

УДК 74.01/.09

**ГЕОМЕТРІЯ У ВИШИВЦІ**

В.І. МАЛИНОВСЬКИЙ

Київський національний університет технологій та дизайну

*Розглянуто існуючі основні технологічні прийоми вишивання в техніці «ниткового дизайну» – ізонитки. Досліджено питання щодо можливостей розширення відомих технологічних засобів та прийомів ізонитки для створення нових дизайнерських проектів. Визначено спосіб аналітичних розрахунків параметрів майбутніх моделей орнаментів*

Витоки ниткового дизайну беруть початок в Англії XVI ст., коли тамтешні ткачі винайшли особливий спосіб переплетення ниток: вони забивали в дерев'яні дощечки цвяшки і в певній послідовності натягували на них нитки. В результаті отримували ажурні вироби для оздоблення житла. Пізніше така технологія була дещо видозмінена і стала використовуватись в іншому виді декоративно-ужиткового мистецтва – вишивці, отримавши назву «ізонитка». Нині мистецтво ізонитки, на жаль, не набуло на наших теренах такого широкого поширення, як традиційні техніки вишивки: хрестом, гладдю, низзю тощо. Проте, саме технології ізонитки на відмінність від інших технік, притаманні простота та бистрота виконання, відносна маловитратність на матеріали і необхідні інструменти, а головне – доступність людям будь-якого віку, навіть дітям. Аналіз основних технічних прийомів ізонитки: заповнення кута, дуги, кола показав, що вони безпосередньо пов'язані з проективною геометрією, способи якої можуть допомогти розширити їхній діапазон.

***Об'єкти та методи дослідження***

Об'єктами дослідження є властивості основних технічних прийомів утворення стібків ізонитки, супутні матеріали, методи геометричного моделювання нових прийомів вишивки та методи визначення параметрів майбутніх орнаментальних моделей-мотивів.

Термін «нитковий дизайн» (англ. «embroidery on paper», варіанти назв: ниткова графіка, ізонитка, зображення ниткою) визначає графічну техніку утворення зображень за допомогою ниток на картоні чи будь-якій іншій твердій основі.

Аналіз існуючих літературних джерел стосовно технології ниткового дизайну показав, що існують чимало різних видань (переважно іноземних) у вигляді послідовних інструкцій за принципом (step-by-step) та альбомів (збірок) готових дизайнерських ідей, в яких використовують виключно репродуктивний метод роботи і відсутня інформація щодо принципів формоутворення можливих композицій [1–4].

***Постановка завдання***

Графічні засоби відображення орнаментальних композицій і стилізованих зображень, якими послуговується технологія ізонитки, безумовно відповідають умовам проективної геометрії, зокрема, способам утворення кривих. Отже, необхідно визначити необхідний апарат проективної геометрії, за допомогою якого можна було б визначати необхідні параметри для відтворення нових композицій.

***Результати та їх обговорення***

Сучасне мистецтво ізонитки може знайти своє практичне застосування в декоруванні різних виробів і предметів широкого вжитку, в оздобленні інтер'єру, в виготовленні подарунків та сувенірів.

Якщо уважно споглядати композиції ізонитки, то видно, що в різний час дня, при різному освітленні та з різної відстані, вони візуально сприймаються кожного разу по-іншому і кожного разу по-новому приваблюють неповторними переливами кольорової палітри.

Принадність технології ниткового дизайну (рис. 1) полягає в тому, що вона порівняно швидко виконується, не потребує особливих матеріалів і є доступною для широкого кола людей. Цей вид творчості розвиває увагу, окомір, дрібну моторику пальців, художні здібності та естетичний смак.

На перший погляд здається, що техніка ізонитки досить складна і її освоєння потребує значних зусиль. Насправді, для оволодіння такою технікою достатньо знати два-три прийоми: заповнення кута, кола та дуги.

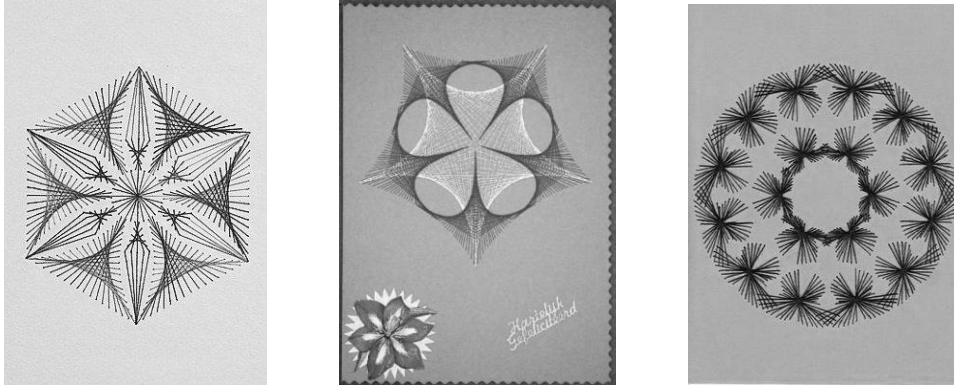


Рис. 1. Листівки виконана в техніці ізонитки

1. Заповнення кута. З тильної сторони робочої поверхні попередньо викреслюють кут, поділяють кожную пряму на однакову кількість відрізків та проколюють місця позначених точок голкою (шилом), далі за допомогою голки з ниткою заповнюють кут за показаною схемою на рис. 2 а.

2. Заповнення кола. Виконують циркулем коло необхідного діаметра, поділяють його на  $n$  рівних частин, в точках поділу виконують отвори, голкою з ниткою заповнюють за вказаним на рис. 2 б алгоритмом.

3. Заповнення дуги. Аналогічно виконують з тильної сторони дугу поділяють її на однакові ділянки через отвори виконують вишивку в порядку показаному на рис. 2 в.

Проілюстрований алгоритм основних прийомів виконання стібків (див. рис. 2) ізонитки, з точки зору геометричних побудов, слід розглядати як спосіб утворення ліній – спряження проективно відповідних елементів (проективна геометрія).

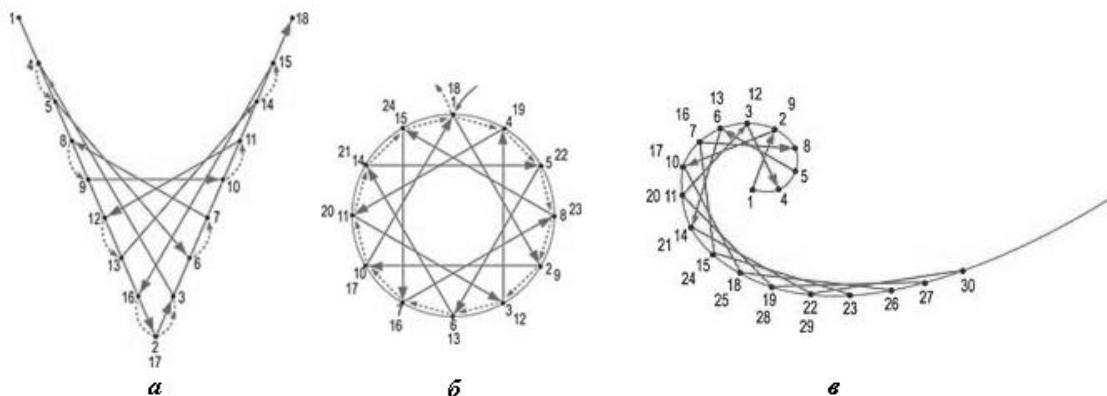


Рис. 2. Алгоритми виконання вишивки:

**а** – заповнення довільного кута, **б** – заповнення кола, **в** – заповнення дуги

В основу цього способу закладена ідея відповідності двох проєктивних рядів точок або двох відповідних пучків. Проєктивно відповідними вважаються два прямолінійних рядки точок, якщо будь-яким чотирьом гармонічним точкам одного з них відповідають чотири гармонічні точки другого ряду [5]. Так, якщо задані два проєктивно пов'язані прямолінійні рядки точок, то огинальна прямих, що проходять через відповідні точки цих рядів утворить криву 2-го класу і одночасно 2-го порядку, рис. 3. В свою чергу, на кривій 2-го порядку можна визначити гармонічні четвірки точок, тобто точки перетину цієї кривої з чотирма гармонічно спряженими променями пучка прямих, центр якого знаходиться в будь-якій точці цієї кривої. Тут уже мова йде про криволінійний проєктивний ряд, який на відмінність від прямолінійного, буде проєктивним рядом 2-го порядку. Поняття ряду і пучка 2-го порядку дозволяє визначити проєктивним способом алгебраїчні криві вищих порядків.

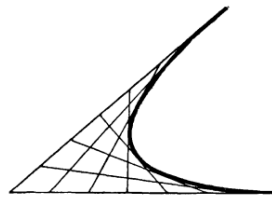


Рис. 3. Крива 2-го порядку, що утворена прямими як огинальна

Якщо розглядати алгоритми технічних прийомів ізонитки як поступальний рух прямої (стібка) з однаковою швидкістю за заданою траєкторією (прямої, кривої), то очевидно, що стібок (див. рис. 2а,в) змінює лише свою величину. У випадку з колом (див. рис. 2б) величина стібка стала (може бути й змінна). Якщо поставити за умову, що одна точка відрізка (стібка) рухається по певній напрямній і величина відрізка постійна, то друга точка, що рухається з такою ж швидкістю, опише певну траєкторію. Ця траєкторія і буде геометричним місцем точок для майбутніх нових стібків.

Розрахунки ймовірних кривих, що утворяться внаслідок певного переплетення ниток, будуть можливі за умов формулювання натуральних рівнянь кривих та використання відповідних способів моделювання кривих. Отримані дані дають змогу в кінцевому результаті визначати криві за наперед заданими властивостями, що в свою чергу, дозволить розширити діапазон зображуваних мотивів ізонитки. Використання натуральних рівнянь кривих для отримання практичних результатів показано в роботах [6–8].

Для визначення натуральних та параметричних рівнянь кривих з попередньо заданими властивостями, криві слід розглядати в системі їх супровідного тригранника (тригранника Френе) рис. 4.

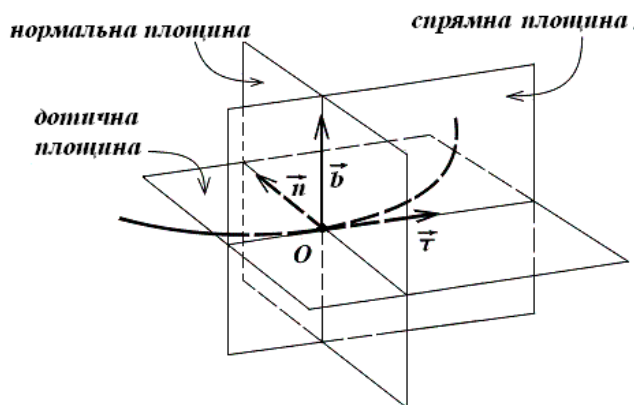


Рис. 4. Супровідний тригранник кривої (тригранник Френе)

Нормальна площина кривої в точці – це площина, що проходить через цю точку ортогонально до дотичної. Дотичною площиною кривої в її точці – називається площина  $\alpha$ , що містить цю точку, ортогональна до нормальної та спрямної площини в цій точці і відповідає співвідношенню:

$$\lim_{Q \rightarrow P} \frac{\text{dist}(Q, \alpha)}{\text{dist}^2(Q, P)} = 0. \quad (1)$$

Спрямна площина кривої в її точці – площина, якій належить ця точка, ортогональна до нормальної та дотичної площини в цій точці. Прямі, що проходять через точку кривої ортогонально до спрямної та дотичної площини:  $n$  – головна нормаль,  $b$  – бінормаль.

Отже, розглянемо супровідний тригранник плоскої кривої в точці  $A$  (рис. 5а). В системі тригранника також задамо точку  $B$ , її радіус-вектор – відстань  $\rho$  та кут  $\varphi$ . Тоді проєкції радіус-вектора на орти  $\bar{t}$  та  $\bar{n}$  тригранника будуть:

$$\rho_t = \rho \cos \varphi; \quad \rho_n = \rho \sin \varphi. \quad (2)$$

У випадку, коли вказані величини  $\rho$  та  $\varphi$  є сталими, точка  $B$  опише якусь криву. Якщо ж дані величини будуть змінними та залежатимуть від довжини дуги  $s$  кривої, тобто  $\rho = \rho(s)$  та  $\varphi = \varphi(s)$ , тоді точка  $B$  виконає складний рух. Вирази для визначення абсолютної швидкості точки  $B$  в проєкціях на орти тригранника описано в роботі [7]:

$$\begin{aligned} v_{Bt} &= v_A [1 + \rho' \cos \varphi (k + \varphi') \sin \varphi]; \\ v_{Bn} &= v_A [\rho' \sin \varphi + \rho (k + \varphi') \cos \varphi], \end{aligned} \quad (3)$$

де  $v_A$  – швидкість руху вершини  $A$  тригранника по напрямній кривій.

Тоді величина абсолютної швидкості точки  $B$  визначається як геометрична сума складових (3):

$$v_B = \sqrt{v_{Bt}^2 + v_{Bn}^2} = v_A \sqrt{(\rho' + \cos \varphi)^2 + [\sin \varphi - \rho(k + \varphi')]^2}. \quad (4)$$

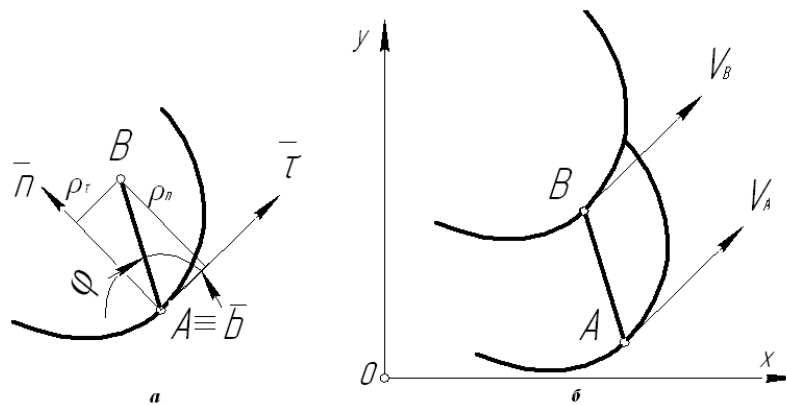


Рис. 5. Точка  $B$  в системі супровідного тригранника

Якщо за умовою необхідно знайти значення залежностей  $\rho = AB = const$ , тобто постійна довжина стібка та  $\varphi = \varphi(s)$ , при яких кінці відрізка (стібка)  $AB$  рухаються з однаковими швидкостями, тоді у виразі (4) замість  $v_B$  необхідно підставити  $v_A$  і вирішити диференціальне рівняння. Враховуючи, що  $\rho' = 0$ , скоротивши на  $v_A$ , отримаємо рівняння:

$$\rho (k + \varphi') [\rho (k + \varphi') - 2 \sin \varphi] = 0. \quad (5)$$

Оскільки  $\rho \neq 0$ , то у виразі (5) можливі два випадки: нулю дорівнюють вирази у круглих або квадратних дужках.

Розглянемо другий випадок, оскільки він має безліч варіантів. Наприклад, в загальному випадку з квадратних дужок виразу (5) отримаємо диференційне рівняння першого порядку:

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{2}{\rho} \sin \varphi - k. \quad (6)$$

Але, якщо напрямна лінія – пряма, то розділивши змінні, маємо:

$$\frac{d\varphi}{\sin \varphi} = \frac{2}{\rho} ds. \quad (7)$$

Рівняння траєкторії відносного руху в системі тригранника можна отримати за формулами (30) в роботі [7] та (9) в роботі [8]. Шуканою кривою буде абсолютна траєкторія, як сума траєкторій відносного і переносного рухів, оскільки напрямна – пряма, то переносним рухом є прямолінійний рух вздовж осі  $Ox$ . Параметричне рівняння шуканої кривої:

$$x = -\rho \operatorname{th} \left( \frac{2s}{\rho} \right) + s; \quad y = \rho \operatorname{sech} \left( \frac{2s}{\rho} \right). \quad (8)$$

За рівнянням (8) побудовано напрямну та шукану криву при сталій довжині відрізка. На рис. 6 видно, що відстані між точками однакові, а значить, швидкості кінців відрізка теж рівні і обидві прямі мають спільний змінний параметр – довжину кривої  $s$ . Очевидно, що множина положень відрізка  $AB$  утворює обвідну криву, схожу на трактрису.

Натуральне рівняння такої кривої має вигляд:

$$k = \frac{4}{\rho} \operatorname{sech} \frac{2s}{\rho}. \quad (9)$$

Як бачимо рівняння шуканої обвідної кривої, що утворилась від руху відрізка, виражаються через гіперболічні функції.

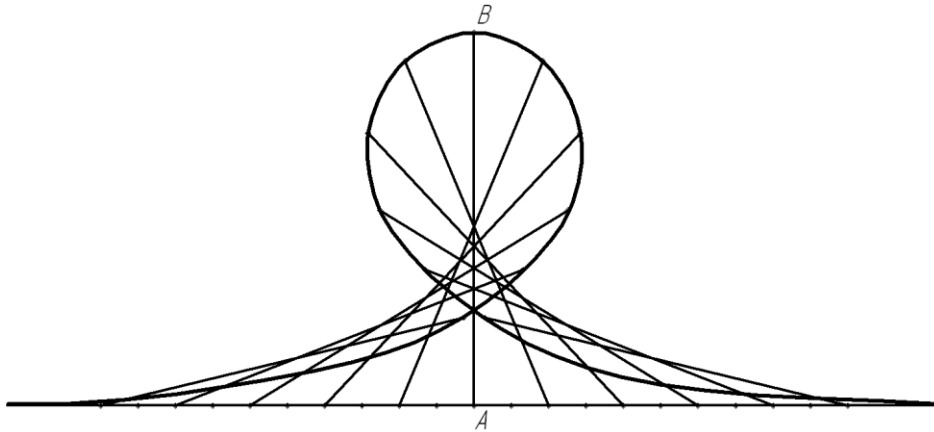


Рис. 6. Траєкторія руху відрізка  $AB$  сталої довжини по напрямній прямій

Якщо в якості напрямної, обрати коло, то в залежності від його радіуса та відстані  $\rho$  пряма сталого розміру буде рухатись кожного разу з різною траєкторією і описуватиме, в загальному випадку, незамкнену, а в окремих випадках замкнену криву, рис. 7.

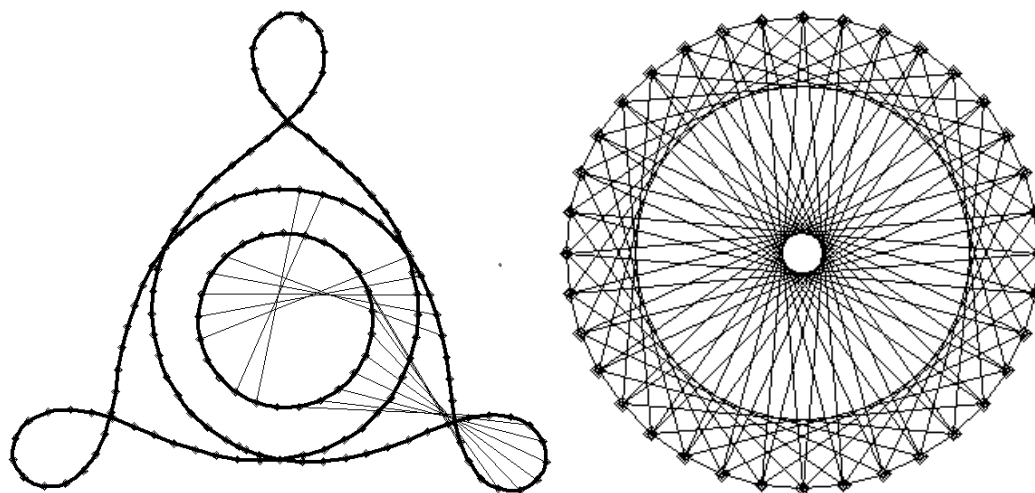


Рис. 7. Замкнена крива утворена рухом відрізка сталої довжини по колу

**Висновки**

Якщо розглядати основні прийоми виконання прямолінійних стібків в техніці ізонитки як складний рух кінцевих точок стібка по певній напрямній в системі тригранника Френе, то можливо розраховувати абсолютні траєкторії руху точок за наперед заданими умовами. Звідси, зрозуміло, що використання геометричних засобів конструювання різного виду кривих, дозволить значно розширити композиційні та технічні можливості унікального та доступного виду декоративно-прикладного мистецтва – ниткового дизайну.

В загальному контексті варто зазначити ще один немаловажний аспект: окреслена тематика є лишень однією з великої кількості передумов та доводів на користь більш глибокого вивчення нарисної геометрії студентами і не тільки суто інженерних, але й дизайнерських спеціальностей.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Браницкий Г.А. Живые картины. – Минск.: Баро-Пресс, 2003.
2. Гильман Р.А. Иголка и нитка в умелых руках. –М.: Легпромбытиздат, 1993. –192с.
3. Erica Fortgens. 101 Ideas for Embroidery on Paper. Search Press, 2000.
4. Браницкий Г.А. Изонить. И угол и дуга – все линии прямые. // Наука и жизнь, № 12. –2004. –116 с.
5. Савелов А.А. Плоские кривые. Систематика, свойства, применение. –М.: ФИЗМАТГИЗ, 1960. – 294 с.
6. Пилипака С.Ф., Несвідомін В.М., Пилипака Т.С. Параметричні та натуральні рівняння кривих із заданими кінематичними характеристиками // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. –№3(44). – Дніпропетровськ, 2006. – с. 69–75.
7. Пилипака С.Ф. Теорія складного руху матеріальної точки на площині. Частина перша. Абсолютна швидкість і траєкторія // Електротехніка і механіка. – К.: 2006. – №1. – с. 84–94.
8. Пилипака С.Ф., Бабка В.М., Пилипака Т.С. Кінематика відрізка, кінці якого описують задані лінії у площині // Прикладна геометрія та інженерна графіка. –К.: 2007. №77. – с. 36–42.

Надійшла 19.01.2011