівців.

Висновки. Математична модель, яка заснована на певному спрощенні, ідеалізації, не тотожна об'єкту, а є його наближеним відображенням. Однак завдяки заміні реального об'єкта моделлю, що йому відповідає, з'являється можливість сформулювати задачу вивчення об'єкта як математичну. При цьому універсальний математичний апарат не залежить від конкретної природи об'єкта. Важливо зазначити, що суттєву допомогу (на етапі заміни реального об'єкта моделлю) надає геометричне моделювання.

Література

1. Вальков К.И. Лекции по основам геометрического моделирования / К. И. Вальков. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. – 180 с.
2. Evaluation of Human Work. A Practical Ergonomics Methodology / Ed. by J.R.Wilson and E.N.Corlett. – University of Nottingham, UK, 1990.

3. 10-річчя Української асоціації з прикладної геометрії // [В. Є. Михайленко, В. В. Ванін, Л. М. Куценко та ін.] // Матеріали VI Міжнародної научно-практичної конференції «Геометрическое моделирование и компьютерные технологии: теория, практика, образование». – Харків : ХГУПТ, 2009. – С. 7–14.
4. Математический энциклопедический словарь / Гл. ред. Ю. В. Прохоров. – М. : Сов. энциклопедия, 1988. – 847 с.
5. Геометрическое моделирование и машинная графика в САПР / [В. Е. Михайленко, В. Н. Кислокий, А. А. Лященко и др.]. – К. : Выща шк., 1991. – 374 с.
6. Даниленко В.Я. Основы нарисної геометрії : навч. посіб. / В. Я. Даниленко. – Харків. : ІСДО, 1995. – 110 с.
7. Шоман О.В. Основы інженерної графіки та геометричного моделювання в середовищі AutoCAD : навч. посіб. / О. В. Шоман. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – 288 с.
8. Шоман О.В. Про моделювання і оптимізацію в прикладній геометрії та ергономіці / О. В. Шоман, В. Я. Даниленко // Зб. праць XIV Міжнарод. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми геометричного моделювання». – Мелітополь : ТДАТУ, 2012. – С. 153–158.

КОМПОНЕНТЫ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ГРАФИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАНИЙ

Шоман О.В., Даниленко В.Я.

В работе рассмотрены общие аспекты формирования геометрических моделей. Приведены примеры внедрений проектных заданий с графической реализацией. Проанализирован современный потенциал для подготовки будущих специалистов по прикладной геометрии.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, прикладная геометрия, графическая модель, компьютерные изображения.

COMPONENTS OF THE APPLIED GEOMETRY IN GRAPHIC REALIZATION OF PROJECT TASKS

Shoman O., Danylenko V.

The general aspects of forming of geometrical models are considered in the article. Examples of implementation of project tasks with graphical implementation are given. The modern potential for the training of future specialists in applied geometry is analyzed.

Key words: geometrical modeling, applied geometry, graphic model, computer images.

УДК 621.9.06.-229,331

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА И РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ МАКРОПРОФИЛЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРЕРЫВИСТЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ АЛМАЗНЫХ И ЭЛЬБОРОВЫХ КРУГОВ НА ИХ УДЕЛЬНЫЙ ИЗНОС

Якимов А.А., д.т.н.,
Бовнегра Л.В., к.т.н.,
Дмитриева С.Ю.,
Безнос С.В.,
Добровольский В.В.

Одесский национальный политехнический университет (Украина)

В статье установлено, что зависимости удельного износа прерывистого шлифовального круга от числа впадин и от величины коэффициента прерывистости имеют экстремальный характер (имеют минимум). Выявлены характеры влияния количества выступов и впадин, величины отношения их длин и жесткости резания на возможность возникновения в другой системе станка параметрического резонанса.

Ключевые слова: режущее зерно, скорость резания, режущий микрорельеф, режущий выступ.

Постановка проблемы. Для шлифования высокотвердых труднообрабатываемых материалов применяют круги из синтетических сверхтвердых материалов (алмазные и эльборовые круги). Алмазные зерна обладают высокими режущими свойствами, обусловленными их высокой твердостью, низким коэффициентом трения, значительной износостойкостью, высокой теплопроводностью и устойчивостью к агрессивным средам. При шлифовании алмазным инструментом часть алмазных зерен вырывается из связки, прежде чем они произведут какую-либо работу, часть хрупко разрушается, в результате чего снижается работоспособность шлифовального инструмента, увеличивается расход алмазов. Критерием оценки эффективного применения кругов из сверхтвердых синтетических материалов является их удельный (относительный) расход, т.е. величина отношения массы изношенного алмазного слоя шлифовального инструмента к массе металла, снятого при обработке q (мг/г).

Алмазные круги на органических связках обеспечивают стабильные производительность и качество обработки, но их

интенсивное самозатачивание приводит к высокому удельному расходу дорогостоящего сверхтвёрдого материала.

Алмазные круги на металлической связке изнашиваются значительно меньше, но они быстро утрачивают режущую способность, а это приводит к повышению температуры в зоне резания, вызывающей в поверхностном слое обрабатываемого материала существенные изменения его физико-механических свойств, которые определяют качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин.

Поэтому изыскание возможности получения качественных поверхностей со свойствами, обеспечивающими улучшение эксплуатационных показателей изделий, с одновременной минимизацией удельного износа кругов из синтетических сверхтвёрдых материалов является актуальной технической задачей.

Анализ последних исследований и публикаций. Понижение уровня высокотемпературных вспышек в зоне резания, приводящих к возникновению нежелательных физико-химических явлений на поверхностях контакта инструмента и детали, можно добиться использованием алмазных шлифовальных кругов с прорезями на рабочих поверхностях, что особенно актуально для инструментов на металлической связке [1]. Работа шлифовального алмазного инструмента со сплошной рабочей поверхностью сопровождается заполнением стружкой пространства между зёрнами и налипанием ее на режущие зёрна, что приводит к повышению теплового фактора и связанного с ним изменению физико-механических свойств поверхностного слоя обрабатываемой детали [2]. Шлифование алмазными прерывистыми кругами сопровождается прерыванием нагрева обрабатываемой поверхности, что дает возможность значительно снизить общую теплонапряженность процесса. Прерываемость процесса резания создает благоприятные условия для размещения стружки во впадинах шлифовального инструмента и уменьшения схватываемости алмазных зёрен с обрабатываемым материалом [3].

В работах [4–6] снижение интенсивности теплообразования при прерывистом шлифовании объясняется самозатачиваемостью круга, т.е. периодическим самооформлением микрорельефа его рабочей поверхности за счет объемного разрушения алмазных зёрен и вырыванием изношенных зёрен из связки. Из-за прерываемости процесса шлифования возникают высокочастотные колебания малой амплитуды, улучшающие условия стружкообразования и способствующие формированию на рабочей поверхности инструмента развитого режущего микрорельефа. Прерываемость процесса резания сопровождается периодическим изменением во времени жесткости

упругой системы станка, что при определенных геометрических параметрах рабочей поверхности шлифовального круга может привести к возникновению параметрического резонанса. Параметрическая неустойчивость упругой системы станка приводит к резкому возрастанию удельного расхода алмазоносного слоя шлифовального инструмента, повышению шероховатости обрабатываемой поверхности и формированию на ней волнистости. Волнистость может в несколько раз уменьшить фактическую опорную поверхность контактирующих деталей. В работах [1-4] влияние параметрического резонанса на относительный расход шлифовальных инструментов из синтетических сверхтвердых материалов описывается с разных, во многом противоречивых, позиций. Это обуславливает необходимость дальнейших исследований в этом направлении.

Формулировка целей статьи. Целью работы является поиск путей снижения удельного расхода прерывистого шлифовального инструмента из синтетических сверхтвердых материалов при обеспечении требуемого качества поверхностного слоя обрабатываемой детали.

Основная часть. Линейный износ алмазных кругов во времени протекает нестабильно. При шлифовании наиболее частым является случай, когда износ зерен из синтетических сверхтвердых материалов протекает более интенсивно по сравнению с износом связки круга. В этом случае шлифовальный инструмент работает в режиме затупления и требует периодического принудительного восстановления режущего микрорельефа его рабочей поверхности. В работе [7] введен параметр η , характеризующий характер линейного износа алмазных режущих зерен. Этот параметр изменяется в диапазоне $0 \leq \eta \leq 1$ и характеризует степень линейного износа максимально-выступающего над уровнем связки зерна в момент его объемного разрушения или выравнивания из связки без разрушения. Параметр η численно равен отношению критической величине износа режущего зерна, при которой происходит его выпадение из связки или разрушение. К максимальной глубине внедрения этого зерна в обрабатываемый материал. В работе [7] предлагается формула для расчета параметра η :

$$\eta = 1 - \left(\frac{2042,7 \cdot V_{\text{заг}} \cdot (1 + l_2/l_1) \cdot \sqrt{t} \cdot \bar{X}^3}{V_{\text{кр}} \cdot m \cdot \sqrt{R_{\text{кр}}}} \right)^{\frac{(2-n')}{(2 \cdot n' - 1)}} \cdot \left(\frac{A}{P} \right)^{\frac{3}{(2 \cdot n' - 1)}} \cdot \text{tg} \gamma^{\frac{(n'+1)}{(2 \cdot n' - 1)}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{заг}}$ – скорость заготовки, м/мин; t – глубина резания, мм; \bar{X} – зернистость круга, мм; $V_{\text{кр}}$ – окружная скорость круга, м/с; $R_{\text{кр}}$ – радиус круга, мм; m – объемная концентрация зерен круга; A – параметр, характеризующий прочностные свойства обрабатываемого

материала (определяется расчетно-экспериментальным путем); P – тангенциальная составляющая предельной нагрузки, действующая на максимально-выступающее над связкой зерно, Н; γ – половина угла при вершине режущего зерна, имеющего коническую форму; l_2/l_1 – отношение протяженности впадины прерывистого круга к длине режущего выступа; n' – параметр, определяемый экспериментально.

Для обеспечения требуемого качества поверхностного слоя деталей и производительности на операции шлифования необходимо, чтобы алмазный круг работал в режиме самозатачивания (т.е. при $\eta \rightarrow 0$). Однако, чем быстрее режущие зерна будут разрушаться и выпадать из связки, тем больше будет удельный износ алмазного слоя шлифовального инструмента.

В связи с тем, что стоимость шлифовального круга из сверхтвердых синтетических материалов во много раз превышает стоимость абразивного инструмента, необходимо стремиться, чтобы параметр η при алмазном шлифовании был больше, чем при абразивном.

Учитывая, что при сплошном шлифовании параметр $(1 + l_2/l_1) = 1$, а при прерывистом всегда больше 1, то прерывистое шлифование сопровождается большим износом инструмента, чем при сплошном. Это видно из выражения (1).

Удельный износ круга из сверхтвердых материалов можно рассчитать по формуле [7]:

$$q = \frac{10^3 \cdot \rho_a \cdot \beta \cdot V_{кр} \cdot \Delta_i}{2 \cdot \rho_m \cdot (1 + l_2/l_1) \cdot V_{заг} \cdot t \cdot \eta}, \quad (2)$$

где Δ_i – линейный износ режущего зерна за один оборот шлифовального круга, м; β – коэффициент, равный отношению объема зерен к объему круга; ρ_a – плотность алмаза (эльбора), Н/м³.

Из формулы (2) следует, что при $\eta \rightarrow 0$ $q \rightarrow \infty$, т.е. круг активно изнашивается. Если при шлифовании изменяешь глубину резания (t_1 и t_2), то отношение η_1/η_2 можно представить как:

$$\eta_1/\eta_2 = \frac{q_2}{q_1} \cdot \frac{t_2}{t_1} = \frac{h_{кр2}}{h_{кр1}} \cdot \frac{h_{м1}}{h_{м2}} \cdot \frac{t_2}{t_1},$$

где $h_{кр1}, h_{кр2}$ – линейный износ шлифовального круга при шлифовании с глубинами резания t_1 и t_2 , м; $h_{м1}, h_{м2}$ – толщины слоев металла, удаляемого за этот же промежуток времени шлифования.

Толщины слоев $h_{м1}$ и $h_{м2}$ с некоторыми допущением можно представить в виде произведения глубины резания на число проходов: $h_{м1} = t_1 \cdot i$; $h_{м2} = t_2 \cdot i$ при $V_{заг1} = V_{заг2}$.

При этих же условиях $\eta_1/\eta_2 = h_{кр1}/h_{кр2}$. Таким образом, параметр η обратно пропорционален линейному износу абразивного инструмента.

При увеличении параметра $(1+l_2/l_1)$, входящего в выражение (1), параметр η будет уменьшаться. Зависимость (2), описывающая относительный расход сверхтвердого материала, имеет экстремальный характер, так как входящие в нее параметры $(1+l_2/l_1)$ и η имеют противоположный характер изменения. После несложных преобразований выражений (1) и (2) получим [7]:

$$\eta = 1 - \left(\frac{12828,15 \cdot V_{заг} \cdot \sqrt{t} \cdot \bar{X}^3 \cdot \sqrt{R_{кр}}}{V_{кр} \cdot n \cdot l_1 \cdot m} \right)^{\frac{(2-n')}{(2 \cdot n' - 1)}} \cdot \left(\frac{A}{P} \right)^{\frac{3}{(2 \cdot n' - 1)}} \cdot \operatorname{tg} \gamma^{\frac{(n'+1)}{(2 \cdot n' - 1)}} \quad (3)$$

$$q = \frac{10^3 \cdot \rho_a \cdot \beta \cdot V_{кр} \cdot \Delta_i \cdot l_1 \cdot n}{\rho_m \cdot V_{заг} \cdot t \cdot \eta \cdot \pi \cdot D_{кр}} \quad (4)$$

где n – число впадин (выступов) на прерывистом круге при постоянном значении l_1 ; $D_{кр}$ – диаметр шлифовального круга, мм.

Исследуем функцию $q(n)$ на наличие экстремума. Подставим уравнение (3) в выражение (4), найдем частную производную и приравняем ее к нулю:

$$\frac{\partial q}{\partial n} = \frac{\eta + \eta \cdot \frac{(2-n')}{(2 \cdot n' - 1)} - \frac{(2-n')}{(2 \cdot n' - 1)}}{\eta^2} = 0.$$

Экстремальное значение параметра η , при котором относительный износ кругов с прерывистой рабочей поверхностью будет иметь экстремум, определяется по формуле:

$$\eta_{\text{э}} = \frac{2-n'}{n'+1}. \quad (5)$$

Количество прорезей n , при котором относительный расход круга будет минимальным, можно выразить из выражения (3):

$$n = \left(\frac{12828,15 \cdot V_{заг} \cdot \sqrt{t} \cdot \bar{X}^3 \cdot \sqrt{R_{кр}}}{V_{кр} \cdot l_1 \cdot m} \right) \cdot \left(\frac{A}{P} \right)^{\frac{3}{(2-n')}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma^{\frac{(n'+1)}{(2-n')}}}{(1-\eta_{\text{э}})^{\frac{(2 \cdot n' - 1)}{(2 \cdot n' - n')}}}. \quad (6)$$

Экспериментальным путем установлено [8], что относительный расход алмаза зависит от числа прорезей на рабочей поверхности шлифовального круга и от жесткости шпиндельного узла. С увеличением числа прорезей на круге наблюдается экстремальный характер зависимости относительного расхода алмаза q для всех значений жесткости (рис. 1). С увеличением жесткости шпиндельного узла минимум q уменьшается и смещается в область больших

значений n . Жесткость шпиндельного узла и количество впадин на шлифовальном круге оказывают значительное влияние на параметрическую устойчивость упругой системы плоскошлифовального станка [9].

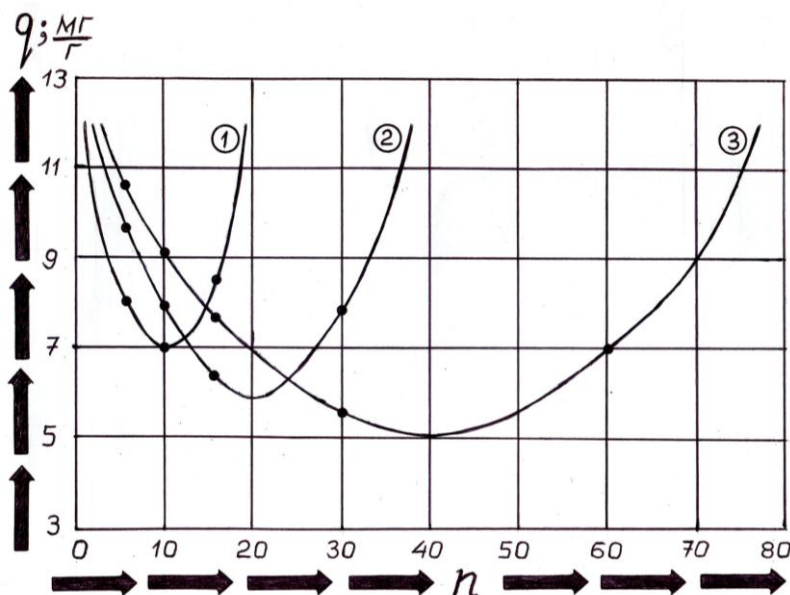


Рис. 1. Зависимости $q=f(n)$, построенные для $N=0,3$ и для трех значений жесткости: 1 – $Co=0,5 \cdot 10^6$ н/м; 2 – $Co=2,0 \cdot 10^6$ н/м; 3 – $Co=3,5 \cdot 10^6$ н/м [8]

Из рис. 2 видно, что при увеличении жесткости упругой системы станка размеры областей устойчивого шлифования расширяются, а сами области смещаются в сторону увеличения числа прорезей на круге. Из рис. 2 также видно, что с увеличением скорости резания $V_{кр}$ размеры областей устойчивого шлифования сужаются.

Из выражения (1) можно найти параметр $(1 + l_2/l_1)$, при котором относительный расход шлифовального круга будет минимальным:

$$\left(1 + \frac{l_2}{l_1}\right)_9 = (1 - \eta_9)^{\frac{(2 \cdot n' - 1)}{(2 - n')}} \cdot \left(\frac{V_{кр} \cdot m \cdot \sqrt{R_{кр}}}{2042,7 \cdot V_{заг} \cdot \sqrt{t} \cdot \bar{X}^3} \right) \cdot \left(\frac{P}{A} \right)^{\frac{3}{(2 - n')}} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma^{\frac{(n' + 1)}{(2 - n')}}}. \quad (7)$$

При $n'=0,76$; $\eta_9=0,705$ выражение (7) примет следующий вид:

$$\left(1 + \frac{l_2}{l_1}\right)_9 = \frac{2,94 \cdot 10^{-4} \cdot V_{кр} \cdot m \cdot \sqrt{R_{кр}}}{V_{заг} \cdot \sqrt{t} \cdot \bar{X}^3 \cdot \operatorname{tg} \gamma^{1,42}} \cdot \left(\frac{P}{A} \right)^{2,42}. \quad (8)$$

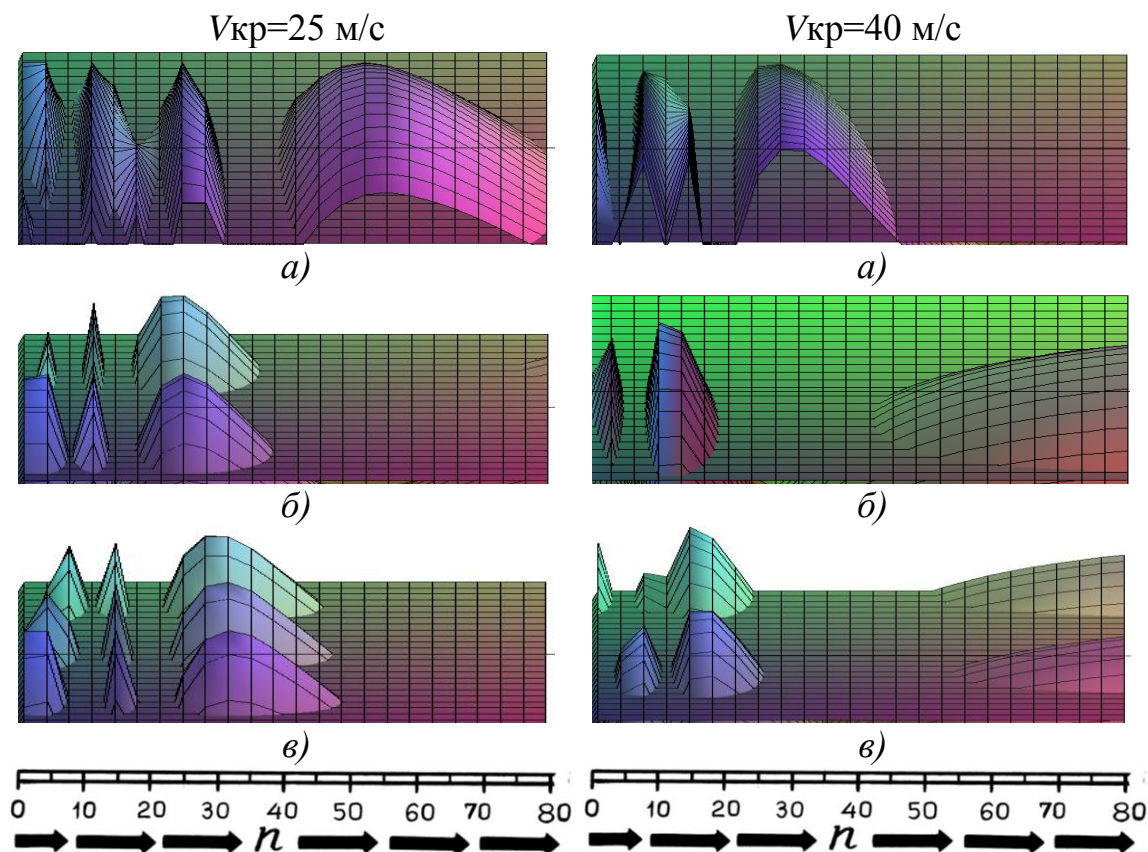


Рис. 2. Зоны параметрической неустойчивости упругой системы станка (горбы), рассчитанные для двух окружных скоростей круга $V_{кр}=25$ м/с и $V_{кр}=40$ м/с и трех значений приведенной жесткости: $Co=0,5 \cdot 10^6$ Н/м (а); $Co=2,0 \cdot 10^6$ Н/м (б); $Co=3,5 \cdot 10^6$ Н/м (в)

Влияние параметра $(1+l_2/l_1)$ на относительный расход шлифовальных инструментов определялось экспериментально [7]. Относительный удельный расход круга 1А1 200х75х5х2 КР 160/125 Б1 – 100 % определялся на образцах из стали Р6М5 методом врезания на режиме: $V_{кр}=35$ м/с; $V_{заг}=6$ м/мин; $t=0,025$ мм; с применением смазочно-охлаждающей жидкости. После определения относительного удельного расхода сплошного круга ($l_2/l_1 = 0$) на нем прорезались 10 впадин протяженностью $l_2=10$ мм и определялся относительный расход прерывистого круга ($l_1=52,8$ мм, $l_2=10$ мм), затем размеры прорезей соответственно увеличивались до 15, 20, 25 и 30 мм. Данная методика позволила провести исследование относительного расхода сверхтвёрдого материала на сплошном и пяти прерывистых кругах с различным соотношением l_2/l_1 : $10/52,8=0,189$; $15/47,8=0,314$; $20/42,8=0,467$; $25/37,8=0,661$; $30/32,8=0,915$.

Эксперименты показали (рис. 3), что по мере увеличения параметра $(1+l_2/l_1)$ относительный расход круга имеет экстремальный характер – минимум.

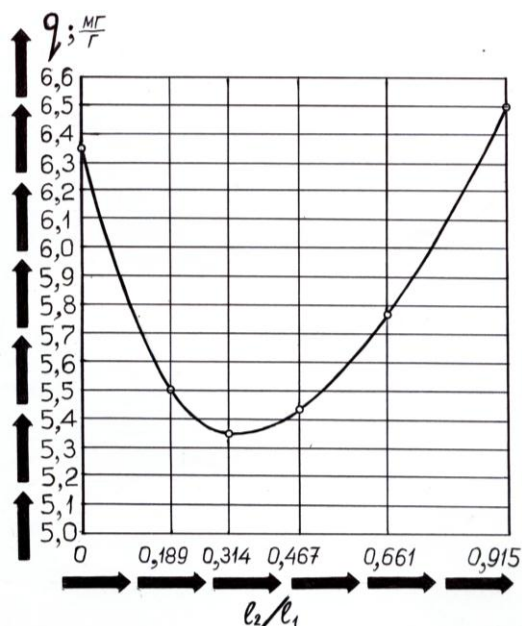


Рис. 3. Зависимость относительного расхода алмаза q от соотношения длин впадин l_2 и выступов l_1 [7]

В работах [10] и [11] установлен экстремальный характер зависимостей $q=f(V_{кр})$ при обработке твердого сплава алмазными кругами, имеющими разные связки (рис. 4).

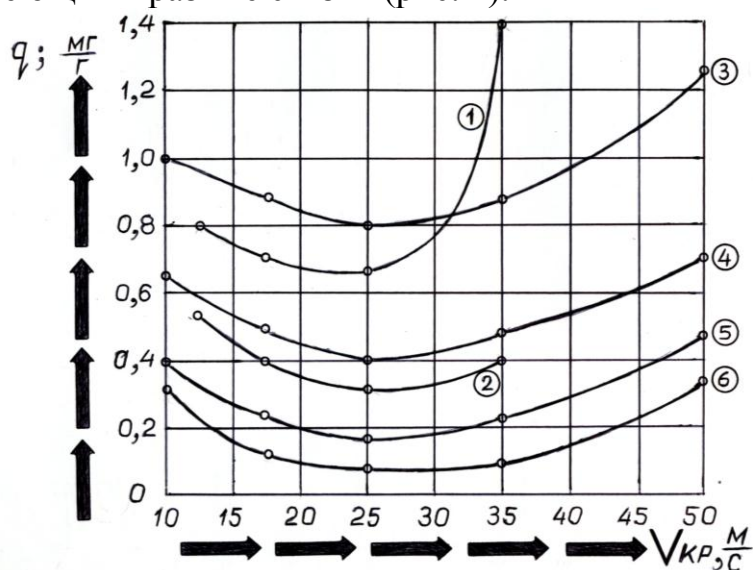


Рис. 4. Зависимость $q=f(V_{кр})$ при шлифовании твердого сплава Т15К6 кругами:

- 1 – круг АСО 100/80 – 100 % – Б1 [10]
- 2 – круг АСВ 100/80 – 100 % – М1 [10]
- 3 – круг АСВ 125/100 – 100 % – ТМ [11]
- 4 – круг АСВ 125/100 – 100 % – М5 [11]
- 5 – круг АСВ 125/100 – 100 % – МК [11]
- 6 – круг АСВ 125/100 – 100 % – М1 [11]

Установлено [9], что скорость резания $V_{кр}$ и величина отношения протяженности впадины l_2 к длине режущего выступа l_1 оказывает существенное влияние на параметрическую устойчивость упругой системы станка. Из рис. 5 (слева) видно, что при шлифовании со скоростью резания $V_{кр}=35$ м/с безрезонансная работа упругой системы станка наиболее вероятна в интервалах изменения величины l_2/l_1 : $0 \leq N \leq 0,15$; $0,75 \leq N \leq 0,90$, а из рис. 5 (справа) видно, что при окружной скорости круга $V_{кр}=25$ м/с возникновение параметрического резонанса наименее вероятно в интервале $0,80 \leq N \leq 0,90$. Однако, несмотря на низкую вероятность возникновения резонанса в указанных интервалах, шлифование прерывистыми кругами с соотношениями $l_2/l_1=0,10$ и $l_2/l_1=0,85$ сопровождается высоким относительным расходом алмазов (рис. 3).

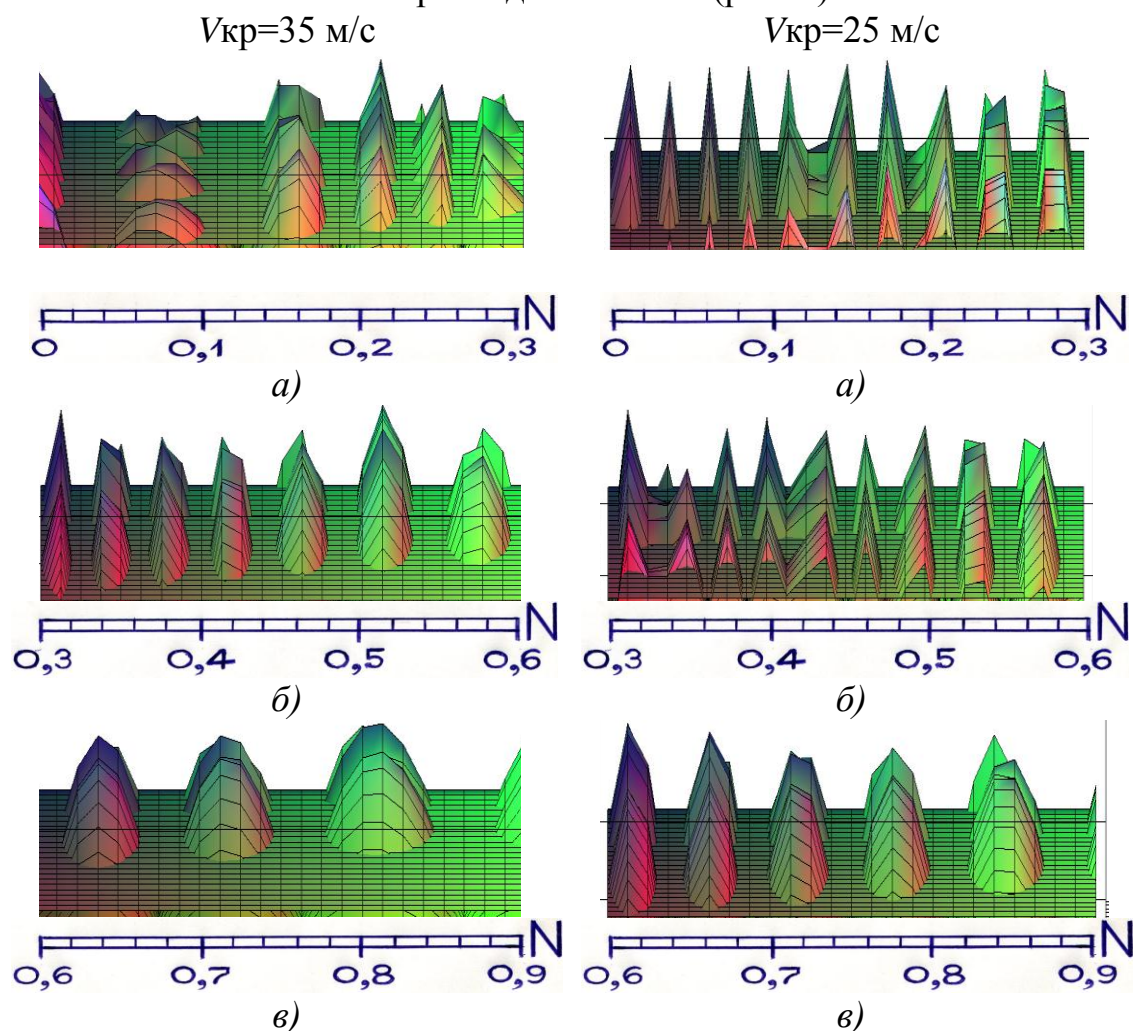


Рис. 5. Области неустойчивой работы упругой системы станка (горбы), рассчитанные для $V_{кр}=35$ м/с и $V_{кр}=25$ м/с и для трех интервалов соотношений $N=l_2/l_1$: $0 \leq N \leq 0,3$ (а); $0,3 \leq N \leq 0,6$ (б); $0,6 \leq N \leq 0,9$ (в).

Из анализа рис. 3 и рис. 5 следует, что при шлифовании со

скоростями резания $25 \leq V_{кр} \leq 35$ м/с, наиболее приемлемым, с точки зрения параметрического резонанса и относительного расхода алмазов, является соотношение $l_2/l_1=0,6$. Из рис. 5 видно, что с увеличением скорости резания наблюдается расширение областей устойчивой работы и уменьшение количества зон параметрической неустойчивости упругой системы плоскошлифовального станка. Однако при этом наблюдается (рис. 4) увеличение относительного расхода алмазов на кругах с металлической (кривые 2, 3, 4, 5, 6) и с органической (кривая 1) связками. Возрастание относительного расхода алмазных кругов на органической связке происходит из-за выгорания пульварбакелита по причине возрастания температуры шлифования. Выгорание пульварбакелита из связки круга начинается при температурах 250...300 °С [10].

В работе [9] установлено, что при обработке на плоскошлифовальном станке прерывистыми кругами, имеющими число выступов $n=20...30$ возникают колебания с частотами 800...1200 Гц и амплитудой 15...25 мкм, которые облегчают процесс стружкообразования (рис. 6) и предотвращают налипание обрабатываемого материала на рабочую поверхность инструмента.

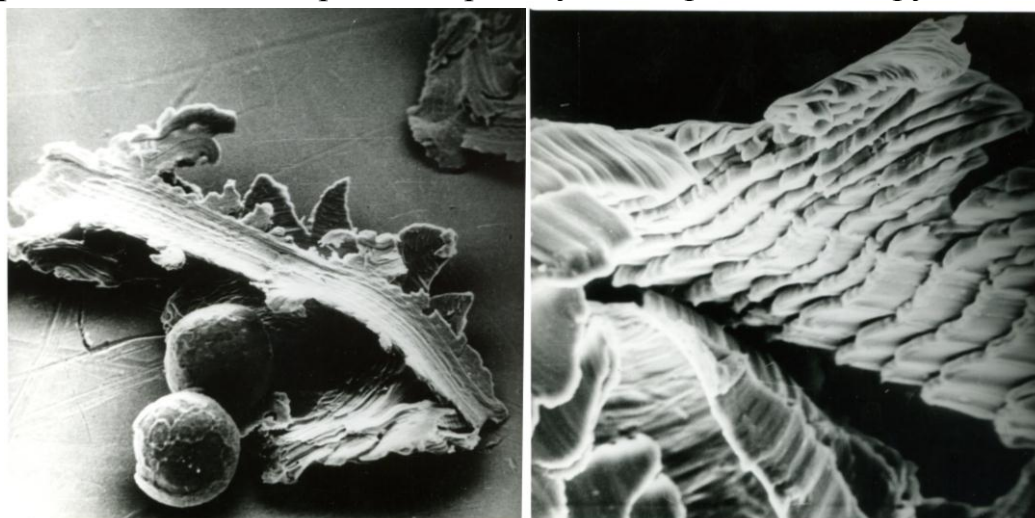


Рис. 6. Фотоснимки микростружек, образующихся при шлифовании прерывистыми кругами с разным числом режущихся выступов

Выявленный диапазон $20 \leq n \leq 30$ для эффективного прерывистого шлифования хорошо согласуется с экспериментами по определению минимальных значений удельного износа алмазного слоя.

Выводы. 1. Расчетным и экспериментальным путями выявлен экстремальный характер зависимостей удельного износа прерывистых кругов из сверхтвердых материалов от количества прорезей на рабочей поверхности инструмента и от величины отношения протяженности впадины к длине режущего выступа круга. 2. Расчетно-экспериментальным путем выявлены характеры влияния

размеров и количества конструктивных элементов, из которых образована рабочая поверхность алмазных прерывистых кругов, а также жесткости резания на параметрическую устойчивость упругой системы плоскошлифовального станка.

Литература

1. Кигель И.Г. Исследование процесса шлифования твердых сплавов алмазными кругами с прерывистой рабочей поверхностью: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Кигель Исаак Гершевич. – Пермь, 1971. – С. 193.
2. Лукин Л.Л. Расчет прерывистых кругов при плоском периферийном шлифовании /Л.Л. Лукин, В.Д. Старшев // Вестник Иж.ГТУ. – 2007. – №1. – С. 38-39.
3. Гунько Н.И. Исследование влияния жесткости плоскошлифовального станка на износ абразивных кругов при прерывистом шлифовании / Н.И. Гунько // Чистовые методы обработки: сб. научн. трудов. – Пермь: Пермский политехнический институт, 1971. – Вып. 97. – С. 3-8.
4. Гуцаленко Ю.Г. Стійкість круга в робочих процесах раціонального стабільного шліфування / Ю.Г. Гуцаленко // Вісн. нац. техн. ун-ту «Харківський політехнічний інститут». – 2005. – №23. – С. 50-63.
5. Алмазная обработка: учебн. пособие [для студ. высш. уч. завед.] / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, А.А. Якимов. – К.: ИСМО, 1996. – 168 с.
6. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / [Новиков Ф.В., Якимов А.В., Новиков Г.В. и др.]; под редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.8: Оптимизация технологических процессов в машиностроении. – Одесса: ОНПУ, 2004. – 509 с.
7. Якимов А.В. Высокопроизводительная обработка абразивно-алмазными инструментами: учебн. пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, А.А. Якимов. – К.: Техніка, 1993, – 152 с.
8. Якимов А.В. Теоретические основы резания и шлифования материалов / [А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков и др.]. – Одесса: ОГПУ, 1999, – 450 с.
9. Якімов О.О. Технологічне забезпечення якості поверхневого шару зубів високоточних зубчастих коліс при шліфуванні: автореф. дис. на здобуття наук.ступеня докт. техн. наук: 05.02.08 / Одес. нац. політех. ун-ет. – Одеса, 2015. – 50 с.
10. Семко М.Ф. Основы алмазного шлифования / [М.Ф. Семко, А.И. Грабченко, А.Ф. Раб и др.]. – К.: Техніка, 1978. – 192 с.

11. Попов С.А. Алмазно-абразивная обработка металлов и твердых сплавов / С.А. Попов, Н.П. Малевский, Л.М. Терещенко. – М.: Машиностроение, 1977. – 263 с.

**ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ І РОЗМІРІВ ЕЛЕМЕНТІВ
МАКРОПРОФІЛЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
ПЕРЕРИВЧАСТИХ ШЛІФУВАЛЬНИХ АЛМАЗНИХ І
ЕЛЬБОРОВИХ КІЛ НА ЇХ УДІЛЬНИЙ ІЗНОС**

Якімов О.О., Бовнегра Л.В., Безнос С.В., Дмитрієва С.Ю.,
Добровольський В.В.

У статті встановлено, що залежності удільного износу переривчастого шліфувального кола від числа западин і від величини коефіцієнта уривчастості мають екстремальний характер (мають мінімум). Виявлені характери впливу кількості виступів і западин, величини відносин їх довжин і жорсткості різання на можливість виникнення в іншій системі верстата параметричного резонансу.

Ключові слова: різуче зерно, швидкість різання, різальний мікрорельєф, різучий виступ.

**INFLUENCE OF QUANTITY AND DIMENSIONS OF
MACROPROFILE ELEMENTS OF WORKING SURFACES OF
BREAKING GRINDING DIAMOND AND ELBORIC CIRCULARS
ON THEIR SPECIFIC WEAR**

Yakimov O., Bovnegra L., Beznos S., Dmytriieva S., Dobrovolskyi V.

In the article it is established that the dependences of the specific wear of the discontinuous grinding wheel on the number of troughs and on the value of the intermittence coefficient have an extreme character (they have a minimum). The characters of the influence of the number of protrusions and depressions, the ratio of their lengths and the rigidity of cutting on the possibility of parametric resonance in another machine system have been revealed.

Key words: cutting grain, cutting speed, cutting microrelief, cutting protrusion.

ЗМІСТ

№ п.п	ПІБ, назва статті	Стр.
1.	<i>Адоньєв Є.О., Верещага В.М., Лисенко К.Ю.</i> Встановлення взаємозв'язків між простими відношеннями трьох точок прямої та БН-координатами для геометричних фігур.....	3
2.	<i>Андропова О.В., Козак Ю. В.</i> Аналітична побудова тіньової маски світлопроріза.....	8
3.	<i>Бадаєв Ю.І., Плєсканко Н.В.</i> Моделювання DICOM зображень для вибірки конкретних об'єктів та обробки для подальшої реконструкції в 3D.....	13
4.	<i>Браилов А.Ю.</i> Анализ законов проекционных связей.....	19
5.	<i>Ванін В.В., Незенко А.Й.</i> Геометричне моделювання теоретичних поверхонь крила в контексті життєвого циклу літака з урахуванням змінюваних параметрів.....	25
6.	<i>Верещага В.М., Павленко О.М.</i> Підготовка вихідної хмари точок при створенні цифрової моделі рельєфу за результатами наземного лазерного сканування.....	30
7.	<i>Вірченко Г.А., Маломуж Т.В., Старун Н.В., Тулученко Г.Я.</i> Вплив базисних функцій на властивості рекурентного сплайна п'ятого степеня.....	36
8.	<i>Грицина Н.І., Шапа С.Ю.</i> Використання табличної параметризації в системі AUTOCAD для створення типових елементів креслеників.....	41
9.	<i>Еремєєв В.С., Лебедев В.О.</i> Побудова поверхні, що визначає напруги в підземних спорудах циліндрової форми під дією ґрунтових вод.....	48
10.	<i>Єрмакова О.А., Архіпов О.В.</i> Вивчення дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» за змішаною формою навчання.....	54
11.	<i>Залевская О.В., Мирошніченко И.В.</i> Адаптация по точности в системах обработки экспериментальных данных с двухуровневой самоорганизацией.....	59
12.	<i>Запольський Л.Л.</i> Геометричне моделювання ефекту Джанібекова у середовищі математичного пакету MAPLE.....	69

13. Ковальов С.М., Мостовенко О.В. Моделювання дискретних каркасів поверхонь послідовностями функцій.....	82
14. Козак Ю. В. Аналіз поверхонь відбитих променів для відбиваючих поверхонь різної складності.....	87
15. Колосова О.П., Ванін В.В. Роль симетрії в формуванні об'єктів та процесів.....	93
16. Комяк В.М., Комяк В.В., Данилин А.Н. Учет психофизических закономерностей при моделировании индивидуально-поточного движения людей	99
17. Мирошниченко И.В., Залевская О.В. Обработки экспериментальных данных в адаптивных системах с многоуровневой самоорганизацией.....	104
18. Найдич А.В., Балюба І.Г., Верецага В.М. , Спірінцев Д.В. Варіативне дискретне геометричне моделювання.....	113
19. Пилипака С.Ф., Кремець Т.С., Несвідоміна О.В. Утворення поверхонь, віднесених до ізометричних координат, шляхом інверсії циліндрів загального виду.....	120
20. Пилипака С.Ф., Муквич М.М. Утворення мінімальних поверхонь за допомогою ізотропних ліній, які лежать на уявній поверхні обертання циклоїди	127
21. Плоский В. А., Теренчук С. А., Еременко Б.М., Исаенко Д.В. Формирование нечеткой базы знаний системы оценки технического состояния строительных конструкций	134
22. Подкоритов А.М., Ісмаїлова Н. П., Трушков Г.В. Геометричне моделювання зубчастого зачеплення на базі параметричного кінематичного гвинта	140
23. Segol R., Parkhomenko A. Massive open online courses' implementation in blended format as a new approach in ukrainian higher education.....	145
24. Семків О.М., Піксасов М.М., Шевченко С.М. Виділення фазових кривих подібних еліпсу на основі перетворення Хафа.....	151
25. Скиба О.П., Ковбашин В.І., Пік А.І. Растрова графіка пакету Photoshop.....	159
26. Финогенов А.Д., Ладогубец Т.С., Залевский С.В. Метод анализа иерархий: тестовые примеры расчета для анализа программного обеспечения.....	164

27. *Холодняк Ю.В., Гавриленко Е.А., Дубинина А.В.* Формирование обводов с заданными геометрическими свойствами..... 159
28. *Шаров С.В., Шарова Т.М.* Проектування діаграми прецедентів інформаційної системи для аналізу ринку праці ІТ-фахівців..... 164
29. *Шоман О.В., Даниленко В.Я.* Компоненти прикладної геометрії у графічній реалізації проектних завдань..... 170
30. *Якимов А.А., Бовнегра Л.В., Дмитриева С.Ю., Безнос С.В., Добровольский В.В.* Влияние количества и размеров элементов макропрофиля рабочих поверхностей прерывистых шлифовальных алмазных и эльборовых кругов на их удельный износ..... 175

Наукове фахове видання

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ

Збірник наукових праць

Випуск 11

Матеріали подано мовою оригіналу.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ № 21030-10830Р від 29.09.2014 р.

Збірник наукових праць включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України № 241 від 09.03.2016)

Підписано до друку 29.05.2018 р. Формат 60x84 1/16
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman Cys.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 11.4.
Наклад 100 прим. Зам. № 2401

Видавець

Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького

Адреса: 72312, м. Мелітополь, вул. Гетьманська, 20
Тел. (0619) 44 04 64

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виробників і розповсюджувачів
видавничої продукції від 16.05.2012 р. серія ДК № 4324

Надруковано ФО-П Однорог Т.В.

72313, м. Мелітополь, вул. Героїв Сталінграду, 3а
Тел. (067) 61 20 700

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виробників і розповсюджувачів
видавничої продукції від 29.01.2013 р. серія ДК № 4477