

DOI: 10.32347/2412-9933.2020.42.75-81

УДК 514.182

Ботвіновська Світлана Іванівна

Доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки, orcid.org/0000-0002-1832-1342

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Ковалев Сергей Николаевич

Доктор технічних наук, професор кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки, orcid.org/0000-0002-7713-1768

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ФОРМУВАННЯ ДИСКРЕТНОГО КАРКАСА ЗРІВНОВАЖЕНОЇ НЕРЕГУЛЯРНОЇ СІТКИ ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ

***Анотація.** В архітектурному проектуванні, при формуванні дискретних каркасів криволінійних поверхонь покриття, серед інших використовуються методи дискретного геометричного моделювання. Але не всі поверхні можна покрити регулярними дискретними сітками. Часто виникає необхідність у використанні нерегулярних сіток, з комбінацією різних за формою чарунок, або сіток з топологічно різними вузлами. Зацікавленість викликають задачі формування дискретних каркасів зрівноважених нерегулярних сіток дискретно представлених поверхонь. У роботі для розв'язання таких задач рекомендується, на базі статико-геометричного методу, використати спосіб конструктивного розподілу зовнішнього формоутворюючого навантаження на вузли сітки. Суть способу полягає у тому, що на поверхню, яку можна описати аналітично, наноситься дискретна регулярна або нерегулярна сітка та визначаються параметри зовнішнього навантаження на вузли. Під дією цього навантаження сітка зрівноважується. Поверхня, на яку нанесено сітку, називається поверхнею-прообразом. Навантаження називається формоутворюючим, тому що ці ж зусилля можна використати для формування каркасу нової криволінійної поверхні-образу із заданими вихідними даними, відмінними від вихідних даних поверхні-прообразу. Топологічні характеристики нової сітки мають бути ідентичними відповідним характеристикам сітки на поверхні-прообразі. Цей спосіб допомагає конструювати поверхні, які будуть зберігати деякі властивості поверхні-прообразу. У роботі наведено приклади формування дискретних каркасів поверхонь, на яких нанесено зрівноважені нерегулярні сітки. Продемонстровано можливості використання описаного способу для варіювання форми дискретно переставленої поверхні.*

Ключові слова: дискретне моделювання; конструктивний спосіб розподілу навантаження; поверхня-прообраз; статико-геометричний метод; нерегулярні зрівноважені сітки

Постановка проблеми

У процесі пошуку оптимальних конструкцій покриттів будівель та споруд дискретне геометричне моделювання, з урахуванням заданих вихідних даних і за рахунок дискретної інтерпретація формоутворюючих чинників, дає змогу отримувати криволінійні поверхні різноманітних форм. Формотворення дискретно представлених поверхонь залишається непростою задачею, з точки зору розроблення та визначення форми поверхні, при дотриманні заданих геометричних умов. На різних етапах архітектурного проектування виникає питання вибору такої геометричної форми поверхні, яка б максимально відповідала поставленим вимогам.

У процесі формотворення поверхонь покриттів методами дискретної геометрії найчастіше використовуються топологічно правильні сітки. Всі внутрішні вузли таких сіток залишаються топологічно однаковими.

Зацікавленість викликає задача формування дискретного каркаса зрівноваженої нерегулярної сітки дискретно представленої поверхні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дискретні сітки, яким належить кінцева множина вузлів, є двовимірними комплексами з точки зору топології. Тому властивості таких сіток збігаються із властивостями останніх [1].

Топологічні сітки дискретно представлених поверхонь розділяються на регулярні і нерегулярні. При розв'язанні прикладних задач переваги віддаються регулярним сіткам, оскільки розбиття поверхонь на однакові елементи, і процес нумерації цих елементів для таких сіток є нескладними операціями. Серед переваг таких сіток є також існування топологічно однакових вузлів. У роботі [2] запропоновано систематизацію регулярних сіток за різними принципами. Показано можливі використання топологічних перетворень нерегулярних сіток і їх суміщення з регулярними сітками для подальшого полегшення нумерації вузлів нерегулярних сіток. У роботі [3] досліджуються дискретні сітки з чарунками у вигляді плоских багатокутників (схеми можливого їх поєднання) й утворення нових сіток.

Аналізу методів дискретного геометричного моделювання присвячено роботу [4]. Автори розглядають можливості використання статико-геометричного методу (СГМ), а також його переваги над іншими методами дискретного моделювання. У роботі [5] було запропоновано методу формування зрівноважених дискретно представлених поверхонь (ДПП) з нерівномірним кроком вузлів, але без складання та розв'язання громіздких систем лінійних рівнянь рівноваги, як це відбувається у СГМ. Тим самим зроблено крок переходу від дискретних моделей поверхонь до їх неперервних аналогів.

Дослідженням зрівноважених неупорядкованих сіток присвячено роботи [6; 7]. Використання таких сіток допомагає моделювати безмоментні оболонки покриттів із заданим малюнком ребер. У роботах використано СГМ та введено коефіцієнти натягіння або стиску у в'язях для моделювання сіток із заданим рисунком. У роботі [7] розглянуто функціональні залежності зовнішнього навантаження та коефіцієнтів натягіння або стиску у зрівноважених вузлах при заданих координатах вузлів на площині. У проаналізованих роботах автори не розглядали формотворення поверхонь та моделювання зрівноважених нерегулярних сіток за рахунок використання формують зовнішніх зусиль, прикладених до вузлів, що моделюють дискретну сітку на поверхні-прообразі, яку можна описати аналітично.

При моделюванні ДПП статико-геометричним методом враховується статична рівновага вузлів сітки. У роботі [8] представлено новий спосіб побудови дискретно представлених поверхонь за рахунок розподілу зовнішнього формують зусиль, прикладених до вузлів сітки. Для цього було обрано деяку аналітично задану поверхню з нанесеною на неї дискретною сіткою. Але автор не розглядав використання

нерегулярних сіток у процесі конструювання дискретних каркасів криволінійних поверхонь.

Формують зусиль ролі зовнішнього навантаження, прикладеного до вузлів дискретної сітки, присвячено роботи [9 – 12]. Наведено приклади формотворення дискретних каркасів та управління формою модельованої поверхні за рахунок параметрів зусиль зовнішнього навантаження. У роботах [11; 12] виконано узагальнення СГМ, розроблено спосіб формування дискретних каркасів модельованих поверхонь, які матимуть характерні риси поверхонь-прообразів. Це стало можливим за рахунок визначення зовнішніх зусиль, які утримують у рівновазі дискретну сітку на аналітичній поверхні, й перенесення цих зусиль на каркас сітки нової модельованої поверхні.

За підсумками проведеного аналізу можна зазначити, що у більшості робіт використовувались регулярні сітки. Формування дискретних каркасів зрівноважених нерегулярних сіток ДПП, можливості варіювання форми таких поверхонь, дослужувались недостатньо.

Мета статті

Мета – показати можливості використання способу конструктивного задання розподілу зовнішнього навантаження на вузли сітки, у рамках узагальненого статико-геометричного методу, для конструювання поверхонь, представлених неупорядкованими сітками. Побудова дискретних каркасів поверхонь, у вигляді зрівноважених нерегулярних сіток, під дією вертикального формують зусиль навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження

В [1] було розглянуто спосіб формування дискретних каркасів поверхонь на довільному опорному контурі шляхом перенесення зовнішнього навантаження на вузли з іншої поверхні-прообразу. Цей спосіб можна використати для формування поверхонь, представлених зрівноваженою нерегулярною сіткою під дією розподіленого у плані вертикального навантаження.

Відомо [13], що вузли кожної зірки ДПП сітки I, II або III типу [1; 3] точно належать параболоїду обертання другого порядку:

$$Z = \frac{x^2 + y^2}{2q}, \quad (1)$$

де q – параметр параболоїду меридіонального перерізу параболоїда.

Для правильних в плані сіток сітки I, II або III типу, що належать параболоїду (1), зовнішнє навантаження на вузли не залежить від номера вузла і визначається так:

$$kP = \frac{-nh^2}{2q}, \quad (2)$$

де n – число в'язей, що належать одному внутрішньому номеру вузла; h – довжина в'язей у плані.

З (2) видно, що положення і орієнтація зірки сітки відносно осей параболоїда (1) не впливає на величину kP . Якщо у площині xOy задати довільну зрівноважену в плані сітку, яка має різні за топологією вузли (рис. 1), то абсциси і ординати вузлів кожної зірки повинні відповідати рівнянням:

$$\sum_{m=1}^n (x_{i,j} - x_m^{i,j}) = 0; \quad (3)$$

$$\sum_{m=1}^n (y_{i,j} - y_m^{i,j}) = 0, \quad (4)$$

де i, j – номери вузлів у загальній системі підрахунку вузлів; m – номер вузла зірки з центром $A_{i,j}$ у локальній системі відліку вузлів кожної зірки [12].

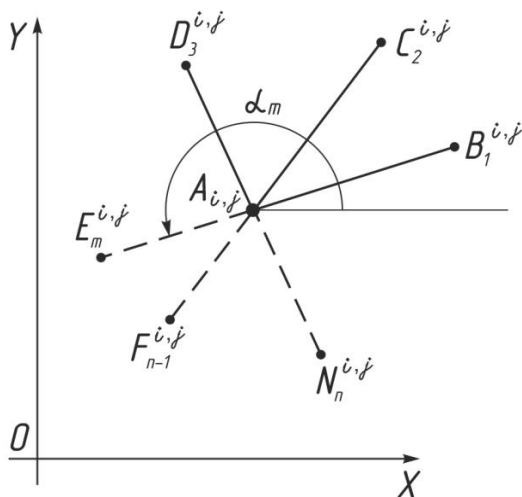


Рисунок 1 – Узагальнена схема довільної зірки сітки

Аплікати всіх вузлів сітки на параболоїді (1) визначаються з рівняння (1), де q є невідомим параметром.

Зовнішнє навантаження на центральний вузол кожної зірки сітки визначається за рівняннями рівноваги вузлів:

$$2qP_{i,j} = kP_{i,j} + nZ_{i,j} - \sum_{m=1}^n Z_m^{i,j}. \quad (5)$$

Аплікати вузлів нової сітки, яка є дискретною моделлю поверхні на заданому опорному контурі визначаються із системи (5) та рівнянь рівноваги вузлів цієї сітки, де невідомими є аплікати внутрішніх вузлів і параметр q . Оскільки число рівнянь цієї системи на одиницю перевищує число невідомих, потрібно задати аплікату одного з внутрішніх вузлів.

Приклад 1. Задано восьмикутний опорний контур у площині $Z = 0$. Радіально-кільцеву топологічну схему нерегулярної сітки та порядок нумерації вузлів наведено на рис. 2.

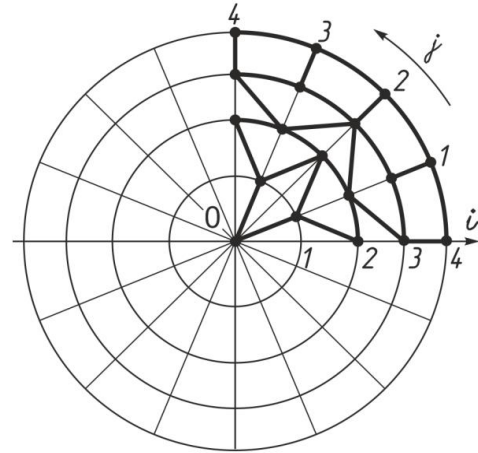


Рисунок 2 – Топологічна схема нерегулярної сітки

Задано координати центрального вузла та всіх вузлів опорного контуру для чверті симетричної сітки у лін. од.:

$$x_{40} = x_{41} = y_{43} = y_{44} = 9,656;$$

$$x_{42} = y_{42} = 6,828;$$

$$x_{43} = y_{41} = 4; x_{44} = y_{40} = 0;$$

$$z_{40} = z_{41} = z_{43} = z_{44} = 0.$$

Визначити координати всіх внутрішніх вузлів ДПП при вертикальному навантаженні.

Для побудови горизонтальної проєкції сітки складено систему рівнянь (3) для четвертої частини симетричної сітки:

$$4x_{20} - 2x_{11} - 2x_{21} = 0;$$

$$5x_{30} - 4x_{20} - 2x_{11} - 2x_{21} - x_{40} = 0;$$

$$3x_{11} - x_{00} - x_{20} - x_{22} = 0; \quad (6)$$

$$4x_{21} - x_{20} - x_{22} - x_{30} - x_{32} = 0;$$

$$3x_{31} - x_{30} - x_{32} - x_{41} = 0;$$

$$4x_{22} - x_{11} - x_{13} - x_{21} - x_{23} = 0;$$

$$5x_{32} - x_{21} - x_{23} - x_{31} - x_{33} - x_{42} = 0;$$

$$3x_{13} - x_{00} - x_{22} - x_{24} = 0;$$

$$4x_{23} - x_{22} - x_{24} - x_{32} - x_{34} = 0;$$

$$3x_{33} - x_{32} - x_{34} - x_{43} = 0.$$

Результати розв'язання системи (6) наведено у табл. 1. План сітки та нумерація її вузлів у локальній системі координат показано на рис. 3.

В основі конструктивного способу розподілу зовнішнього навантаження [12] лежить нанесення довільної дискретної сітки на поверхню, яку будемо в подальшому називати поверхнею-прообразом.

Таблиця 1 – Координати вузлів дискретної нерегулярної зрівноваженої сітки на поверхні-прообразі (на параболоїді обертання)

$j=4$			$x=0,000$ $y=2,586$ $z=6,689$	$x=0,000$ $y=6,089$ $z=37,002/2q$	$x=0,000$ $y=9,656$ $z=93,238/2q$
$j=3$		$x=0,609$ $y=1,474$ $z=2,542/2q$	$x=1,532$ $y=3,699$ $z=16,030/2q$	$x=2,1671$ $y=6,680$ $z=52,279/2q$	$x=4,000$ $y=9,656$ $z=109,238/2q$
$j=2$	$x=0,000$ $y=0,000$ $z=0,000$		$x=1,826$ $y=1,826$ $z=6,669/2q$	$x=4,301$ $y=4,301$ $z=36,992/2q$	$x=6,828$ $y=6,828$ $z=93,238/2q$
$j=1$		$x=0,609$ $y=1,474$ $z=2,542/2q$	$x=3,699$ $y=1,532$ $z=16,030/2q$	$x=6,680$ $y=2,1671$ $z=52,279/2q$	$x=9,656$ $y=4,000$ $z=109,238/2q$
$j=0$			$x=2,586$ $y=0,000$ $z=6,689/2q$	$x=6,089$ $y=0,000$ $z=37,002/2q$	$x=9,656$ $y=0,000$ $z=93,238/2q$
	$i=0$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$

Після цього можна визначити параметри формоутворюючого навантаження на вузли, під дією якого сітка зрівноважується. Якщо після цього такі зусилля прикласти до іншої сітки, то можна сформуванати дискретний каркас поверхні, яка буде мати деякі властивості поверхні-прообразу. Геометрична форма нової змодельованої поверхні також не буде суттєво відрізнятися від форми поверхні-прообразу. У наведеному прикладі сітку нанесено на параболоїд обертання і, за рівнянням (1), визначено аплікати всіх вузлів сітки на параболоїді. Результати також записано у табл. 1.

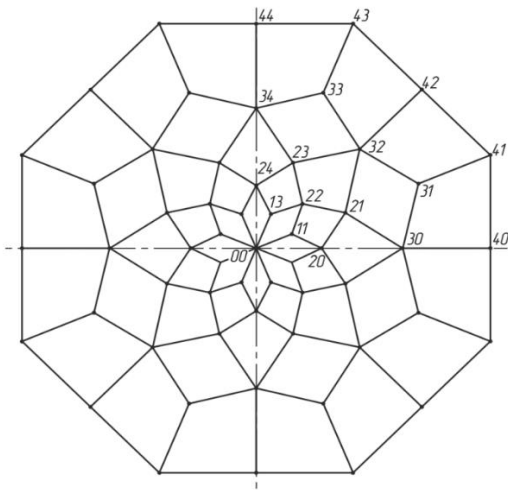


Рисунок 3 – План зрівноваженої нерегулярної сітки дискретно представленої поверхні

За формулою (5) визначено зовнішнє навантаження (kP) на кожний вузол сітки (табл. 2) і складено систему (7) лінійних рівнянь рівноваги для кожного внутрішнього вузла 1/8 частини шуканої ДПП.

$$\begin{aligned}
 -8z_{11} - 20,334k + 64 &= 0; \\
 3z_{11} - z_{20} - z_{22} - 5,759k - 8 &= 0; \\
 -2z_{11} + 4z_{20} - 2z_{21} - 10,387k &= 0; \\
 -z_{20} + 4z_{21} - z_{22} - z_{30} - z_{32} - 23,262k &= 0; \\
 -2z_{11} - 2z_{21} + 4z_{22} - 10,469k &= 0; \\
 -2z_{21} + 5z_{30} - 2z_{31} - 44,848k &= 0; \\
 -z_{30} + 3z_{31} - z_{32} - 26,404k &= 0; \\
 -2z_{21} - 2z_{31} + 5z_{32} - 44,858k &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Результати розв'язання цієї системи також записано у табл. 2. Крок вузлів крайового контуру дорівнює умовній лінійній одиниці. Всі вузли контуру лежать в площині xOy , тому ($z_{40} = z_{41} = z_{42} = 0$).

Таблиця 2 – Зведена таблиця формоутворюючих зусиль, прикладених до вузлів, та аплікати вузлів сітки модельованої поверхні

$kP=-20,334$ $z=8,000$		$kP=-10,469$ $z=7,5005$	$kP=-44,838$ $z=5,0486$	$i=2$
	$kP=-5,753$ $z=7,8099$	$kP=-23,236$ $z=6,7996$	$kP=-26,404$ $z=4,1446$	$i=1$
		$kP=-10,387$ $z=7,4990$	$kP=-44,848$ $z=5,4105$	$j=0$
$i=0$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$

Апліката центрального вузла сітки дорівнює $z_{00} = 8,000$ лін. од.

На рис. 4 за даними табл. 2 побудовано ортогональні проєкції та аксонометрію ДПП.

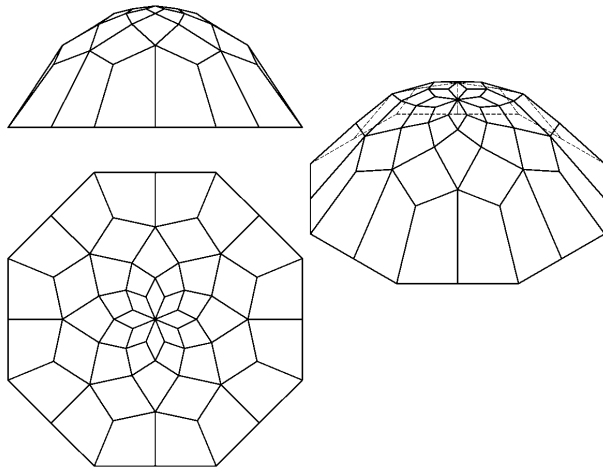


Рисунок 4 – Дискретно представлена поверхня з каркасом у вигляді зрівноваженої нерегулярної сітки

Зовнішнє навантаження на довільний вузол нерегулярної сітки можна також визначити, узагальнюючи формулу (2):

$$kP_{i,j} = -\sum_{m=1}^n \rho_m^2,$$

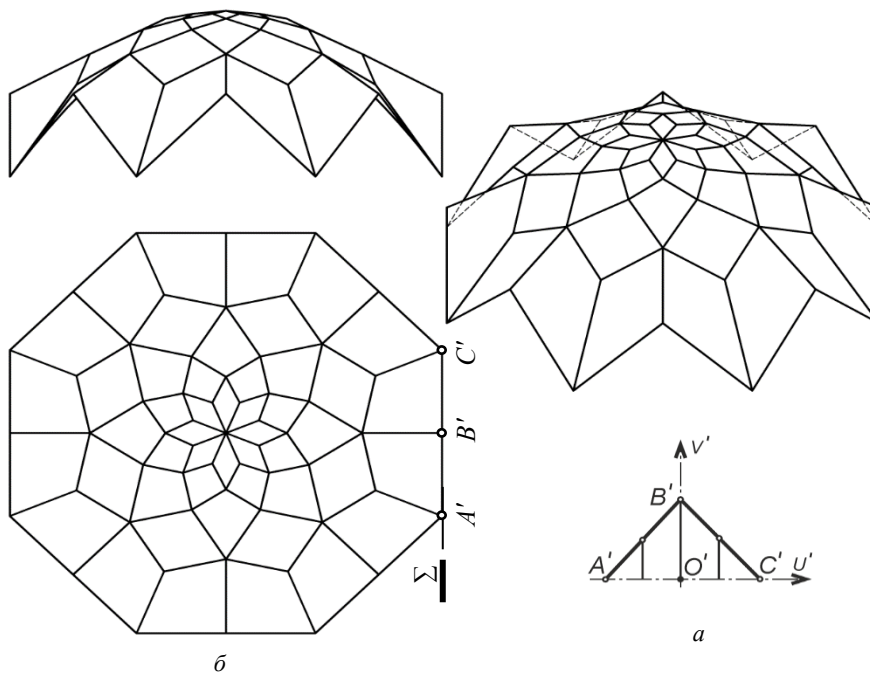


Рисунок 5 – Варіювання форми ДПП за рахунок зміни форми опорного контуру

Висновки

При конструюванні криволінійних поверхонь не всі з них можна покрити регулярними дискретними сітками. Інколи виникає необхідність у використанні сіток з різними за формою чарунками й сіток із топологічно різними вузлами.

де ℓ_m – довжина горизонтальної проєкції m -ї в'язи зірки у локальній системі відліку. На наступному прикладі можна продемонструвати побудову ДПП, опорним контуром якої виступає ламана лінія.

Приклад 2. Задано у плані восьмикутник, який вписано в коло $D = 20$ лін. од. Опорний контур поверхні має форму ламаної лінії, з відрізків типу $A'B'$ та $B'C'$ у вертикальній площині Σ (рис. 5, а). Топологічну схему дискретної сітки обрано аналогічно тій, що у прикладі 1. У результаті виконання дій за алгоритмом, описаним в попередньому прикладі, отримано ДПП нової форми (рис. 5, б).

Отримана поверхня, так само як і поверхня на рис. 4, має геометричну форму, яка мало відрізняється від форми параболоїда обертання. Такого результату вдалось досягнути шляхом збереження максимальної ідентичності форми сітки й топології її вузлів на поверхні-образу, формі сітки на поверхні-прообразу.

Наведені у роботі приклади демонструють можливості узагальненого статико-геометричного методу щодо утворення дискретних каркасів поверхонь, сітки яких будуть нерегулярними й зрівноваженими.

У такому випадку використання способу конструктивного розподілу зовнішнього формоутворюючого навантаження на вузли сітки дасть змогу конструювати дискретно представлені поверхні, які при заданих вихідних даних будуть зберігати деякі зовнішні характеристики поверхонь-прообразів.

Список літератури

1. Ковалёв С.Н. Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций. дис. ...доктора техн. наук. 05.01.01. Москва : МАИ, 1986. – 348с.
2. Даниловская Н.А. Дискретное моделирование поверхностей сводов-оболочек: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.01.01/Н.А. Даниловская. Киев : КИСИ, 1986. – 20 с.
3. Романова Ю.В. Систематизация дискретных плоских сіток // Прикладна геометрія та інженерна графіка. 2016. № 92. С. 108–112.
4. Ковальов С.М., Ботвіновська С.М. Аналіз методів дискретного моделювання криволінійних геометричних обводів // Прикладна геометрія та інженерна графіка. 2018. № 94. С. 141–149.
5. Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Хомич А.А. Дискретне моделювання зрівноважених криволінійних сіток, з рівномірним кроком вузлів, суперпозицією подвійних числових послідовностей // Прикладна геометрія та інженерна графіка. 2013. № 91. С. 219–225.
6. Романова Ю.В. Формування ребристих безмоментних покриттів з заданим малюнком ребер // Сучасні проблеми моделювання. 2014. № 2. С. 124–129.
7. Романова Ю.В. Рівновага вузла дискретної двовимірної та одновимірної структури на площині // Сучасні проблеми моделювання. 2016. № 5. С. 104–109.
8. Ботвіновська С.І. Дискретне моделювання в задачах формотворення дизайн-об'єктів // Управління розвитком складних систем. 2019. № 37. С. 66–72. DOI: 10.6084/m9.figshare.9783194.
9. Ковальов С.М., Ахматшина О.І. Формоутворююча роль зовнішнього навантаження в статико-геометричному методі // Сучасні проблеми моделювання. 2014. № 2. С. 43–50.
10. Ковальов С.М., Ботвіновська С.І. Керування формою дискретно представлених поверхонь за рахунок варіювання параметрів зовнішнього формоутворюючого навантаження // Проблеми інформаційних технологій. 2017. № #01(022). С. 63–69. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pit_2017_2_9.
11. Ботвіновська С.І. Моделювання криволінійних поверхонь об'єктів дизайну та управління їх формою // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2017. № 47. С.451–457.
12. Ботвіновська С.І. Теоретичні основи формотворення в дискретному моделюванні об'єктів архітектури та дизайну. дис. ...доктора техн. наук. 05.01.01. Прикладна геометрія, інженерна графіка. Київ : КНУБА, 2018. 527 с.
13. Каценко О.В. Формування в дизайні та архітектурі на основі моделювання біопрототипів: дис. ...доктора техн. наук. 05.01.03. Технічна естетика. Київ : КНУБА, 2013. 200 с.

Стаття надійшла до редколегії 20.05.2020

Ботвиновская Светлана Ивановна

Доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой начертательной геометрии и инженерной графики, orcid.org/0000-0002-1832-1342

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Ковалев Сергей Николаевич

Доктор технических наук, профессор кафедры начертательной геометрии и инженерной графики, orcid.org/0000-0002-6868-861X

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

ФОРМИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО КАРКАСА РАВНОВЕСНОЙ НЕРЕГУЛЯРНОЙ СЕТКИ ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация. Методы дискретного геометрического моделирования широко используются в процессе архитектурного проектирования при формировании дискретных каркасов криволинейных поверхностей. Однако не все поверхности можно покрыть регулярными дискретными сетками. Часто возникает необходимость в использовании нерегулярных дискретных сеток с комбинацией различных по форме ячеек или сеток с типологически разными узлами. Интерес вызывают задачи формирования дискретных каркасов уравновешенных нерегулярных сеток дискретно представленных поверхностей. В работе для решения подобных задач рекомендуется на базе статико-геометрического метода использовать способ конструктивного распределения внешней формообразующей нагрузки на узлы сетки. Суть способа заключается в том, что на поверхность, которую можно описать аналитически, наносится дискретная регулярная или нерегулярная сетка и определяются параметры внешней нагрузки на узлы. Под действием этой нагрузки сетка на поверхности находится в равновесии. Поверхность, на которую нанесена сетка, называется поверхностью-прообразом. Внешняя нагрузка на узлы называется формообразующей, потому что эти же усилия можно использовать для формирования каркаса новой криволинейной поверхности-образа с заданными исходными данными, которые отличаются от исходных данных поверхности-прообраза. Топологические характеристики сетки на поверхности-образе должны быть идентичными соответствующим характеристикам сетки на поверхности-прообразе. Этот способ позволяет конструировать поверхности, которые будут сохранять некоторые свойства поверхности-прообраза. В работе в качестве примера показано формирование дискретного каркаса поверхности, на которую нанесена уравновешенная нерегулярная сетка. Продемонстрированы возможности использования описанного способа для варьирования формы дискретно переставленной поверхности.

Ключевые слова: дискретное моделирование; конструктивный способ распределения нагрузки; поверхность-прообраз; статико-геометрический метод; нерегулярные уравновешенные сетки

Botvinovska Svitlana

DSc, chief of the Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics, orcid.org/0000-0002-1832-1342
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Kovalov Serhii (Kovalev Sergej)

DSc, professor of Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics, orcid.org/0000-0002-6868-861X
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**FORMING A DISCRETE FRAME OF AN EQUILIBRIUM IRREGULAR GRID
OF A DISCRETELY PRESENTED SURFACE**

Abstract. Discrete geometric modeling techniques are widely used in forming discrete frames of curved surfaces during architectural design. However, not all surfaces can be covered with regular discrete grids. It is often necessary to use irregular discrete grids. Irregular are grids with a combination of different shape cells or, grids with topologically different nodes. The problems of forming discrete frames of balanced irregular grids of discretely represented surfaces are of interest. In order to solve such problems, it is recommended to use the method of structural distribution of external shape-forming load on mesh nodes on the basis of static-geometric method. The essence of the way is that on the surface, which can be described analytically, a discrete regular or irregular grid is applied and parameters of external load on nodes are determined. Under this load, the mesh on the surface is in equilibrium. The surface on which the mesh is applied is called a surface-prototype. The external load on the nodes is called a shape-modeling load because these same forces can be used to form the discrete frame of a new discrete grid on curved surface with specified source data that is different from the source data of the surface-prototype. The topological characteristics of the simulated surface grid must be identical to the corresponding pattern surface-prototype grid characteristics. This method allows you to design surfaces that will preserve some properties of the surface of the prototype. In the work, as an example, the formation of a discrete frame of surface on which a balanced irregular grid is applied is illustrated. The possibilities of using the described method to vary the shape of the discretely repositioned surface are demonstrated.

Keywords: discrete modeling; constructive method of external load distribution; surface prototype; static-geometric method, irregular balanced grids

References

1. Kovalov, S. (1986). Formation of discrete models of surfaces of spatial architectural structures. DSc thesis: special. 05.01.01 – Descriptive Geometry, Engineering Graphics. Moscow, 348.
2. Danilovskaya, N. (1986). Discrete Modeling of the Surfaces of Shell Arches. PhD thesis: special. 05.01.01 – Descriptive Geometry, Engineering Graphics. Kyiv, KUCA. 20.
3. Romanova, J., (2016). Systematization on discrete planar grid. *Journal for Applied Geometry and Graphics*, 92, 108 – 112.
4. Kovalov, S., Botvinovska, S. (2018). Analysis of methods of discrete design of curvilinear objects. *Journal for Applied Geometry and Graphics*, 94, 14 1– 149.
5. Pustylga, S., Samostyan, V., Homych, A. (2013). Discrete simulation balanced curvilinear grids with irregular pitch nodes superposition of double numerical sequences. *Journal for Applied Geometry and Graphics*, 91, 219 – 225.
6. Romanova, J. (2014). Formation momentless ribbed coverings with the given geometry of ribs. *Journal for Modern problems of modeling*, 2, 124 – 129.
7. Romanova, J. (2016). Balance of node discrete one-dimensional and two-dimensional structure on a plane. *Journal for Modern problems of modeling*, 5, 104 – 109.
8. Botvinovska, Svitlana. (2019). A discrete design is in tasks of formation of design-objects. *Management of Development of Complex Systems*, 37, 66 – 72. DOI: 10.6084/m9.figshare.9783194.
9. Kovalov, S., Akmatshina, O. (2016). Massing role external load in static-geometric methods. *Journal for Modern problems of modeling*, 2, 43 – 50.
10. Kovalov, S. (2017). Controlling the shape of discrete surfaces by varying the parameters of the loading on the forming surface. *Journal of Problems of Information technologies*, 2(022), 63–69. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pit_2017_2_9
11. Botvinovska, S. (2017). Modeling of curvilinear surfaces of objects of design and management of their form. *Journal for Modern problems of Architecture and Town planning*, 47, 451 – 457.
12. Botvinovska, S. (2018). Theoretical basis of shape formation in discrete modeling of objects in architecture and designing. DSc thesis: special. 05.01.01 – Descriptive Geometry, Engineering Graphics. Kyiv, 527.
13. Kashchenko, O. (2013). Formations in design and architecture on the basis of modeling of bio-prototype. DSc thesis: special. 05.01.03 – Design. Kyiv, 250.

Посилання на публікацію

- APA Kovalov, Serhii & Botvinovska, Svitlana, (2020). Forming a discrete frame of an equilibrium irregular grid of a discretely presented surface. *Management of Development of Complex Systems*, 42, 75 – 81, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.75-81](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.75-81).
- ДСТУ Ботвіновська С.І. Формування дискретного каркаса зрівноваженої нерегулярної сітки дискретно представлені поверхні [Текст] / С.І. Ботвіновська, С.М. Ковальов // Управління розвитком складних систем. – 2020. – № 42. – С. 75 – 81, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.75-81](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.75-81).