

УДК 514.18

С. І. Ботвіновська

*кандидат технічних наук, доцент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки Київського національного університету будівництва і архітектури*

## ВАРІЮВАННЯ ФОРМОЮ ДИСКРЕТНО ВИЗНАЧЕНОЇ КРИВОЇ ЗА ЗАДАНИМ ЗАКОНОМ РОЗПОДІЛУ КОЕФІЦІЄНТІВ НАТЯЖІННЯ АБО СТИСКУ ЇЇ ЛАНОК

Анотація: у статті представлено результати моделювання дискретно визначеної кривої (ДВК) під впливом коефіцієнтів натяжіння у стержнях. Проаналізовано вплив цих коефіцієнтів на зміну форми ДВК, наведено приклади побудови ДВК за допомогою статико-геометричного методу (СГМ).

Ключові слова: дискретний каркас, рівновага вузлів, формоутворення дискретного геометричного образу, коефіцієнти натяжіння у ланках ДВК.

**Постановка проблеми.** Дана публікації – це лише демонстрація можливостей впливу різного натяжіння у в'язях ДВК на форму дискретної кривої, що формується під впливом зовнішнього навантаження, прикладеного до вузлів. В статті розглядаються окремі випадки моделювання дискретно визначених кривих ліній, якщо функціональний розподіл коефіцієнтів натяжіння у ланках ДВК є відомим.

**Формування цілей та завдання статті.** Метою даної роботи – є визначення впливу коефіцієнтів натяжіння або стиску на форму дискретно поданої кривої в задачах моделювання ДВК другого типу (коли передбачається визначати координати вузлів ДВК за заданим законом розподілу коефіцієнтів напруження. Завдання даної роботи – проаналізувати зміни форми ДВК під впливом різноманітних коефіцієнтів натяжіння або стиску у ланках, якщо функціональний розподіл коефіцієнтів є відомим, і якщо формування ДВК відбувається з нерівномірним кроком по осі абсцис.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Принципи формоутворення дискретних криволінійних обрисів та питання керування формою ДВК були викладені в роботах С.М.Ковальова [1, 2]. В якості однієї з вихідних умов в задачах дискретного моделювання криволінійних образів виступає топологія сітки. Незмінність заданого рисунку сітки, так же як і рівновага вузлів сітки можуть забезпечуватись зміною напруження у в'язях, що пов'язано з використанням різноманітних коефіцієнтів натяжіння або стиску [3]. В роботі [4] була виконана спроба розширити формоутворюючі можливості СГМ за рахунок введення коефіцієнтів натяжіння або стиску і знаходження закону їх

розподілу для ДВК з нерівномірним кроком сітки. Однак, не були проведенні дослідження впливу коефіцієнтів натягіння або стиску форми кривої, що моделюється, якщо закон розподілу цих коефіцієнтів заданий в якості вихідних умов.

Також, в існуючих роботах, не було спроб управління та варіювання формою за рахунок введення законів розподілу коефіцієнтів натягіння або стиску у ланках ДВК.

**Основна частина.** Як було зазначено в попередніх роботах, для дискретного геометричного моделювання різноманітних процесів, об'єктів та явищ використовується СГМ професора Ковальова С.М. [1]. Для розширення можливостей цього методу пропонується розглянути моделювання ДВК на нерівномірній сітці з урахуванням заданого розподілу натягіння у ланках.

В задачах дискретного геометричного моделювання виникає питання, як підібрати сітку так, щоб задані вихідні вузли стали вузлами ДВК. Це можливо, якщо враховувати коефіцієнти  $k_i$  у в'язях ДВК [1]. Тому, у даній роботі можна дослідити, як закон розподілу коефіцієнтів натягіння у ланках ДВК впливає та те, щоб дискретна сітка стала нерівномірною, а заданий вузол точно потрапив на криву, що моделюється.

Спробуємо вивести узагальнене рівняння знаходження координат ДВК з урахуванням функціональної залежності розподілу коефіцієнтів натягіння у в'язях  $k_i = f(i)$ , та вважаючи, що зусилля у ланках будуть залишатись пропорційними довжинам відповідних в'язей.

Задачу розглядаємо для числової послідовності  $X_i = 2N$ . Для спрощення розрахунків, пов'язаних із розв'язанням системи рівнянь рівноваги вузлів, задамо число ланок ДВК ( $n = 5$ ) при заданому значенні ( $k_5 = m$ , де  $m$  – відоме стале значення коефіцієнту). Значення абсциси точки з номером п'ять задано ( $X_5 = m$ ). Розрахункова схема представлена на рис.1.

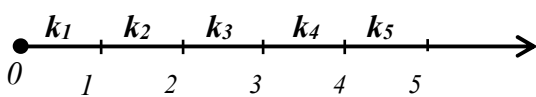


Рис. 1. Схема для розрахунку  
у вигляді розрахункової формули:

Для даного прикладу всі коефіцієнти натягіння у в'язях можна представити як  $k_i$ , де  $i = 1, 2, \dots, n$ . Запишемо систему рівноваги вузлів для даної числової послідовності у вигляді розрахункової формули:

$$k_{i-1}^i (x_{i-1} - x_i) + k_{i+1}^i (x_{i+1} - x_i) = 0, \quad (1)$$

де  $i$  – порядковий номер вузла, який є центром двох в'язей з різними коефіцієнтами натягіння:  $k_{i-1}^i$  – у ланці (в'язі) з вузлом, який знаходиться ліворуч від  $i$ -го,  $k_{i+1}^i$  – у ланці з вузлом, який знаходиться праворуч від  $i$ -го.

Система рівноваги вузлів з урахуванням натягіння у в'язях представлена у таблиці 1.

Таблиця 1

$i$	Розрахункова формула	Графічна схема
1	$k_1(x_0-x_1)+k_2(x_2-x_1)=0$	
2	$k_2(x_1-x_2)+k_3(x_3-x_2)=0$	
3	$k_3(x_2-x_3)+k_4(x_4-x_3)=0$	
4	$k_4(x_3-x_4)+k_5(x_5-x_4)=0$	

Після розв'язання системи рівнянь типу (1) і узагальнення результату системи рівнянь отримаємо формулу для розрахунку довільної абсциси вузла ДВК, з урахуванням заданого розподілу коефіцієнтів між ланками:

$$X_m = \frac{x_n \sum_{i=1}^m \frac{1}{k_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i}} \quad (2)$$

де  $i=1, 2, \dots, n$  – номери вузлів ДВК;  $n$  – число в'язей між заданими вузлами ДВК. З них  $n-1$  – кількість невідомих;  $x_n$  – задана абсциса останнього вузла ДВК.

Так, наприклад, при  $n = 5$  абсциса вузла ( $i=3$ ) відповідно до (2) визначається за формулою:

$$X_3 = \frac{x_5 \sum_{i=1}^3 \frac{1}{k_i}}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{k_i}} = \frac{x_5 \left( \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} \right)}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \frac{1}{k_4} + \frac{1}{k_5}} \quad (3)$$

Формула (3) дозволить спростити та раціоналізувати автоматизовані розрахунки координат вузлів ДВК з нерівномірним кроком сітки вздовж осі абсцис ( $OX$ ) та із різними коефіцієнтами натяжіння або стиску у ланках. Також, це дозволить в автоматичному режимі варіювати форму ДВК за рахунок зміни крайових умов (координат першого і останнього вузлів), зміни коефіцієнту натяжіння або стиску в останній ланці ДВК, якщо задано закон функціонального розподілу цих коефіцієнтів.

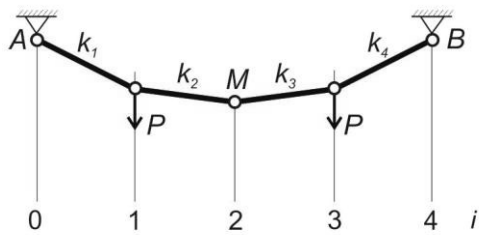
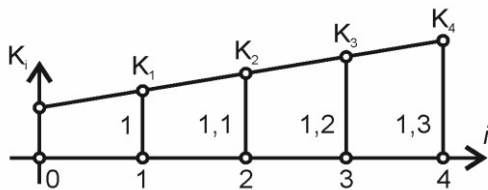


Рис. 2. Схема для розрахунку

Рис. 3. Закон розподілу  
коефіцієнтів натягіння

вузлів для ординат вузлів, і знаходимо всі  $y_i$  при таких самих коефіцієнтах.

**Приклад.** Виберемо нерозтяжну закріплену у першій та останній точках ( $A$  і  $B$ ) нитку (рис. 2), яка проходить через точку  $M$ , з порядковим номером  $i=2$ .

За вихідні умови прийнемо точки ДВК,  $A$  ( $x_A=0$ ;  $y_A=3$ ),  $B$  ( $x_B=4$ ;  $y_B=2$ ),  $M$  ( $x_M=2$ ;  $y_M=1$ ), та ( $i=n=5$ ). Закон розподілу коефіцієнтів має лінійну залежність (рис. 3). Всі зусилля, зовнішнього навантаження на вузли вертикальні.

Складаємо систему рівнянь рівноваги вузлів (1) для абсцис при заданих коефіцієнтах  $k_i$ , знаходимо всі невідомі  $x_i$ . Після цього складаємо систему рівноваги

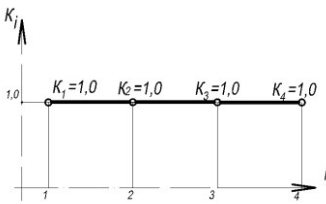
Розрахункові формули для абсцис	Розрахункові формули для ординат
$k_i(x_{i-1}-x_i)+k_{i+1}(x_{i+1}-x_i)+\kappa P_{xi}=0,$ <p>де <math>\kappa P_{xi}</math> – проекція вертикального зовнішнього зусилля на вісь <math>OX</math>, <math>\kappa</math> – коефіцієнт пропорційності зовнішнього зусилля довжині ланки ДВК. Маємо зовнішні зусилля вертикальними, тому (<math>\kappa P_{xi}=0</math>), а абсциси (<math>x_i</math>) є невідомими</p>	$k_i(y_{i-1}-y_i)+k_{i+1}(y_{i+1}-y_i)+\kappa P_{yi}=0,$ або $k_i y_{i-1} + y_i(k_i + k_{i+1}) + k_{i+1} y_{i+1} + \kappa P_i = 0,$ <p>де ординати (<math>y_i</math>) і (<math>P_i</math>) є невідомими.</p>
$\begin{cases} -x_1(1+k_2)+k_2x_2=0 \\ k_2x_1-x_2(k_2+k_3)+k_3x_3=0 \\ k_3x_2-x_3(k_3+k_4)+k_4x_B=0 \end{cases}$	$\begin{cases} (y_A-y_1)+k_2(y_M-y_1)+\kappa P=0 \\ k_2(y_1-y_M)+k_3(y_3-y_M)+\kappa P=0 \\ k_3(y_M-y_3)+k_4(y_B-y_3)+\kappa P=0 \end{cases}$

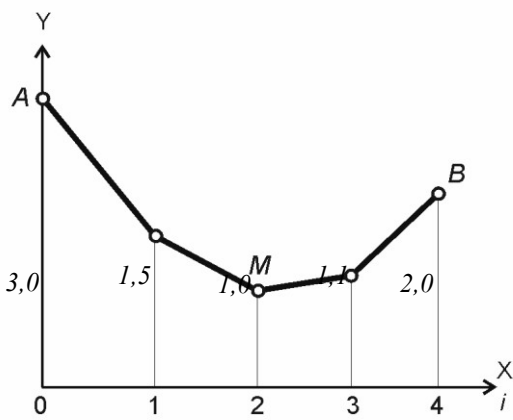
Результати розв'язання даних систем рівнянь при різних графіках розподілу коефіцієнтів натягіння представлено у таблиці 2. За цими результатами побудовано приклади ДВК (рис. 4).

Таблиця 2

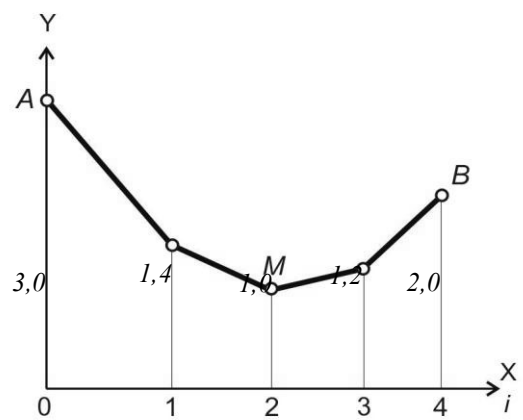
№ П/ П	Графік розподілу $k_i$	Координати вузлів з заданими номерами ( $i$ )											Графічне зображення поверхні
		$i=0(A)$		$i=1$		$i=2$		$i=3$		$i=4(B)$		$P_i$	
		$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		0,000	3,000	1,1389	1,5665	2,1744	1,000	3,1237	1,1559	4,000	2,000	-0,8103	Рис. 4, а
2		0,000	3,000	1,2609	1,4939	2,3114	1,000	3,2120	1,2289	4,000	2,000	-0,9133	Рис. 4, б
3		0,000	3,000	1,3694	1,4398	2,4229	1,000	3,2791	1,2605	4,000	2,000	-0,9885	Рис. 4, в
4		0,000	3,000	1,4683	1,3914	2,5168	1,000	3,3326	1,2848	4,000	2,000	-1,0607	Рис. 4, г

Закінчення таблиці 2

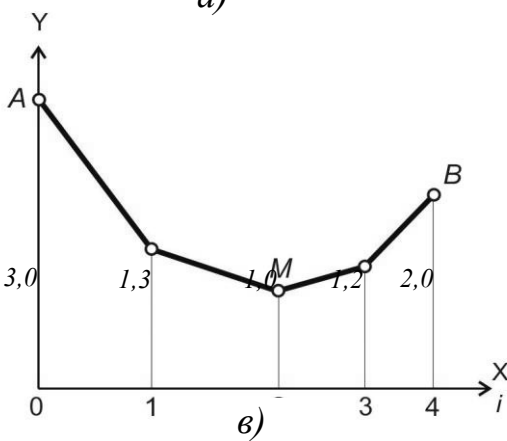
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5		0,000	3,000	1,000	1,625	2,000	1,000	3,000	1,125	4,000	2,000	-0,7500	Рис. 4, д



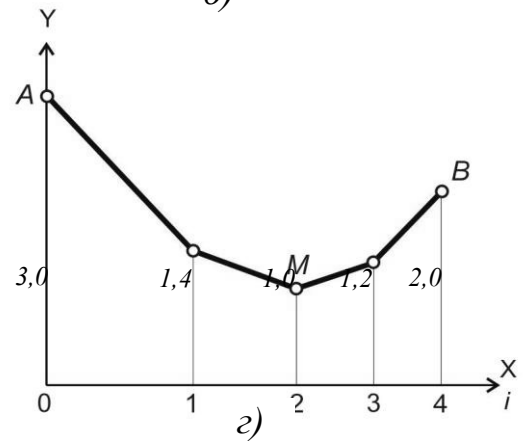
а)



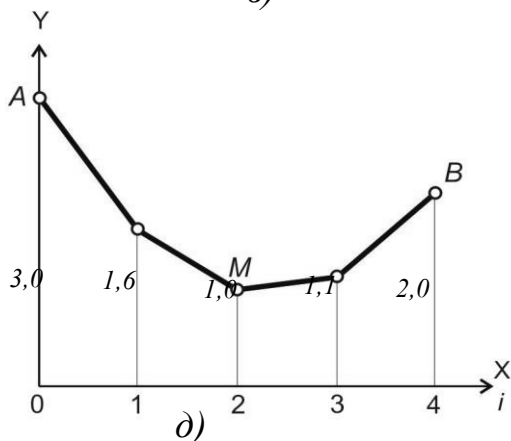
б)



в)



г)



д)

Рис. 4 Приклади ДВК, побудованих за лінійними законами розподілу коефіцієнтів натягіння

**Висновки та перспективи.** Варіювання параметрами функції розподілу коефіцієнтів  $k_i$  дозволяє керувати формою ДВК за рахунок зміни нерівномірного, але закономірного кроку вузлів.

Наступний розвиток досліджень передбачаються у двох напрямках: а) узагальнити умову задачі за рахунок зміни напрямів зусиль зовнішнього навантаження на вузли; б) узагальнити результати дослідження за рахунок збільшення варіантів розподілу коефіцієнтів натягіння або стиску у ланках ДВК.

Можливість використання функціональної зміни натягіння або стиску у ланках значно розширить можливості СГМ професора Ковальова С.М. при роботі з різноманітними об'єктами, процесами та явищами. СГМ стане більш доступним інструментом за допомогою якого зручно та просто можна буде керувати процесом створення геометричної моделі та керування її формою.

#### Література

1. *Ковалев С.М.* Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций: дис...доктора. .наук: 05.01.01. [Текст]/ Ковальов С.М.– М.:МАИ, 1986. – 348 с.
2. *Ковальов С.Н.* Двовимірна суцільна дискретна інтерполяція на правильній сітці з заданим контуром [Текст]/ С.М. Ковальов, В.О. Вязанкін // Прикладна геометрія и інженерна графіка: зб. наук. праць –Вип. 73.– К.:КНУБА, 2003, 39-44 С.
3. *Романова Ю.В.* Аналіз плоских дискретних сіток для призначення невідомих коефіцієнтів напруження [Текст] / Ю.В. Романова // Прикладна геометрія и інженерна графіка: зб. наук. праць –Вип. 93.– К.:КНУБА, 2015, 62-67 С.
4. *Ботвіновська С.І.* Вплив коефіцієнтів натягіння або стиску у ланках дискретно визначеної кривої на її форму [Текст] / С.І. Ботвіновська // Прикладна геометрія и інженерна графіка: зб. наук. праць –Вип. 92.– К.:КНУБА, 2014, 25-32 С.

#### Аннотація

В статті представлені результати моделювання дискретно определеної кривої (ДОК), полученные с учетом коэффициентов натяжения в стержнях. Проанализировано влияние этих коэффициентов на изменение формы ДОК, приведены примеры построения дискретных кривых с помощью статико-геометрического метода (СГМ). Управление формой ДОК происходит за счет варьирования параметрами функции распределения коэффициентов

натяження. Закономерний шагa узлов дискретной кривой изменяется неравномерно.

Ключевые слова: дискретний каркас, равновесие узлов, формообразование дискретного геометричного образа, коэффициенты натяжения или сжатия в стержнях.

#### Annotation

The result of modeling discretely defined curve on account of the coefficients of the tension presented in this article. The impact of these factors on the changing shape of the discrete curve analyzed, in this research. The examples of the construction of discrete curves using a static-geometric method presented. A regular step, in the nodes of the discrete curve varies irregularly. The control of the shape of the discrete curve is due to changes in the parameters functions of the coefficients of tension or compression in the rods.

Key words: framework discrete, equilibration network nodes, shaping the discrete geometric form, the coefficients of stretching or compression in the rods.

УДК 728+721.021+728.1.051

**В. І. Книш**

*канд. арх., доцент кафедри теорії архітектури*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*

### **ІЄРАРХІЧНА СТРУКТУРА В МЕТОДИЦІ ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОКВАРТИРНОГО ЖИТЛА (СУМІЖНОСТІ ТА ПРІОРИТЕТНІСТЬ ОЦІНЮВАННЯ)**

Анотація: в статті розглянута ієрархія структурно-логічних схем у методиці проектування БЖ. Теоретично доведена доцільність впровадження 12-бальної шкали оцінки пріоритетів впливовості та графо-матрично-інцидентально оцінені їх показники

Ключові слова: саморегуляція, самообновлення, ієрархія, методика, проектування, регіонально-лідуюча, аналітично-факторна, середовищно-орієнтована, еволюційно-спрямована, граф, матриця інцидентності, суміжність, оціночна пріоритетність, багатоквартирне житло.

Відтоді, коли у світі вперше виникла потреба у будівництві БЖ та його масового поширення у якості одного з найбільш ефективних засобів міського розселення, розпочалася епоха, умовно кажучи, перетворення архітектурно-"хаотичного" проектування, по принципу щоразового винаходу об'ємно-