

Ботвіновська Світлана Іванівна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ВАРІЮВАННЯ ФОРМИ ОБ'ЄКТІВ ДИЗАЙНУ
ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ПОВЕРХОНЬ-ПРООБРАЗІВ**

Анотація. Наведено приклади побудови дискретних каркасів об'єктів дизайну у вигляді чаш і проаналізовано питання можливого управління їх формою. Для формування каркасів поверхонь дизайну використовується статико-геометричний метод, який є наочною інтерпретацією методу скінченних різниць. Для двох побудованих об'єктів збережено один і той самий довільно-заданий опорний контур із двох компонент складеної форми. Варіювання форми об'єктів дизайну відбувається за допомогою використання різних поверхонь-прообразів. Показано, що отримані поверхні об'єктів дизайну зберігають художньо-композиційні властивості заданих поверхонь-прообразів.

Ключові слова: варіювання формою; об'єкт дизайну; геометричне моделювання; дискретний каркас; властивості поверхонь; статико-геометричний метод

Постановка проблеми

Сучасний стан розвитку технічної естетики, на фоні активного використання криволінійних об'єктів складної форми в архітектурі та дизайн-проектванні потребує подальшого удосконалення наявних методів геометричного моделювання.

Каркасні способи утворення криволінійних поверхонь найчастіше використовуються дизайнерами та архітекторами, оскільки в якості вихідних даних виступає інформація, близька до ескізів та креслень. Однак, саме ці способи мають певні обмеження та недоліки, основним з яких є те, що вони дозволяють будувати лише незначний клас об'єктів.

На сьогодні, у процесі пошуку найбільш виразних форм, дизайнери та архітектори використовують найпотужніший арсенал сучасних науково-технічних досягнень. Все частіше для моделювання криволінійних поверхонь використовуються методи дискретного геометричного моделювання.

Мета статті

Формоутворення криволінійних поверхонь в архітектурі та дизайні є цікавим творчим процесом, який потребує таланту, творчого натхнення і не аби якої математичної підготовки. Форма майбутнього об'єкта повинна максимально повно відповідати встановленим критеріям, технічним умовам, забезпечувати функціональне призначення об'єкта та враховувати задані вихідні умови.

Не слід забувати, що формоутворювальна роль художніх, естетичних та композиційних чинників є не

менш вагомою, ніж інженерних, конструктивних та технічних.

Мета даної роботи – показати можливості статико-геометричного методу (СГМ) дискретного геометричного моделювання, розширивши їх за рахунок використання зовнішнього навантаження на вузли сітки, в якості формоутворювальних чинників, у процесі конструювання дискретних каркасів дизайн-об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Багато робіт вітчизняних та зарубіжних вчених присвячено проблемам технічної естетики в процесі удосконалення форми об'єктів архітектури та дизайну. В роботі [1] розглядаються питання формоутворення дискретних моделей одно- та двопараметричних образів з комплексним врахуванням вихідних даних та вимог на основі поєднання переваг математичних апаратів СГМ та числових послідовностей. Розроблено алгоритми моделювання дискретних аналогів кривих поверхонь з різними комбінаціями вихідних умов, але зовнішнє навантаження на вузли сітки не розглядалось з точки зору формоутворювального чинника.

У роботах [2; 3] показані можливості геометричного моделювання дискретних каркасів поверхонь архітектурних форм СГМ на основі інтерпретації основних чинників, що впливають на особливості зростання біоформи. Розглянуто приклади моделювання біоформи в процесі росту по заданій траєкторії або поверхні з використанням різних координатних систем. Однак в роботі не враховувались естетичні характеристики майбутніх поверхонь. Питанням управління формою дискретно визначеної поверхні (ДВП) за рахунок зовнішнього

формуотворювального навантаження присвячено роботу [4]. Наведено приклади моделювання дискретного каркасу криволінійної поверхні плафона світильника. Досліджено питання управління формою поверхні з появою на ній особливих точок, за рахунок використання в якості формуотворювальних чинників коефіцієнтів пропорційності при зовнішніх навантаженнях, що прикладаються до вузлів дискретної сітки.

Роботу [5] автор присвятив формуванню дискретних каркасів поверхонь із врахуванням довільно заданих вихідних умов, у процесі дизайн-проекування, та збереженням композиційних властивостей рекомендованих поверхонь-прообразів. Дискретний каркас поверхні складався із правильних трикутних клітин та опорного контуру у вигляді двох компонент, представлених просторовими ламаними, але не були досліджені питання впливу різних поверхонь-прообразів на зміну форми об'єкта, що моделюється. Робота [6] присвячена теоретичним аспектам керування формою хвилястих поверхонь покриття в архітектурі, змодельованих за допомогою СГМ. За результатами цих досліджень розроблено комплекс програм, який в інтерактивному режимі реалізує алгоритм побудови й управління геометричною формою складних поверхонь покриття. Однак автором не використовувались поверхні-прообрази, за допомогою яких можна задавати та змінювати величини зовнішнього навантаження, та не враховувались властивості інших поверхонь при моделюванні дискретних каркасів архітектурних оболонок.

В проаналізованих роботах не розглядалися питання варіювання форми об'єкта за допомогою використання різних поверхонь-прообразів, і не аналізувались геометричні форми поверхонь, що побудовані за однаковими крайовими умовами.

Виклад основного матеріалу дослідження

Загально відомо, що за наперед заданими умовами, у вигляді довільно заданого опорного контуру, неможливо отримати аналітичного рівняння поверхні. Для розв'язання поставленої задачі пропонується використати один із методів дискретного геометричного моделювання, а саме СГМ, в основі якого лежить статична рівновага сітки, на вузли якої діють певні зовнішні навантаження. СГМ проф. С.М. Ковальова є наочною інтерпретацією методу скінченних різниць (МСР), тому похибка, яка буде виникати при формуванні дискретних каркасів поверхонь, ідентична похибці МСР. Остання достатньо широко вивчена і описана в літературі, тому не буде аналізуватись у процесі моделювання поверхонь у даній роботі.

Поставлена задача належить до задач дизайн-проекування, тому, при використанні СГМ, зовнішні зусилля у вузлах сітки можна не пов'язувати із власною вагою оболонки і розглядати як формуотворювальні чинники.

Для визначення координат вузлів сітки в плані необхідно розв'язувати систему рівнянь рівноваги проекцій зусиль:

$$\begin{aligned} X_{i-1,j} + X_{i,j-1} + X_{i+1,j} + X_{i,j+1} - 4X_{i,j} + k\bar{P}_{i,j,x} &= 0; \\ Y_{i-1,j} + Y_{i,j-1} + Y_{i+1,j} + Y_{i,j+1} - 4Y_{i,j} + k\bar{P}_{i,j,y} &= 0; \\ Z_{i-1,j} + Z_{i,j-1} + Z_{i+1,j} + Z_{i,j+1} - 4Z_{i,j} + k\bar{P}_{i,j,z} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де $k\bar{P}_{i,j,x}$, $k\bar{P}_{i,j,y}$, $k\bar{P}_{i,j,z}$ – координатні складові зовнішнього зусилля $\bar{P}_{i,j}$, у довільному вузлі сітки; k – коефіцієнт пропорційності.

Координатні складові проекцій зовнішніх зусиль можна визначати на поверхні-прообразі [4], властивості якої переважно перенести на об'єкт, що моделюється. Бажаний образ задається у вигляді простої поверхні, на яку нанесено сітку, з довільними за формою клітинами і за аналітичним рівнянням якої можна визначити координати вузлів нанесеної сітки. Після цього за виразом (1) визначаються зовнішні зусилля, що зрівноважують зусилля у в'язях нанесеної сітки і забезпечують належність цих вузлів даній поверхні.

Можна припустити, що задавши нові вихідні дані для формування дискретного каркасу іншої поверхні-образу, зберігаючи при цьому топологію сітки, нанесеної на прообраз, і приклавши до нових вузлів пороховане зовнішнє навантаження, буде отримана дискретна модель поверхні, яка нестиме на собі художньо-композиційні властивості поверхні-прообразу. Ці властивості були наведені в роботі [5]. Розглянемо це припущення на прикладах.

Приклад 1. Необхідно побудувати дискретний каркас поверхні «Чаша 1», зберігаючи властивості сферичної поверхні.

В якості поверхні-прообразу пропонується обрати сферу радіусом $R=150$, зрізану знизу на висоті -140.0 (рис.1, а).

На поверхню сфери нанесено радіально-кільцеву сітку з чотирикутними клітинами, з якої будуть переноситись зовнішні зусилля. Вздовж головного меридіану на сфері зберігається постійний крок (рис. 1, б).

Оскільки план опорного контуру відрізняється від прямокутного, для визначення координат вузлів сітки в плані складається система рівнянь (1) рівноваги проекцій зусиль на осі Ox , Oy та Oz . За отриманими координатами визначаються координатні складові зовнішніх зусиль, прикладених до вузлів сфери:

$$\begin{aligned} \bar{kP}_{i,j,x} &= -4X_{i,j} + X_{i-1,j} + X_{i,j-1} + X_{i+1,j} + X_{i,j+1}; \\ \bar{kP}_{i,j,y} &= -4Y_{i,j} + Y_{i-1,j} + Y_{i,j-1} + Y_{i+1,j} + Y_{i,j+1}; \\ \bar{kP}_{i,j,z} &= -4Z_{i,j} + Z_{i-1,j} + Z_{i,j-1} + Z_{i+1,j} + Z_{i,j+1}. \end{aligned} \quad (2)$$

Величини векторів зовнішніх зусиль, прикладених до кожного з вузлів, можуть бути розраховані за формулою:

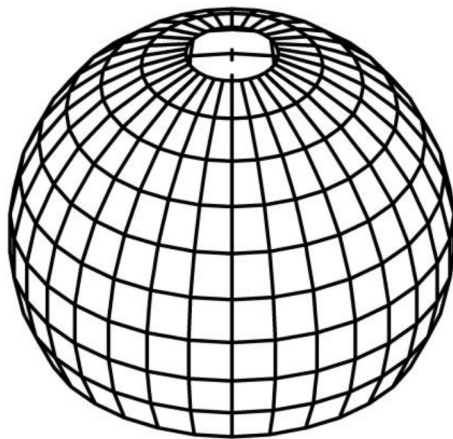
$$k\bar{P}_{i,j} = \sqrt{k\bar{P}_{i,j,x}^2 + k\bar{P}_{i,j,y}^2 + k\bar{P}_{i,j,z}^2}. \quad (3)$$

В якості опорного контуру нової поверхні-образу «Чаша 1» обрано дві складені із дуг кіл компоненти, геометрична форма яких показана на рис. 2.

Крайові умови задано у вигляді дискретних рядів вузлів, число яких відповідає крайовим умовам сітки на сфері. Топологія сітки на поверхні, що моделюється, зберігається такою самою, як топологія сітки на сфері.

Оскільки план опорного контуру відрізняється від прямокутного, для визначення абсцис, ординат та аплікату вузлів сітки поверхні «Чаша 1» складається система рівнянь (1) рівноваги проєкцій зусиль на три осі Ox , Oy та Oz , з урахуванням симетрії вихідних умов (рис. 2) тільки для $1/4$ частини сітки.

За результатами розв'язання цієї системи на рис. 3 побудовано три проєкції та аксонометричне зображення змодельованої дизайнерської поверхні «Чаша 1».



а

Приклад 2. Необхідно побудувати дискретний каркас поверхні «Чаша 2» на заданому опорному контурі (рис. 2), зберігаючи властивості поверхні з від'ємною Гаусовою кривиною.

В якості поверхні-прообразу пропонується обрати поверхню 4-го порядку (рис. 4, а), отриману обертанням параболи навколо осі Oz . Зображення головного меридіану (у вигляді половини гілки параболи) показано на рис. 4, б.

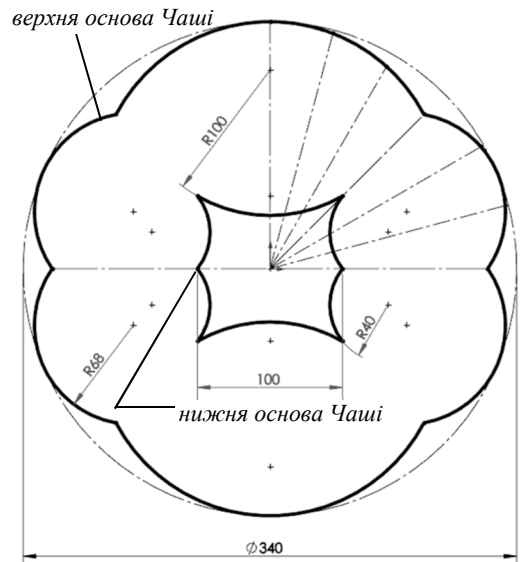


Рисунок 2 – Форма нижньої та верхньої компонент поверхні-образу (форма крайових контурів)

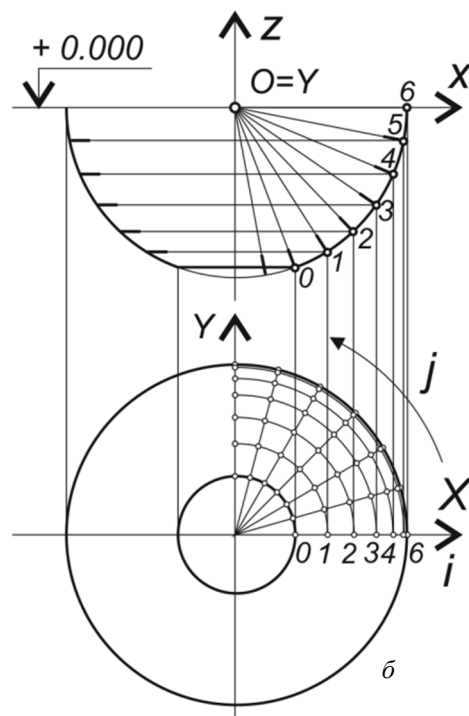


Рисунок 1 – Параметри вихідних умови для моделювання дискретного каркасу поверхні «Чаша 1»: а – поверхня-прообраз у вигляді зрізаної сфери; б – схема сітки, накладеної на поверхню сфери

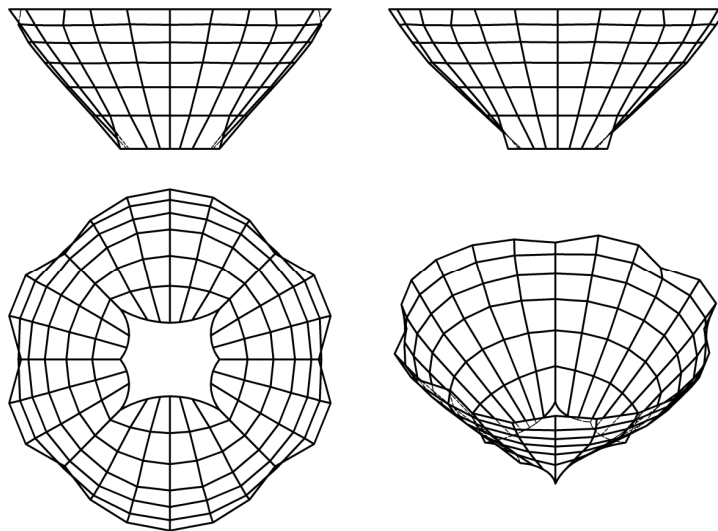


Рисунок 3 – Дискретний каркас змодельованої поверхні «Чаша 1» із властивостями сферичної поверхні-прообразу

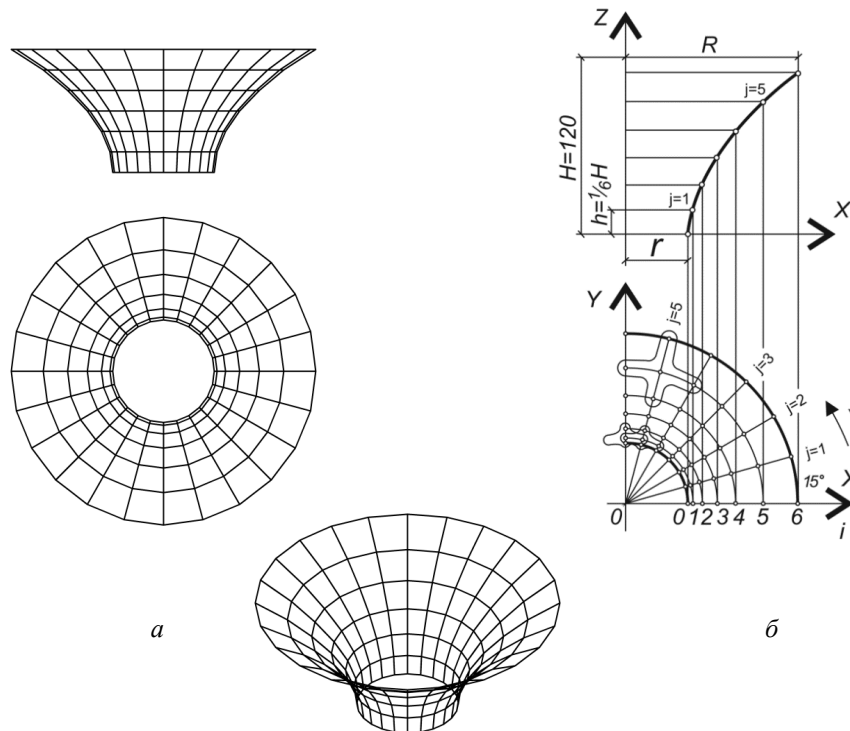


Рисунок 4 – Параметри вихідних умов для моделювання дискретного каркасу поверхні «Чаша 2»: а – поверхня обертання 4-го порядку (поверхня-прообраз); б – параметри сітки на поверхні обертання

В якості вихідних умов задаємо висоту поверхні $H=120.0$, призначаємо постійний крок вздовж вертикальної осі $h=1/6H=20$, задаємо радіус верхньої основи поверхні обертання $R=150$ та радіус нижньої основи $r = 50$, крок сітки в плані $j = 6$.

Вісь параболі горизонтальна і збігається з віссю Ox . Канонічне рівняння параболі в площині xOz має вигляд:

$$x = \frac{z^2}{2p} + r, \tag{4}$$

де r – відстань від осі Oz до вершини параболі (радіус нижньої основи майбутньої поверхні-прообразу); p – параметр параболі.

Парабола обертається навколо невласної осі (Oz), в результаті обертання отримуємо поверхню 4-го порядку.

Рівняння поверхні обертання, на яку накладено радіально-кільцеву сітку з постійним кроком h вздовж вертикальної осі має вигляд:

$$x^2 + y^2 = \left(\frac{z^2}{2p} + r\right)^2, \tag{5}$$

Рівняння головного меридіану цієї поверхні в дискретному вигляді запишемо так:

$$X_i = \frac{h^2}{2(R-r)} + r = \frac{(20i)^2}{144} + 50, \quad (6)$$

де h – крок дискретизації сітки вздовж осі Oz ;
 i, j – номери вузлів сітки в заданій системі відліку, показаній на рис.4, б.

За виразом (6) розраховуємо абсциси вузлів головного меридіану. Оскільки рівномірний крок сітки зберігається вздовж вертикальної осі Oz , на відміну від прикладу 1, то вектори всіх зовнішніх зусиль $\vec{kP}_{i,j}$ розміщуються у горизонтальних площинах (площинах рівнів) і проекції зусиль на вертикальну вісь Oz дорівнюють нулю.

Складаємо систему рівнянь (2) рівноваги проекцій зусиль, що прикладені до вузлів сітки на поверхні обертання, для $1/4$ частини поверхні з урахуванням симетрії і знаходимо координатні складові цих зусиль на осі Ox та Oy .

Враховуючи отримані результати координатних складових зовнішніх зусиль та приймаючи до уваги задані координати вузлів опорного контуру – верхньої та нижньої основ поверхні (рис. 2),

складаємо систему рівнянь (1) рівноваги вузлів сітки, які формують точковий каркас дизайнерської поверхні «Чаша 2».

За розрахованими абсцисами, ординатами та аплікатами вузлів сітки на рис. 5 побудовано дискретний каркас поверхні-образу, що має від'ємну Гаусову кривину.

Висновки

Об'єкти дизайну, наведені у прикладах, несуть на собі особливості форми поверхонь-прообразів. Показано, що при збереженні геометрії опорного контуру, варіювання форми об'єкта може відбуватись за рахунок використання різних поверхонь-прообразів, з яких знімається зовнішнє навантаження, що виступатиме далі в якості формоутворювальних чинників.

Такий підхід до формування каркасів поверхонь розширює формоутворювальні можливості СГМ і дозволить дизайнерам та архітекторам використовувати прості поверхні (в якості прообразів), аналітичні рівняння яких відомі, для перенесення особливостей форми, що сподобалась, для збереження естетичних характеристик об'єктів.

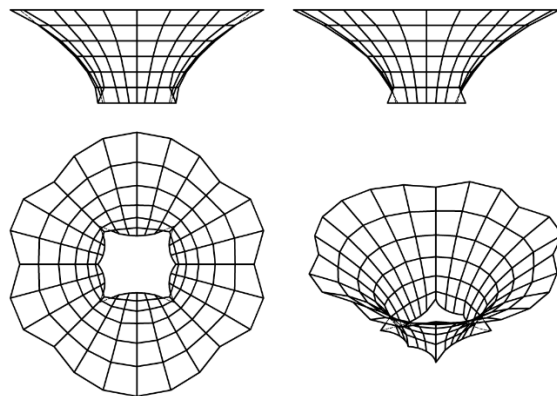


Рисунок 5 – Дискретний каркас змодельованої поверхні «Чаша 2» з від'ємною Гаусовою кривиною

Список літератури

1. Самостян, В.Р. Вплив геометричних вимог на процеси дискретного моделювання криволінійних об'єктів будівництва: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / Самостян Віктор Русланович. – Київ, 2011. – 182 с.
2. Каценко, О.В. Дискретное моделирование принципов видоизменения биоформы в процессе ее роста [Текст] / О.В. Каценко, С.Н. Ковальов // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – К.: КНУБА, 2012. – № 90 – С. 138-144.
3. Каценко, О.В. Моделирование направления развития биоформы [Текст] / О.В. Каценко // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – К.: КНУБА, 2013. – № 92 – С. 138-144.
4. Ботвіновська, С.І. Моделювання криволінійних поверхонь об'єктів дизайну та управління їх формою [Текст] / С.І. Ботвіновська // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Наук.-техн. збірник / відповід. ред. М.М. Дьомін. – К.: КНУБА, 2017. – № 47. – 564 с. Українською та російською мовами. – С. 451-458.
5. Ковальов, С.Н. Геометричне моделювання поверхонь із заданими властивостями у дизайні та архітектурі / С.Н. Ковальов, С.І. Ботвіновська, А.В. Золотова // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 25. – С. 121 – 126.
6. Самчук, В.П. Дискретне моделювання хвилястих поверхонь покриття: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / Самчук Володимир Петрович. – Луцьк, 2012. – 206 с.

Стаття надійшла до редколегії 10.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.О. Сазонов, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Ботвиновская Светлана Ивановна

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ ОБЪЕКТОВ ДИЗАЙНА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ-ПРООБРАЗОВ

Аннотация. Для формирования дискретных каркасов поверхностей используется статико-геометрический метод, который является наглядной интерпретацией метода конечных разностей. В работе приведены примеры построения дискретных каркасов объектов дизайна в виде чаш, проанализированы возможности дальнейшего управления и изменения их формы. Для двух приведенных, в качестве примеров, поверхностей произвольно задан опорный контур, состоящий из двух компонент сложной формы. При одних и тех же исходных данных изменение формы моделируемых объектов дизайна происходит за счет использования различных поверхностей-проброзов. Такой подход позволяет моделировать дискретные каркасы объектов дизайна, сохраняя композиционные свойства поверхностей, которые выбираются в виде проброзов будущих изделий.

Ключевые слова: изменение формы; объект дизайна; геометрическое моделирование; дискретный каркас; свойства поверхности; статико-геометрический метод

Botvinovska S.

PhD, lecturer of the Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics
Kyiv National University of Building and Architecture, Kyiv

CHANGE OF GEOMETRICAL FORMS OF DESIGN OBJECTS BY THE USE OF DIFFERENT SURFACES IS A PROTOTYPE

Abstract. The discrete framework of surfaces of design objects modeling based on the usage of the static-geometric method (SGM). This method is evident interpretation of finite difference method. In this paper the examples of discrete geometric modeling of surfaces of design objects is presented. As shape-generating parameters we use the external loading forces, which are applied to the nodes of the discrete mesh and not connected with the shell's own weight. A design object surface is modeled on an arbitrarily given supporting contour under the influence of external shape-generating loading forces. At the same basic data the change of form of design objects takes place due to the use of different surfaces-prototypes. These external forces are defined in the nodes of the simplest prototype surface. Such approach allows designing discrete frameworks of design objects, saving composition properties of surfaces which get out as prototypes of future designer good.

Keywords: change of form; object design; geometric modeling; discrete framework the surface; properties of surface; static-geometric method

References

1. Samostyan, V.R. (2011). Influence of geometrical requirements on the processes of discrete design of curvilinear objects of building. Extended abstract of DSc thesis. Sumy: Sum SU [Ukrainian].
2. Kashenko, A.V. (2013). Modeling of the bio-form development direction. The applied geometry and engineering graphics, 92, 44-51.
3. Kashenko, A.V. (2012). Discrete modeling principles bioform mutated during its growth. The applied geometry and engineering graphics, 90, 138-144.
4. Botvinovska, S.I. (2017). Modeling of discrete framework the surface of design object and management by the form of these surfaces. Modern problems of architecture and town-planning, 47, 451-458.
5. Kovalev, S.N. (2016). Geometric modeling of the surfaces with given properties in and architecture / S.N. Kovalev, S.I. Botvinovska, A.V.Zolotova // Management of development of complex systems, 25, 121-125.
6. Samchyk, V.P. (2012.) Discrete modeling of wave's surfaces of coverage are in architecture. Extended abstract of DSc thesis. Sumy: Sum SU [Ukrainian].

Посилання на публікацію

- APA Botvinovska, S., (2017). Change geometrical forms of design objects by the use of different surfaces is a prototype. Management of Development of Complex Systems, 30, 136 – 141.
- ДСТУ Ботвіновська С.І. Варіювання форми об'єктів дизайну шляхом використання різних поверхонь-проброзов [Текст] / С.І. Ботвіновська // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 30. – С. 136 – 141.