

УДК 514.18

РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ФОРМОТВОРЕННЯ СТРУКТУРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Підгорний О.Л., д.т.н.,

Плоский В.О., д.т.н.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Тел. (044) 244-96-37

Анотація - виконано аналіз робіт геометричної школи КНУБА під керівництвом О.Л. Підгорного як безпосередньо пов'язаних з формоутворенням структур, так і по суміжним дослідженням, які можливо використати. Це роботи по дослідженню множин узагальнених ламаних і виділенню з них поверхонь, способів зображень з використанням цих ліній, з використання конструктивних моделей геометричних відображень, по формуванню ланцюжків потоків прямих, відбитих та заломлених світлових та звукових променів.

Ключові слова - структурні конструкції, формоутворення, узагальнені ламані лінії, множини, відображення, поверхні проєціювання, потоки променів.

Постановка проблеми. В сучасній архітектурно-будівельній практиці все частіше створюються оригінальні складні форми, які геометрично можна представити як системи скінченної безлічі плоских чи криволінійних відсіків, відрізків прямих та дуг плоских чи просторових кривих з різними умовами їх з'єднання.

В такій узагальненій геометричній моделі плоскі та криволінійні відсіки будемо називати гранями, відрізки прямих та дуги кривих – ребрами. До способів з'єднання ребер та граней додамо крім перетину гладке спряження. Точки з'єднання кінців різних ребер або сторін контурів відсіків будемо називати вершинами незалежно від того чи вони є точками перетину чи спряження двох ліній. Спільна сторона двох суміжних граней може бути також лінією перетину або спряження. Послідовне з'єднання пар граней утворює смугу, а послідовне поєднання ребер узагальнену ламану лінію. В межах такого розширення можна моделювати три типи структурних конструкцій. Якщо структура утворюється тільки поєднанням граней, виникають узагальнені складчасті конструкції. При об'єднанні у вершинах тільки ребер утворюється стрижневі конструкції. Поєднання обох випадків дає комбіновану складчасто-стрижневу

конструкцію. Наведене узагальнене уявлення включає в якості окремих випадків існуючі структури, а також дає широкі можливості розширення формоутворення, дослідження та застосування нових структурних конструкцій усіх трьох видів. Перед дослідниками постала проблема розробки узагальнених геометричних моделей структур, що дозволило б не тільки обґрунтувати потреби та досягнення практики, а і створити перспективи розвитку.

Аналіз останніх досліджень. В прикладній геометрії приділялась увага до формоутворення структур з плоскими гранями та прямими ребрами (Рыжов Н.Н., Ачкасов Ю.А., Гольцева Р.І.). Спроби узагальнення та розширення варіантності способів, важливої для архітектурної творчості, є в докторській дисертації та публікаціях Підгорного О.Л. та в працях його учнів (Седлецька Н.І., Нікітенко О.П., Гладиш К.К., Плоский В.О.). Це роботи по дослідженню множин ліній, зокрема прямих та узагальнених ламаних, і виділенню з них поверхонь, зокрема лінійчатих та гранних, розробці способів утворення структур, суміжні дослідження з теорії зображень, закономірностей формування ланцюжків потоків прямих, відбитих та заломлених світлових та звукових променів, дослідження конструктивних моделей геометричних перетворень тощо.

Формулювання цілей статті. Проаналізувати групу названих робіт і виявити можливості використання розробок як інструментів для розширення можливостей формоутворення структурних конструкцій.

Основна частина. З методологічної точки зору до вирішення задач формоутворення структурних конструкцій можуть ефективно використовуватись принаймні чотири з семи відомих концептуальних класів методів геометричного моделювання – методи пониження розмірності вихідної множини формоутворюючих елементів, в т.ч. проєкційні; методи, що використовують алгоритми розмноження; дискретні інтерпретації ланцюгів геометричних перетворень, зокрема, на основі двокомпонентних конструктивних моделей; методи на основі дискретних сіток.

В роботах [1-3] дана класифікація *узагальнених ламаних ліній*, визначені їх параметричні числа і розглянуті їх множини. Створення структурної поверхні відбувається при зв'язуванні параметрів множини і виділенні їх однопараметричної множини. Найбільш доцільно в якості елемента множини обирати одинарні узагальнені ламані. При зануренні в множину напрямної прямої або кривої лінії виділяється складчаста поверхня, N -а складна якої утворюється як смуга, представлена однопараметричною множиною N -х ребер ламаних твірних. При зануренні напрямної ламаної лінії кожне її ребро ковзаючи по твірних, виділяє також смугу. В результаті

перетину смуг цих двох систем утворюються чотирикутні грані, обмежені парами ребер множин твірних та занурених ліній.

Багатовиддя отриманих форм закладено в класифікації узагальнених ламаних. В якості ланок вони можуть мати відрізки прямих, дуги плоских чи просторових кривих. По з'єднанню у вершинах вони можуть бути загального виду або гладкоспряжені, по набору ланок – однорідні та неоднорідні, по належності до площини – плоскі або просторові, по кількості з'єднань у вершині одинарні і розгалужені, по зв'язку перших і останніх ланок – незамкнуті, замкнуті та напівзамкнуті (при розгалуженні цих ланок).

В творчому процесі пошуку форм важливо забезпечити варіативність для можливості вибору варіантів, які відповідають проектній задачі. Варіативність можна забезпечити двома способами. Задається множина узагальнених ламаних при неповному завданні параметрів. Варіюванням недозаданих параметрів ліній з цієї множини виділяється однопараметрична підмножина, яка представляє собою узагальнену геометричну модель структури. Варіюватися можуть параметри як твірних так і напрямних.

У *другому способі* формоутворення починається з вибору ламаної твірної. Потім обирається спосіб її помноження до однопараметричної множини. Тут варіативність може здійснюватись за рахунок зміни параметрів цього способу, наприклад за рахунок зміни параметру руху твірної.

При плоских гранях та прямих ребрах виникають можливості трансформативності. Для цього треба, щоб суміжні грані мали спільне ребро, навколо якого можуть обертатися ці грані, змінюючи величину двогранного кута. Розгортка гранної складної поверхні можлива, коли її смуги плоскі та стикаються по прямих. У випадку багатoverшинної структури зірка вершини повинна належати не менше ніж 4 граням. Серед обертань навколо спільних ребер одне обертання повинно мати протилежний напрям. Відсутність розривів або складок при розгортці забезпечується вимогою: сума кутів всіх граней зірки зі спільною вершиною повинна рівнятися 360° [4]. При прямих ребрах утворюються плоскі або просторові чотирикутники граней. Вони заповнюються двома одно-параметричними множинами ланок твірної та напрямної ламаних. Це можливо тільки при плоских гранях та лінійчатих гранях у вигляді відсіка однопорожнинного гіперболоїда або гіпара. Якщо одне або два протилежні ребра грані є дугами кривих, то грань є відсік лінійчатої поверхні вище другого порядку.

До способів формоутворення структур на основі створення одно-параметричних множин ламаних з прямими ланками примикають роботи по використанню в теорії зображень *проекціювання ламаними променями зв'язку між точками*

геометричної фігури та їх кінцевими проекціями при використанні проміжних проекцій на ряд площин. Близьке до цього моделювання ланцюга прямих, відбитих та заломлених світлових та звукових променів, а також завдання конгруенцій прямих відповідностями між площинами, отриманих проекційним способом. Спільним являється те, що простір розбивається на області послідовними парами площин або поверхонь які є геометричними місцями кінців множин ланок. Отримувані моделі відрізняються тільки за рахунок особливостей області застосування.

Так в допоміжному проекціюванні площини вершин як правило нормальні до основних площин проекції, ланки ламаних або паралельні або сходяться в одну точку залежно від виду проекціювання (паралельне або центральне) в межах кожної області. При моделюванні потоків світлових та звукових променів вершини розташовуються в площинах або поверхнях відбиття чи заломлення, а положення ланок визначається кутами падіння та відбиття або заломлення. В цих умовах однопараметричні множини ланок можуть створювати відсіки площин, лінійчатих розгортних поверхонь, косих лінійчатих поверхонь [5].

Отримувані прямі ребра структур характеризуються напрямом та довжиною. Тому можна використати завдання напрямними фігурами ребер [6], які являються дискретним набором прямих пучка чи в'язки з пронумерованими елементами, - напрямними для окремих ребер чи їх набору. Значення довжини можна представити таблично.

Ефективним інструментом формоутворення може також розглядатись використання двокomпонентної моделі геометричних перетворень [7,8]. Кероване завдання векторної множини моделі, що визначає напрямок трансформації прообразу, та можливість незалежного встановлення значень величин переміщень суттєво підвищує варіативність та наочність формоутворення.

Нехай представлена отримана структура з чотирикутниками гранями, яка складається з векторів та їх величин. Її вершини можна отримати побудовою ламаних твірних, які проходять через вершини прямої або ламаних напрямних, які проходять через вершини твірної.

Всі грані структури мають попарно спільні прямі ребра, що дають можливість обертати їх навколо спільної осі. Але цього недостатньо для розгортки структури. По-перше потрібно забезпечити побудову граней як відсіків площини, по-друге вести перевірку суми кутів в кожній вершині. Більш продуктивно задавати сітку розгортки з забезпеченням рівності суми кутів 360° у всіх вершинах і виконувати згортку. Такий підхід для однієї з видів сіток використовується в [9,10].

В [11] розглянуто формоутворення структур на основі

багатогранників на основі виділення ребер з конгруенції прямих, які мають в перетині з двома площинами рівні відрізки, що прийматимуться за ребра структури. Різне взаємне розташування послідовної пари площин дає обмежуючі площини, торсові поверхні, поверхні обертання, ротативні поверхні. В роботі [12] система стрижнів подібної структури розглядається як результати перетину двох пучків паралельних прямих в спільній площині граней. Такі площини граней утворюють багатогранники структури.

В роботі [13] розглядаються можливості трансформації структури за рахунок зміни довжини стрижнів в поверхнях поясів.

Висновок. Розглянутий аналіз інструментів прикладної геометрії розкриває можливості формоутворення структурних конструкцій.

Література.

1. *Подгорный А.Л.* Геометрическое моделирование пространственных конструкций: дис. д-ра техн. наук: 05.01.01./ А.Л. Подгорный. – К.: КИСИ, 1975 – 335 с.
2. *Подгорный А.Л.* Конгруэнции ломаных прямых линий и выделения из них поверхностей. / А.Л. Подгорный // Вопросы прикл. геометрии: материалы 29-й научно-технической конференции КИСИ. – К.: 1968. – С. 9-11.
3. *Подгорный А. Л.* Обобщенные ломаные линии и их множества / А.Л. Подгорный // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.17. – К.: Будівельник, 1973. – С.103-108.
4. *Рыжов Н.Н.* Многогранные многовершинные поверхности, развертывающиеся на плоскости без нарушения непрерывности и однозначности. / Н.Н. Рыжов, Ю.А. Ачкасов // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.20. – К.: Будівельник. 1975. – С.48-51.
5. *Подгорный А.Л.* Поверхности отраженных лучей / А.Л. Подгорный // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.20. – К.: Будівельник. 1975. – С.13-16.
6. *Підгорний О.Л.* Напрямні пучки і піраміди многокутних і многогранних фігур./ О. Л. Підгорний // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.64.– К.: КДТУБА. 1998. – С. 3-9.
7. *Подгорный А.Л.* Использование транспозиций преобразований в варианном моделировании архитектурных оболочек./ А. Л. Подгорный, В. А. Плоский // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.46.— К.: Будівельник. 1988. – С. 8-11.
8. *Плоский В.А.* Мгновенно-векторные преобразования./ В.А. Плоский // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.50. – К.: Будівельник, 1990. – С.75-77.
9. *Подгорный А. Л.* Конструирование складчатых оболочек покрытий

- с минимальным числом типоразмеров./ А.Л. Подгорный, О.П. Никитенко // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.24. – К.: Будівельник, 1977. – С.19-21.
10. *Подгорный А. Л.* Геометрический расчет одного вида складок./ А.Л. Подгорный // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.26.– К.: Будівельник, 1978. – С.12-14.
11. *Подгорный А. Л.* Конструирование пространственных стержневых систем с ограничивающими кривыми поверхностями поясов. / А.Л. Подгорный // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.22.– К.: Будівельник, 1976. – С.57-61.
12. *Седлецкая Н.И.* Геометрический способ конструирования некоторых стержневых систем. / Н.И. Седлецкая // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.17. – К.: Будівельник. 1973. – С.42-47.
13. *Гладыш К.К.* К вопросу геометрического конструирования трансформируемых пространственных стержневых систем. / К.К. Гладыш // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Вып.24. – К.: Будівельник, 1977. – С.49-50.

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.Л. Подгорный, В.А.Плоский

Аннотация - выполнен анализ работ геометрической школы КНУСА под руководством А.Л. Подгорного как непосредственно связанных с формообразованием структур, так и по смежным исследованиям, которые возможно использовать. Это работы по исследованию множеств обобщенных ломаных и выделению из них поверхностей, методов изображений с использованием этих линий, использованию конструктивных моделей геометрических отображений, формированию цепочек прямых, отраженных, преломленных световых и звуковых лучей.

EMPOWERING SHAPING STRUCTURAL DESIGNS

O. Pidgornyi, V. Ploskyi

Summary

Analysis of works of KNUBA geometric school led by O.L. Pidgornyi as directly related to the shape-forming of structures and on the adjacent study, which can be used is completed. It works on the study of sets of generalized broken lines and excretion of these surfaces, the images methods using these lines, with the use of the structural models of geometric reflections, by forming chains of flows of direct, reflected and broken light and sound rays.