УДК 72.02

НАВЧАЛЬНО-ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ РОЗГОРТКИ ПОВЕРХНІ ТРИВІСНОГО ЕЛІПСОЇДА

І. Керницький, д. т. н.

ORCID ID: 0000-0001-6084-1774

Львівський національний аграрний університет,

О. Нікітенко, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-3546-1603

SGGW, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,

І. Стукалець, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0001-7107-4865

В. Буртак, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0001-5099-6422

І. Городецький

ORCID ID: 0000-0002-5728-3764

Львівський національний аграрний університет

<https://doi.org/10.31734/architecture2019.20.009>

Керницький І., Нікітенко О., Стукалець І., Буртак В., Городецький І. Навчально-прикладні аспекти побудови розгортки поверхні тривісного еліпсоїда

Сьогодні в архітектурному середовищі у пошуку оригінальних рішень проектуються і будуються споруди зі складними геометричними поверхнями. Однією з таких поверхонь є тривісний еліпсоїд. На відміну від еліпсоїда обертання, таку поверхню не застосовують у техніці, а її використання в архітектурі є дуже рідкісним явищем. Яскравими прикладами застосування тривісного еліпсоїда в архітектурі є Національний театр у Пекіні і готель Інтерконтиненталь у Давосі.

Проаналізовано наявні способи розв'язку задач на побудову розгорток піраміди, призми, а також поверхонь обертання – конуса та циліндра. Особливу увагу звернуто на побудову розгорток сфери та криволінійних поверхонь обертання, використовуючи для цього спосіб циліндрів або конусів, які можна описати (або вписати) навколо заданих поверхонь.

Аналізом дидактичного досвіду підтверджено, що академічне вивчення різних способів побудови розгорток є важливим елементом навчальної програми та отриманих фахових знань і практичних навичок для студентів архітектурних, будівельних та технічних спеціальностей. Дійдено висновку, що тема «Розгортки» потребує від студентів поглибленого вивчення та вміння всестороннього прикладного застосування.

Досліджено складну геометричну поверхню – тривісний еліпсоїд. Описано розроблені та апробовані авторами основні засади побудови розгортки поверхні тривісного еліпсоїда з конкретними розмірами. Розгортка еліпсоїда була спроектована за методикою побудови умовної розгортки сфери, тобто розбивкою її на окремі сегменти. Усі графічні побудови були виконані у графічному редакторі *AutoCAD*. Практично підтверджено, що розроблена геометрична модель розгортки поверхні тривісного еліпсоїда є достатньо простою для архітектурного макетування і може мати прикладне застосування для моделювання різних криволінійних поверхонь другого порядку, які, на відміну від поверхонь обертання, в горизонтальних перерізах мають еліпси, а не кола.

Ключові слова: тривісний еліпсоїд, розгортка, макетування, січні площини.

Kernytskyi I., Nikitenko O., Stukalets I., Burtak V., Horodetskyi I. Educational and applied aspects of construction involutes of the triaxial ellipsoid surface

In the present architectural environment, constructions are designed with complicated geometric surfaces for the sake of originality. A triaxial ellipsoid is one of such surfaces. Unlike the ellipsoid of rotation, such surface is not applied in a technique, and its use in architecture is rather rare. The bright examples of triaxial ellipsoid application in architecture are presented by the National Theatre in Beijing and Intercontinental Hotel in Davos.

The article analyzes the existing methods concerning solution of the tasks of construction of the involutes of pyramid, prism, and also surfaces of rotation, i.e. a cone and a cylinder. A particular attention is paid to construction of involutes of a globe and curvilinear surfaces of rotation, applying the method of cylinders or cones that can be described (or entered) round the set surfaces.

The analysis of didactics experience confirms that the academic study of the different methods of involutes construction is an important element of the educational program, professional knowledge, and practical skills of the students of architectural, building and technical specialties. It is argued that the topic «Involute» requires students' deeper knowledge and skills of the all-round applied use.

The work investigates a triaxial ellipsoid as a complicated geometrical surface. The article describes the established and approved basic principles of construction of the involute of triaxial ellipsoid surface with the set sizes. The involute of ellipsoid was projected according to the methodology of construction of conditional involute of a globe, i. e. its laying out on separate segments. All graphic constructions were executed in the graphics editor AutoCAD. It is practically confirmed, that the geometrical model of involute of the triaxial ellipsoid surface is rather simple for architectural modeling and can be applied for the design of different curvilinear surfaces of the second order, which, unlike the surfaces of rotation, have ellipses, but not circles in their horizontal sections.

Key words: triaxial ellipsoid, development, paper modeling, sectional planes.

Постановка проблеми. У курсі нарисної геометрії та креслення є розділ «Розгортки поверхонь». На практичних заняттях обов'язково розглядають задачі на побудову розгортки піраміди, призми, а також поверхонь обертання – конуса та циліндра [1, с. 149–155]. Студенти архітектурного факультету виконують завдання на побудову розгортки сфери та криволінійних поверхонь обертання, використовуючи для цього спосіб циліндрів або конусів, які можна описати (або вписати) навколо заданих поверхонь.

Отже, вміння побудови розгортки є важливим елементом навчальної програми та отриманих фахових знань і практичних навичок для студентів архітектурних, будівельних та технічних спеціальностей і потребує поглибленого вивчення та вміння прикладного застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поряд із «класичними» розгортками криволінійних поверхонь, які у першому наближенні апроксимуються багатограними поверхнями, у сучасній нарисній геометрії поширений метод побудови розгортки поверхонь обертання з використанням інтегрального числення [2, с. 16].

Постановка завдання. У сучасному архітектурному середовищі у пошуку оригінальних нетрадиційних і деколи «викличних» рішень проєктують і будують споруди зі складними геометричними поверхнями, які часто захоплюють уяву людини, візуалізують неймовірні форми і наближають людство до космосу. Цікавим прикладом такої поверхні є тривісний еліпсоїд. Важливо зазначити, що, на відміну від еліпсоїда обертання, таку поверхню не застосовують у техніці, а її використання в архітектурі є дуже рідкісним явищем. Яскравими прикладами використання тривісного еліпсоїда в архітектурі є Національний театр у Пекіні [3] (рис. 1, а) і готель Інтерконтиненталь у Давосі [4] (рис. 1, б).

Завдання нашого дослідження – описати розроблені та апробовані авторами основні засади побудови розгортки поверхні тривісного еліпсоїда.

Виклад основного матеріалу. Нехай задано на комплексному кресленні тривісний еліпсоїд з розмірами $a = 80$ мм, $b = 50$ мм, $c = 35$ мм. Для побудови розгортки розіб'ємо поверхню тривісного еліпсоїда горизонтальними і вертикальними площинами, які проходять через вертикальну вісь еліпсоїда (рис. 2).

а)

б)

Рис. 1. Приклади реального застосування поверхні тривісного еліпсоїда в архітектурі: а) Національний театр у Пекіні; б) готель Інтерконтиненталь у Давосі

Рис. 2. Поверхня тривісного еліпсоїда з січними площинами

Горизонтальні січні площини утворюють на поверхні тривісного еліпсоїда горизонтальні еліп-

си, а горизонтально-проектуючі січні площини формують ряд вертикальних еліпсів. У свою чергу горизонтальні та вертикальні еліпси перетинаються у вузлових точках. Розгортку будемо komponувати як розгортку сфери, тобто методом поділу поверхні тривісного еліпсоїда на окремі сегменти [5, с. 83]. На відміну від сфери, у якої всі сегменти рівні, поверхня еліпсоїда буде мати сегменти різних розмірів. За такої постановки задачі побудови розгортки поверхні тривісного еліпсоїда її розв'язок зводиться до визначення довжин відрізків між вузловими точками і до komponування їх у відповідному порядку.

Покажемо на конкретному прикладі методику визначення розмірів шуканих відрізків та криволінійних геометричних елементів для побудови двох сегментів еліпсоїда (рис. 3). Для цього візьмемо четвертину поверхні еліпсоїда і перетнемо її рядом січних площин Δ , Γ , Φ , Θ , Σ , T . Між горизонтальними січними площинами задамо відстань у 10 мм, а кут між вертикальними січними площинами приймемо 15° . Утворені дуги еліпсів перетину січних площин з поверхнею еліпсоїда і вузлові точки показані на епюрі (див. рис. 3) у трьох проекціях.

Рис. 3. Четвертний відсік тривісного еліпсоїда з горизонтальними та вертикальними січними площинами

З використанням можливостей комп'ютерного графічного редактора *AutoCAD* за допомогою команди «Розміри – паралельний» визначаємо розміри великих півосей еліпсів, які лежать у площинах Θ , Σ і T (рис. 4, а), і лінеаризовані розміри дуг еліпсів, розміщені у площинах Δ , Γ і Φ (рис. 4, б). На рис. 5 показані розміри дуг еліпсів, побудованих на визначених осях (малі осі збігаються і дорівнюють $c = 35$ мм).

Побудуємо два сегменти за визначеними дугами еліпсів (рис. 6, а). Визначення лінійних та дугових розмірів і побудову решти сегментів здійснюємо аналогічно. За допомогою команд «Перемістити» та «Повернути» креслення розгортки отримуємо у вигляді, показаному на рис. 6, б. Повну розгортку поверхні тривісного еліпсоїда будуємо за допомогою команд «Копіювати» і «Дзеркало» (рис. 7).

Рис. 4. Визначення розмірів еліпсів у горизонтальних та вертикальних січних площинах:
а) визначення розмірів великих півосей еліпсів у горизонтально-проекційних площинах;
б) визначення лінеаризованих розмірів дуг горизонтальних еліпсів

Рис. 5. Визначення розмірів дуг еліпсів: а) четвертина дуги еліпса, який лежить у площині Θ ;
б) дуга еліпса, який лежить у площині Σ ; в) дуга еліпса, який лежить у площині T

Рис. 6. Побудова сегментів еліпсів: а) побудова двох сегментів; б) побудова шістьох сегментів

Рис. 7. Повна розгортка поверхні тривісного еліпсоїда

Висновки. Розроблена геометрична модель розгортки поверхні тривісного еліпсоїда є достатньо простою для застосування в архітектурному макетуванні. З використанням описаної методики можна моделювати і макетувати різні криволінійні поверхні другого порядку, які, на відміну від поверхонь обертання, в горизонтальних перерізах мають еліпси, а не кола.

Бібліографічний список

1. Брилинг Н.С. Черчение. Москва: Стройиздат, 1989. 420 с.

2. Нікітенко О.А., Керницький І.С., Калінін О.О., Ковальова Г.В. Використання інтегрального числення для побудови розгорток поверхонь обертання. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. Вип. 71. С. 16 – 24.

3. Всемирно известные здания: Большой Национальный театр в Пекине: URL: <https://realt.onliner.by/2011/10/14/darriuss-4> (дата звернення: 05.06.2019).

4. В Швейцарских Альпах построили отель с золотистым мерцающим куполом: URL: <http://bim-bo.in.ua/item/21075-1476388973>. (дата звернення: 05.06.2019).

5. Михайленко В.С., Найдис В.М., Підкоритов А.М., Скидан І.А. Інженерна та комп'ютерна графіка. Київ: Вища шк., 2011. 350 с.

Стаття надійшла 24.04.2019.