

УДК 72.01+624.07

І. С. Лісун

*аспірант кафедри Архітектурних конструкцій**Київський національний університет будівництва і архітектури*

## ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ СКЛАДЧАСТИХ КОНСТРУКЦІЙ

Анотація: в статті розглянуто деякі галузі застосування складчастих конструкцій. Приведена класифікація по типам і методам утворення складчастих конструкцій в будівництві, а також представлено їх геометричні формоутворення.

Ключові слова: складчасті конструкції, нанотехнології.

### Визначення термінів:

*Складчаста конструкція (СК)* – просторова конструкція, яка утворена зі складчастих елементів, плоских (переважно) або просторових за допомогою методу компоновки модулів, трансформації з площини або профілювання перерізу поверхні.

- *СК з модульних елементів* – конструкція утворена методом компоновки модульних елементів (переважно уніфікованих).
- *Трансформована СК* – трансформована конструкція, яка в неробочому положенні може займати менший простір, ніж в робочому положенні.
- *Профільована СК* – конструкція, яка утворена за допомогою гофрування (гнуття) листового матеріалу.

*Нанотехнології* – міждисциплінарна область фундаментальної і прикладної науки в основі якої лежить завдання розробки матеріалів, приладів та інших механічних і немеханічних пристроїв для побудови структур із наперед заданими властивостями.

Стан проблеми. Розвиток будівництва, промисловості, нанотехнологій знаходиться на найвищому рівні, як в Україні, так і в світі. Перед інженерами різних галузей постає питання вирішення багатьох важливих задач та удосконалення різного виду конструктивних систем, а також спрощення процесів їх розробки, створення, виготовлення, монтажу і т.д. Для вирішення цих та інших важливих питань були створені складчасті конструкції (СК).

Вперше патент на складчасту конструкцію, а саме складчасте покриття, був виданий в 1937 році. В 40-50-х роках в США був виданий ряд патентів на безкаркасні складчасті будівлі аочної або склепінчастої форми. В нашій країні перше авторське свідоцтво було видане в 1945 році на складчасте склепіння з листового матеріалу. З 1950 до 1965 року в різноманітних

країнах – США, Великобританія, Австрія, Франція – було створено близько двох десятків складчастих елементів і споруд, що з них утворювались [1].

Одне з перших визначень складчастих конструкцій дає Герман Рюле в книзі «Просторові покриття» в 1973 році: «Складчаста конструкція представляє собою систему просторово зв'язаних між собою тонких пластин – граней».

**Актуальність.** В порівнянні з іншими просторовими конструкціями складчасті структури зустрічаються не часто як в спорудах так і в літературі. Досить поширеними СК були в 60-80-х роках ХХ століття. З тих пір складки, як несучі конструкції покриттів практично не змінювались і не використовувались із-за дороговизни і складності проектування. Однак, на сучасному етапі в архітектурі громадських будівель СК і їх елементи знову почали з'являтися. Це аргументується застосуванням комп'ютерних технологій проектування, а особливо геометрично-параметричного моделювання, що дозволяє вирішувати багато завдань зв'язаних з проектуванням, розрахунками і конструюванням СК.

**Основна частина:** На основі наукових робіт вчених (Фесан О.М, Нікітенко О.П., Шихієв О.П., Шишкін М.І., Даниловська Н.О., Мішанін І.Н., Пріцкер А.Я. та ін.), в яких розроблено, проаналізовано та приведено різноманітні види складчастих конструкцій базується метод наукових досліджень.

Існує багато сфер, де застосовують СК, деякі з них наведено нижче.

*1) Будівництво промислових, цивільних та інших об'єктів.*

Відомо [1] чотири основні типи СК в будівництві будівель та споруд (рис. 1):

а) – сперті на каркас; б) – структурні;  
в) – безкаркасні; г) – комбіновані.

**Існує три методи утворення СК:**

1. Метод профілювання перерізів поверхонь (рис.2) – процес, споріднений операції гнуття (гофрування), який являється методом виробництва тонкостінних, легких за вагою, але жорстких профілів складної конфігурації, з яких виготовляють складчасті конструкції. Переваги гофрованої СК в порівнянні з плоскою конструкцією збільшення несучої здатності за рахунок збільшення висоти перерізу.

2. Розгортка з площини при шарнірному закріпленні елементів (рис.3) – розгортка поверхні, яка представляє собою відсік площини, заповнений без

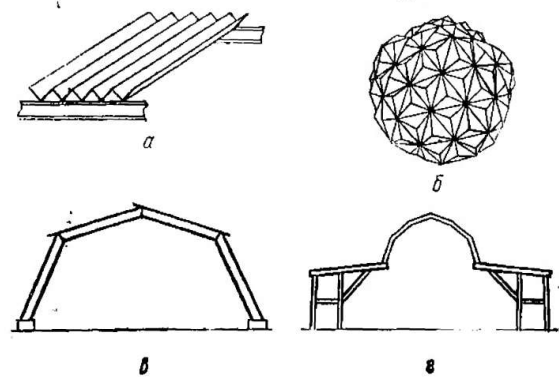


Рис.1 Типи СК у будівництві

просвіту і накладок випуклими багатокутниками, так званими модулями, в яких відомий закон згортання. Пакетування розгортки виконується методом переміщення модулів [2].

3. Метод компоновки простих складчастих модулів (рис.4) – процес пошуку і розробки раціонального розміщення модульних елементів конструкції в заданому просторі різноманітними способами їх стикування [3].

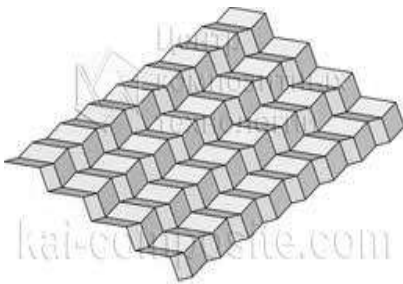


Рис.2.  
Профілювання поверхонь

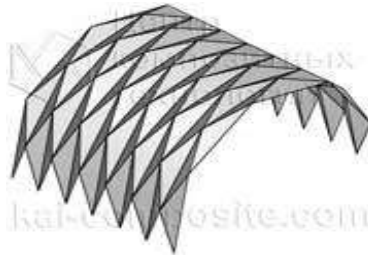


Рис.3.  
Розгортка з площини

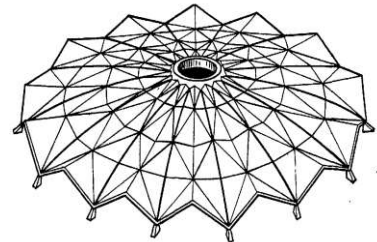
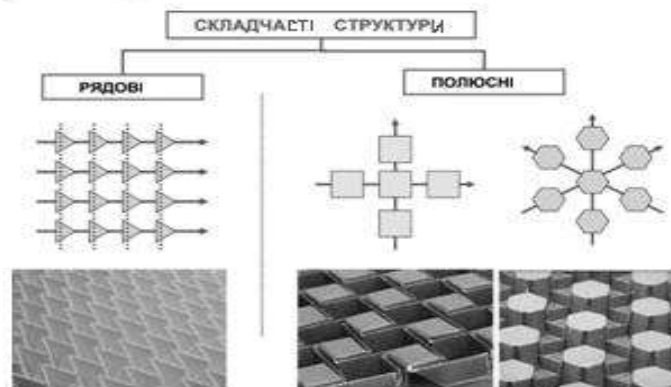


Рис.4.  
Компоновка модулів.

II) Літакобудування. Застосовуються складчасті гофровані конструкції для виготовлення шумоізоляційних панелей (рис. 5).



а) структури гофрованих СК



б) компоновка модулів гофрованих СК  
Рис.5 . Гофровані СК у літакобудуванні

Застосування складчастих гофрованих конструкцій забезпечує:

- Високу міцність і жорсткість.
- Високу ударостійкість.
- Хороші акустичні характеристики, як при звукоізоляції, так і при звукопоглинанні.
- Можливість виготовлення структур з широкого спектру матеріалів.
- Принципово просту технологічну схему виготовлення заповнювачів без додаткових операцій склейки, нарізки і просочення заповнювача.

### *III) Нанотехнології.*

З недавніх пір складчасті структури почали застосовувати для створення компактних сонячних батарей (рис. 6), які після трансформації, за словами спеціалістів, збільшують свій розмір в 10 разів порівняно з початковим розміром. У складеному стані вони займають дуже мало місця, що полегшує їх транспортування. У космосі вони розгортаються, генеруючи енергію для супутників або космічних станцій [8].

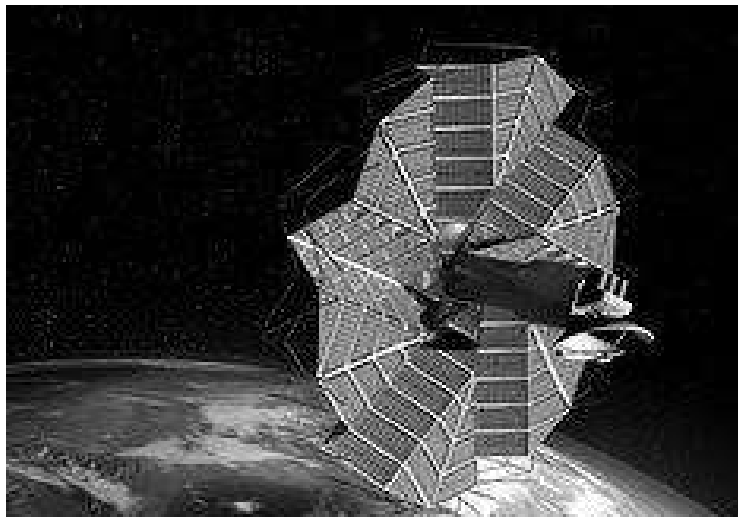


Рис.6.Сонячна батарея.

Найбільш розповсюджені СК в будівництві. В Табл.1 розроблено і наведено класифікацію СК за деякими ознаками. Дані конструкції відносяться до просторових конструкцій (навіть прості прямокутні складки) і займають в класифікації самостійний напрям. СК легко комбінуються з іншими типами конструкцій у сучасній архітектурі та можуть мати різні обриси і форми.

В подальшому планується дослідження складчастих трансформованих конструкцій у будівництві і розробка нових складчастих систем з різними схемами трансформації.

Класифікація складчастих конструкцій в будівництві. Таблиця 1.

Метод утворення СК	Тип СК	Геометричне формоутворення СК	Характеристика СК	Фото (рис.) або ескіз СК
Компоновка модульних елементів	Безкаркасна СК	Гіперболічна поверхня переносу додатної і від'ємної Гаусової кривизни.	Створена французькими архітекторами в 1958 р. за проектом Б. Зерфюса, трикутна в плані будівля Національного центру промисловості і техніки, покрита найкрупнішою просторовою залізобетонною конструкцією - спирається на три точки склепінням - оболонкою з прольотом між опорами 218м [5]	
	Структурна СК	Сферична поверхня обертання.	Круглий павільйон купольної конструкції. Розробив відомий американський архітектор і інженер Річард Фуллер. Ця споруда зі сталі, дюралюмінію і скла мала діаметр 64 м і висоту 30 м. Купол спирався на арки із сталевих труб, розміщені по периметру будівлі. Купол зібраний з окремих «шкаралуп» - ромбовидних листів, вигнутих у поздовжньому напрямку.	
	Сперта на каркас СК	Геометрична трапецевидна поверхня віддзеркалення з прямолінійним ребрами.	Нова будівля Курського вокзалу в Москві, зведена у 1972 році, довжина більше 200м, висота більше 15 метрів, повернена скляним фасадом на привокзальну площу. Складчаста покрівля, йде в перспективу, яка породжує асоціації з рухом поїзда, а великий козирок - нагадує критий перон. Старий вокзал був побудований в 1896р. Н. І. Орловим.	
Гофрування перерізу поверхні	Безкаркасна СК	Призматична арочна поверхня переносу.	Збірні металеві гофровані конструкції (ЗМГК) - один з найбільш прогресивних видів дорожніх штучних споруд. Використання ЗМГК дозволяє скоротити витрати порівняно з традиційно використовуваними матеріалами на 30-50%. Простота технологічного процесу монтажу сприяє скороченню часу будівництва споруди. Результат - зниження витрат на будівництво.	
	Структурна СК	Сферична поверхня обертання з лоткоподібних складок.	Складчастий купол з однотипних лоткоподібних гофрованих елементів, практичне застосування яких дозволяє збирати, розбирати конструкцію на болтах та перевозити в компактному вигляді. Гофровані складки, без додаткових конструктивних елементів: колон, балок, ригелів, стінового заповнювача і т.д., виконують роль несучих і огорожуючих функцій. [1]	

	Сперта на каркас СК	Геометричні поверхні прямолінійні та криволінійні з прямолінійною твірною.	Складки виконуються з жорстким несучим контуром і обшивками з листового матеріалу. Профільовані ребра створюють жорсткий контур-каркас складчастої системи[1]. Перевага профільованої конструкції порівняно із звичайним листовим матеріалом – збільшення жорсткості, за рахунок збільшення висоти перерізу. Складчасті гофровані елементи можуть виконувати роль покриття, огорожувальних конструкцій і т.д., а також бути модульними елементами для створення інших типів СК.	
Трансформація з площини	Безкаркасна СК	Трансформована СК з полігональними складками. Поверхня від'ємної кривизни.	Трансформована СК включає 8 складок товщиною 0,5 мм, висотою 1250 мм з алюмінію. З'єднання складок по утворюючим виконані на пластинчастих шарнірах. Трансформована поверхня складається з чотирьох склепінь прольотом 7330 мм Λ – образного перетину висотою 752 мм, шириною 2000 мм. Модель випробувалася при шарнірному обпиранні нижніх поясів [2,6].	
	Структурна СК	Параболічна поверхня обертання утворена з трикутноподібних складок.	Трансформований купол з трикутних або лоткоподібних елементів, з раціональною перемінною жорсткістю зі статичної точки зору[1,2]. На рис. Зображено конструкцію в робочому стані.	
	Сперта на каркас СК	Геометрична конфігурація поверхні з переміщенням прямолінійних ребер.	Несучі трансформовані конструкції покриття у вигляді складок. Складки працюють як несучі балки покриття[2]. Допоміжні ребра в конструкції елемента не потрібні, так як жорсткість і стійкість забезпечуються його геометричною формою.	

### Комбіновані СК в будівництві.



Рис. 7. Ангар для літака Ту-154 в Баку. Безкаркасна СК прольотом 24м встановлена на консольних балках сталевому каркасу.

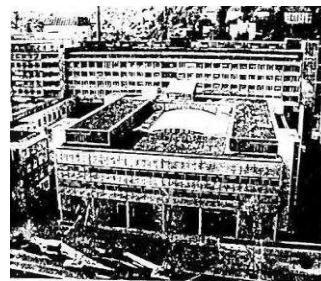


Рис. 8. Будівля госпіталю Святої Катерини в м. Штутгарт. Загальний вигляд і розріз будівлі. Будівля частково безкаркасна, частково сперта на каркас.

## Література

1. Пріцкер А.Я., Аденський В.А., Фрідман М.С. «Безкаркасні складчасті конструкції» – К. Будівельник, 1991 – 88с.
2. Фесан О.М. «Геометричне моделювання і автоматизація проектування трансформованих складчастих структур» // дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук // Київ, 1981 – 224с.
3. Шишкін М.І. «Геометричне моделювання збірних модульних оболонок для їх автоматизованого проектування» // Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук// Київ, 1988 – 151с.
4. Диховичний Ю.А., Е.З.Жуковський «Просторові зіставні конструкції» // Навч. посібник для аспірантів// Вища школа – Москва, 1989 – 288с.
5. Загальна історія мистецтв в шести томах // Редакційна колегія Б.В.Веймарн, Б.Р.Віппер, А.А.Губер, М.В.Доброклонський, Ю.Д.Колпінський, В. Ф. Левінсон-Лессінг, А.А.Сідоров, А.Н.Тихомиров, А.Д.Чегодаєв. // Державне Видавництво "Мистецтво" // Москва, 1965 – 1237с.
6. Сазанович Юрій Михайлович «Складчасті склепіння, що трансформуються» //автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.// Київ, 2002 – 22с.
7. Михайлов В.В. «Попередньо напружені комбіновані і вантові конструкції» // Навч. посібник для аспірантів.// Видавництво АСВ, 2002 – 255с.
8. <http://www.newsfiber.com/p/s/h?v=ESB12f0vospg%3D+fc4ButikQq4%3D>

## Анотация

В статье рассмотрены некоторые области применения складчатых конструкций. Приведена классификация по типам и методам образования складчатых конструкций в строительстве, а также представлены их геометрические формообразования.

Ключевые слова: складчастые конструкции, нанотехнологии.

## Annotation

The article deals with application areas some of folded structures. The classification by types and methods of formation the folded structures in construction and presentation of the geometric formation.

Keywords: folding structures, nanotechnologies.