

## ПЕРЕТВОРЕННЯ СИСТЕМ ПІД ДІЄЮ НАВАНТАЖЕНЬ НА ОСНОВІ СТАТИКО-ГЕОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Анотація.* Досліджено можливість апроксимації оболонок складчастими трансформованими системами з гранних модульних елементів. Наведено варіанти паркетування шаблону гранними елементами та представлено моделі наближеної апроксимації поверхонь модульним елементом. У роботі розглянуто складчасті поверхні при формоутворенні архітектурних оболонок та інших типів конструкцій, які часто застосовуються. В одних випадках – це зумовлено самою архітектонікою споруд, що мають часто повторювані у відповідності частини (складчасті в цьому випадку). В інших випадках – це спричинено необхідністю апроксимації складчастої поверхні, яка складається з відсіків більш простих поверхонь, що дають змогу спростити вирішення геометричних питань при проектуванні та зведенні. Зіставна лінія цілеспрямовано розглянута, як елемент множини, що дає змогу вивчати властивості таких множин і способів виділення з-поміж них безлічі видів складчастих поверхонь (гранних в цьому випадку). Це дає підстави розглядати методику конструювання зіставних поверхонь, як єдину схему конструювання лінійних і не лінійних поверхонь.

Узагальненою ламаною названа зіставна лінія, що має в загальному випадку криволінійні ланки, які перетинаються між собою в вершинах, або стикаються в них, з визначним порядком стикування.

*Складчаста конструкція – це конструкція, що утворена із складчастих елементів, плоских або просторових, за допомогою методу компонування модулів, трансформації або профілювання перерізу поверхні.*

*Узагальнені ламані лінії загального виду, які мають в вершинах нульовий порядок стикування, утворюються методом з'єднання ланок в вершинах без співпадання дотичних до ланок. Інтенсивно розвиваються методи геометричного формування сучасних будівель та новітніх форм, видів конструкцій, іноді розповсюджуються конструктивним удосконаленням.*

*Геометричне конструювання, засноване на принципах комбінації стандартних елементів, серійності, технологічності, збігається з вимогами промислового виробництва і масового застосування.*

***Ключові слова.** Складчасті поверхні; трансформовані структури; метод з'єднання ланок; гранні елементи*

**Постановка проблеми.** Наближена заміна криволінійних поверхонь системою плоских пластин або складчастими елементами, що найбільш точно повторюють форму вихідних систем, мають велике практичне значення. Як зазначав С.М. Кривошапко [1], практично у вигляді системи чотирикутних пластин можна представити будь-яку оболонку (рис. 3). Конструктивні переваги, підвищена технологічність, простота виготовлення і монтажу складчастих поверхонь привертає увагу дослідників та проектних організацій. Аналізуючи вище сказане можна зробити висновок, що більшість оболонок можна представити у вигляді складчастих, що апроксимуються модульними гранними елементами. Ще більшою перевагою в застосуванні таких поверхонь є можливість їх трансформації, що дозволяє складати системи до компактного стану, розгортати на площину та в просторове положення по заданій траєкторії.

Всі грані і кути модульних гранних елементів системи залишаються незмінними, що надає перевагу для розрахунків систем.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Використано наукові публікації вчених: Підгорного О. Л., Нікітенко О.П., Рижова М. М., Ачкасова Ю. А., Мішаніна І. М.. Розробкою і дослідженням даної теми також займалися такі вчені: Фесан А. М., Шихієв І. С., Гладиш К.К. та інші. Рижовим М.М. та Ачкасовим Ю.А.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Дослідити можливість апроксимації оболонок складчастими трансформованими системами з гранних модульних елементів. Навести варіанти паркетування шаблону гранними елементами (ГЕ) та представити моделі наближеної апроксимації поверхонь модульним елементом. Дослідити закономірності перетворення систем під дією навантажень на основі статико-геометричного методу.

**Основна частина.** Розглянемо рис. 1, де зображено шаблони з ідентичним формуванням гранних елементів. З цієї бази варіації можуть бути отримані дані, які впливають на загальну форму всієї поверхні. Даний блок моделюється в плоскому стані з подальшою трансформацією по різним схемам і траєкторіям.

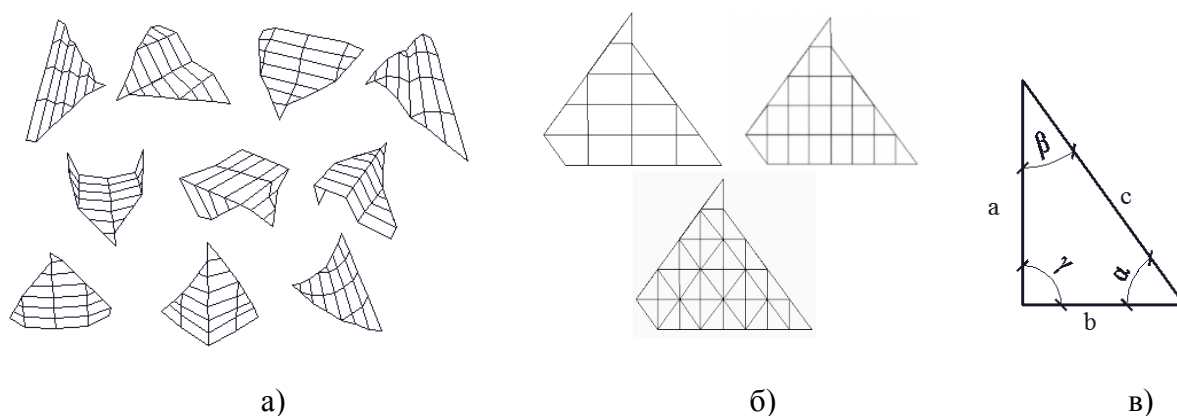


Рис. 1. а) - шаблон складка для проектування трансформованих систем;  
б) – варіанти пакетування шаблону гранними елементами (ГЕ);  
в) – елемент для формоутворення систем.

З цієї бази варіації форм можуть бути отримані структури з різними геометричними параметрами і формами, що впливають на розміри в складеному і розгорнутому стані. Складки, не залежно від форми заповнення гранними модулями, завжди стикаються між собою по гранях елементів або у вершинах.

Трансформовані структури  $S_n$ , за умов раціонального застосування, можуть бути створені з одного модульного елемента – прямокутного трикутника (рис. 1в). Оскільки шаблон складка задається трьома параметрами, необхідно задати два, а третій залежить від них відповідно:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}, \sin\alpha = \frac{a}{c}, \cos\alpha = \frac{b}{c}, \operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{b}, \operatorname{ctg}\alpha = \frac{b}{a}. \quad (1)$$

У дослідженні проектувальних характеристик виявлені переваги створення форм з конгруентних прямокутних трикутників. Варіанти покриття системи  $S_6$  (рис. 2), заповненого гранними елементами з варіації шаблонів (рис. 1б). Для дослідження перетворення систем під дією навантажень на основі статико-геометричного методу оберемо найпростішу модель квадратної форми – систему  $S_4$  (рис. 4) на гнучких з'єднаннях.

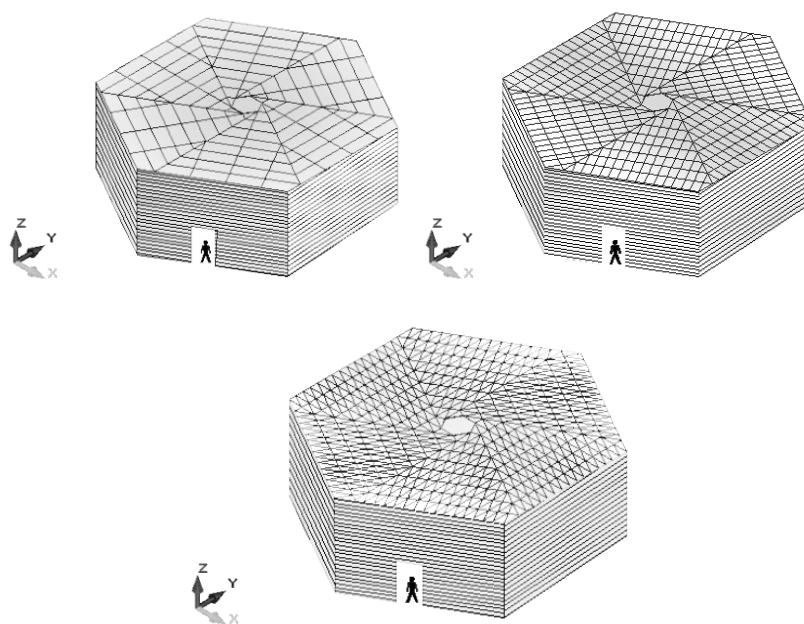
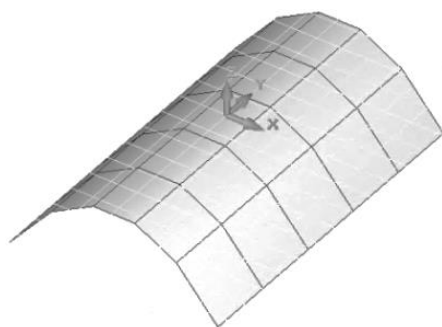


Рис.2 Варіанти паркетування поверхні покриття СТС  $S_6$ .

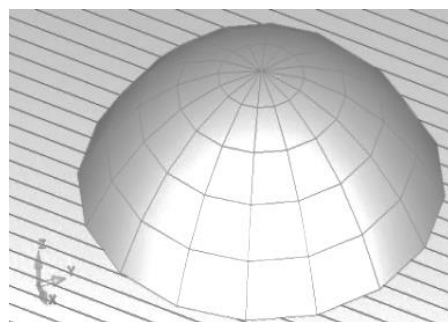
Рівняння кожного відповідного вузла складається для трьох координатних систем, які мають вид:

$$\begin{cases} X_A(K_{AB} + K_{AC} + K_{AD}) + X_B \cdot K_{AB} + X_C \cdot K_{AC} + X_D \cdot K_{AD} = \pm P_A \\ Y_A(K_{AB} + K_{AC} + K_{AD}) + Y_B \cdot K_{AB} + Y_C \cdot K_{AC} + Y_D \cdot K_{AD} = \pm P_A ; \\ Z_A(K_{AB} + K_{AC} + K_{AD}) + Z_B \cdot K_{AB} + Z_C \cdot K_{AC} + Z_D \cdot K_{AD} = \pm P_A \end{cases} \quad (1)$$

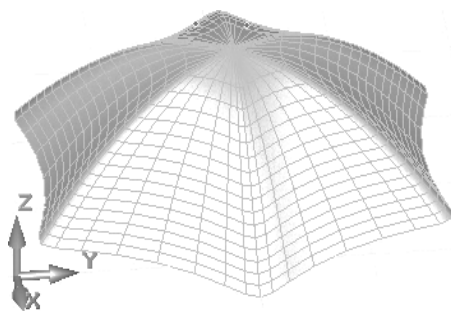
Знак «+» або «-» при визначенні прикладання зусиль обирається в залежності від сили прикладеної до вузла, що розглядається.



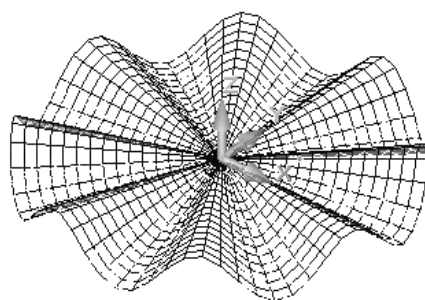
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Моделі поверхонь на базі Сапфір паркетовані чотирикутними пластинами.

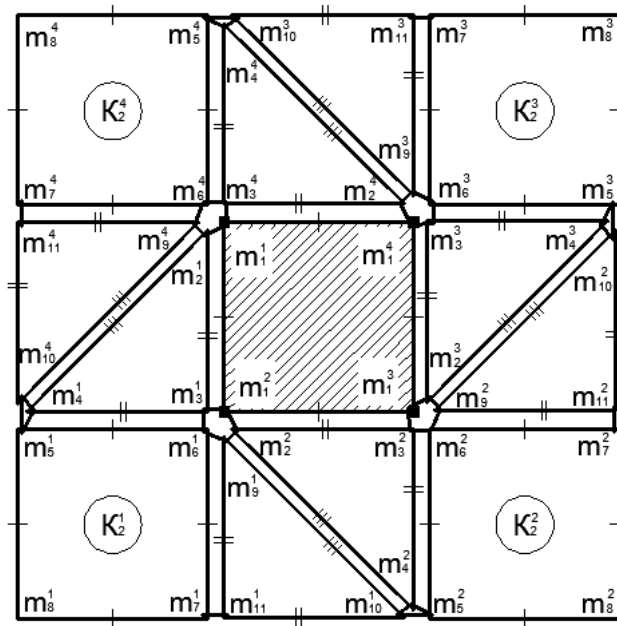


Рис. 4. Складчаста трансформована система  $S_4$  на гнучких з'єднаннях.

Розглянемо систему  $S_4$  (рис. 4), класифікація:

- підсистема  $Kn$  – чотири підсистеми  $K_2$ ,
- сектори  $P_n^{Kn}$  – по два сектори в кожній підсистемі  $P_2^{K2}$ ,
- гранні елементи  $M_n$  – по три гранні елементи в кожній підсистемі:  $M_3^{K2}$  або 13 модульних елементів в системі  $S_4$ :  $4M_3^{S4} + 1 = M_{13}^{S4}$ ,
- вузлові з'єднання  $Z_n^{Kn}$  або  $Z_n^{Sn}$  – по 9 з'єднань в підсистемі  $Z_9^{K2}$  або 36 з'єднань в системі  $S_4$ :  $4Z_9^{S4} = Z_{36}^{S4}$ .

**Перспективи подальших досліджень.** Досліджуватимуться геометричні параметри систем  $S_n$ . Розроблюватиметься математична модель трансформації системи  $S_n$ .

**Висновки.** Досліджено можливість апроксимації оболонок складчастими трансформованими системами з гранних модульних елементів. Наведено варіанти паркетування шаблону гранними елементами (ГЕ) та представлено моделі наближеної апроксимації поверхонь модульним елементом. Досліджено закономірності перетворення систем під дією навантажень на основі статико-геометричного методу.

## Література

1. Плоский В. О., Лісун І. С. Методика побудови складчастої трансформованої системи  $S_n$  / «Сучасні проблеми моделювання» Вип. 2 / Мелітополь: МДПУ ім. Богдана Хмельницького, 2014. – Вип. 2. – стор. 83-87.
2. Лісун І.С. Складчаста трансформована система, як об'єкт сонцезахисту на прикладі зимового саду житлового будинку. / «Енергоефективність в будівництві та архітектурі» Вип. 6. / Лісун І.С. КНУБА – К., 2014 – ст.177-182.
3. Лісун І. С. Трансформовані складчасті конструкції в будівництві. / «Теорія та практика дизайну» Вип. 6./ НАУ – К., 2014 – ст.108-116.

## TRANSFORMATION OF SYSTEMS UNDER INFLUENCE OF LOADS ON THE BASIS OF STATIC-GEOMETRIC METHOD

**Lisun Iryna**

*Summary. The possibility of approximation of shells by folded transformed systems of granular modular elements is investigated. The options of parqueting the template with facets are given and the models of approximate approximation of surfaces by a modular element are presented. The paper deals with the folding surfaces in the formation of architectural shells and other types of structures that are often used. In some cases, it is caused by the architectonics of structures, which often have repetitive parts (folding in this case). In other cases, this is due to the need to approximate the folded surface, which consists of compartments of simpler surfaces, which make it easier to solve geometric problems in the design and construction. The comparison line is purposefully considered as an element of the set, which makes it possible to study the properties of such sets and methods of separating among them many kinds of folded surfaces (faces in this case). This gives reason to consider the technique*

*of constructing comparable surfaces as the only scheme for constructing linear and non-linear surfaces.*

*A generalized polygon is called a comparative line, which generally has curvilinear links that intersect or collide with each other at vertices, with a prominent joining order.*

*A folding structure is a structure made up of folded elements, flat or spatial, by means of a method of module layout, transformation or profile sectioning of a surface.*

*Generalized polyline lines of general form having zero order of joining in the vertices are formed by the method of joining the links in the vertices without matching tangents to the links. Methods of geometric shaping of modern buildings and newest forms, types of structures are being intensively developed, and sometimes they are subject to structural improvement.*

*Geometric design, based on the principles of the combination of standard elements, seriality, manufacturability, meets the requirements of industrial production and mass application.*

**Keywords.** *Folded surfaces; transformed structures; linking method; facets.*