

УДК 624.074.5

*С.А. Гапченко, аспірант
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

РОЗРАХУНОК СТРУКТУРНО-ВАНТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЧИСЕЛЬНИМ МЕТОДОМ

Наведено результати чисельних досліджень структурно-вантової оболонки двоякої кривизни чисельним методом.

Ключові слова: *структурно-вантова конструкція, чисельний метод.*

УДК 624.074.5

*С.А. Гапченко, аспірант
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

РАСЧЕТ СТРУКТУРНО-ВАНТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ

Приведены результаты теоретических исследований структурно-вантовой оболочки двоякой кривизны численным методом.

Ключевые слова: *структурно-вантовая конструкция, численный метод.*

UDC 624.074.5

*S.A. Gapchenko, post-graduate
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

CALCULATION OF STRUCTURAL-GUY ROPE CONSTRUCTION OF NUMERICAL METHOD

Theoretical studies of structural-guy rope shell of double curvature of the numerical method.

Keywords: *structural-guy rope construction, numerical method.*

Вступ. На сучасному етапі розвитку науки комп'ютерні технології у багатьох випадках дають можливість дослідити характер роботи конструкції чи механізму без виготовлення зменшених моделей та проведення масштабних експериментів. Застосування чисельних методів при моделюванні будівельних конструкцій значно спрощує процес їх вивчення.

Типові структурні покриття складаються зі сталевих стрижнів різного поперечного перерізу, які утворюють просторову шарнірно-стрижневу систему. Застосування структурних конструкцій набуло значного поширення при покритті великопролітних будівель громадського й

промислового призначення за рахунок простоти, швидкості зведення, малої маси та зручності транспортування.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Структурні сталезалізобетонні конструкції мають залізобетонний верхній пояс, який дає можливість їх використання не тільки як покриттів, а й у вигляді різного роду платформ, по яких можна виконувати повноцінні переміщення людей та транспорту [1].

У структурно-вантових покриттях нижній розтягнутий пояс замінено гнучкими вантами [2, 3], що дозволяє виготовляти конструкції різної форми й окреслення у плані. Головною перевагою таких покриттів є те, що в них не виникають розпірні зусилля у вузлах кріплення за рахунок утвореної просторової ферми, об'єднаної сталевим канатом [4, 5].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Структурно-вантові покриття є маловивченими і мають складний характер роботи, тому для більш детального їх вивчення необхідно здійснювати значну кількість теоретичних та експериментальних досліджень.

Постановка завдання. За допомогою чисельного методу потрібно виконати моделювання та розрахунок структурно-вантової оболонки двоякої кривизни, проаналізувати отримані дані.

Основний матеріал і результати. В основу розрахунку покладено метод скінченних елементів з використанням як основних невідомих переміщень і поворотів вузлів розрахункової схеми. У зв'язку із цим ідеалізацію конструкції виконано у формі, пристосованій до використання цього методу, а саме: систему подано у вигляді набору тіл стандартного типу (стрижнів, пластин, оболонок), названих скінченними елементами й приєднаних до вузлів.

Тип скінченного елемента визначається його геометричною формою, залежностями між переміщеннями вузлів скінченного елемента й вузлів системи, фізичним законом, який визначає залежність між внутрішніми зусиллями й внутрішніми переміщеннями, і набором параметрів (жорсткостей), що входять в опис цього закону.

Вузол у розрахунковій схемі методу переміщень подано у вигляді абсолютно твердого тіла нескінченно малих розмірів. Положення вузла в просторі при деформаціях системи визначається координатами центра й кутами повороту трьох осей, жорстко пов'язаних з вузлом. Вузол подано як об'єкт, що має шість степенів вільності: три лінійні переміщення й три кути повороту.

Основну систему методу переміщень вибирають шляхом накладення в кожному вузлі всіх в'язей, що забороняють будь-які вузлові переміщення. Умови рівності нулю зусиль у цих зв'язках являють собою розв'язні рівняння рівноваги, а переміщення зазначених зв'язків – основні невідомі методу переміщень.

Для стрижневих елементів можлива наявність таких зусиль (рис. 1).

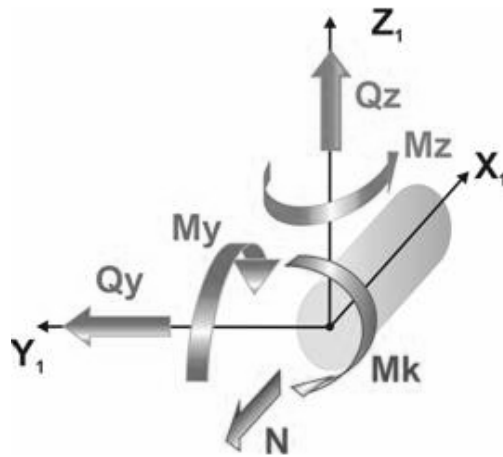


Рис . 1. Зусилля в перерізі стрижня

Для дослідження характеру роботи структурно-вантових конструкцій було змодельовано та розраховано оболонку двоякої кривизни (рис. 2), яка складається із семи аркових конструкцій, кожна з яких зібрана із семи окремих елементів – «кристалів». Оболонка обпирається шарнірно на чотири точки, це дає змогу змодельовати вільне спирання й уникнути концентрації напружень у крайніх точках.

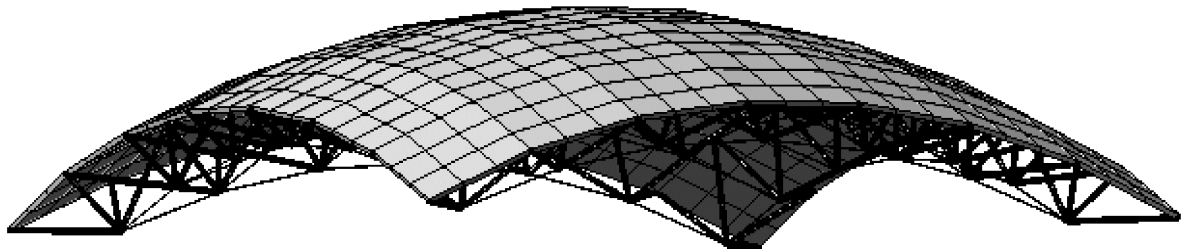


Рис. 2. Розрахункова схема структурно-вантової оболонки

Ванти розташовано по нижньому розтягнутому поясу і закріплено у кожному вузлі зі стрижнями решітки та виконують стримуючу функцію. Така схема фіксування вантів надає значної жорсткості конструкції.

Розрахунок оболонки виконано на одиничне навантаження у вузлах нижнього пояса (рис. 3). Для забезпечення виникнення у стрижневих елементах тільки зусиль стиску або розтягу вузли нижнього пояса змодельовано шарнірами.

Поєднання елементів покриття верхнього пояса змодельовано шарнірами з розшиванням вузлів (рис. 4). При моделюванні плит було використано плоску чотирикутну пластину з відповідною жорсткістю.

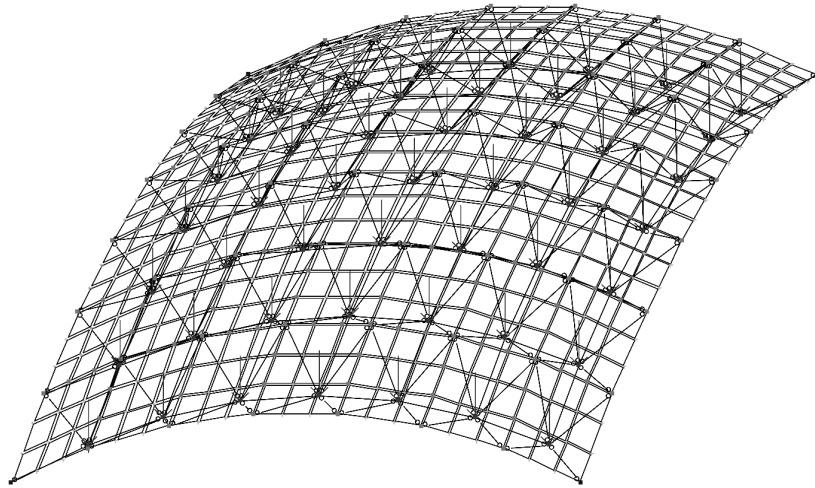


Рис. 3. Схема завантаження оболонки у вузлах нижнього пояса

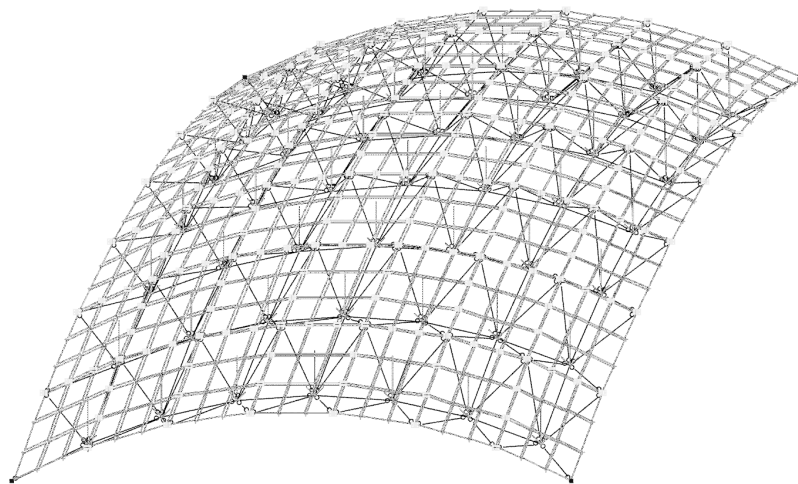


Рис. 4. Схема розшивання вузлів елементів верхнього пояса

Решітку оболонки задано стрижневими скінченними елементами, на кінцях яких є шарніри, що дозволяють кути повороту навколо UY та UZ у локальних системах координат. Такі граничні умови моделюють ідеальні умови роботи стиску і розтягу стрижнів структури.

Розрахунок структурно-вантових конструкцій за допомогою чисельного методу виконується методом уточнення до необхідного перерізу елементів на задане навантаження.

Нижній пояс змодельовано стрижневими скінченними елементами, які працюють на розтяг та розкріплені у кожному вузлі з'єднання зі стрижнями решітки. За допомогою такої схеми фіксації вантів є можливість зміни поперечного перерізу залежно від сприйнятого зусилля.

Від заданого навантаження опори оболонки зміщуються за рахунок зменшення висоти покриття (рис. 5). Наведена деформована схема свідчить про правильну роботу оболонки двоякої кривизни і є типовою для такого типу конструкцій.

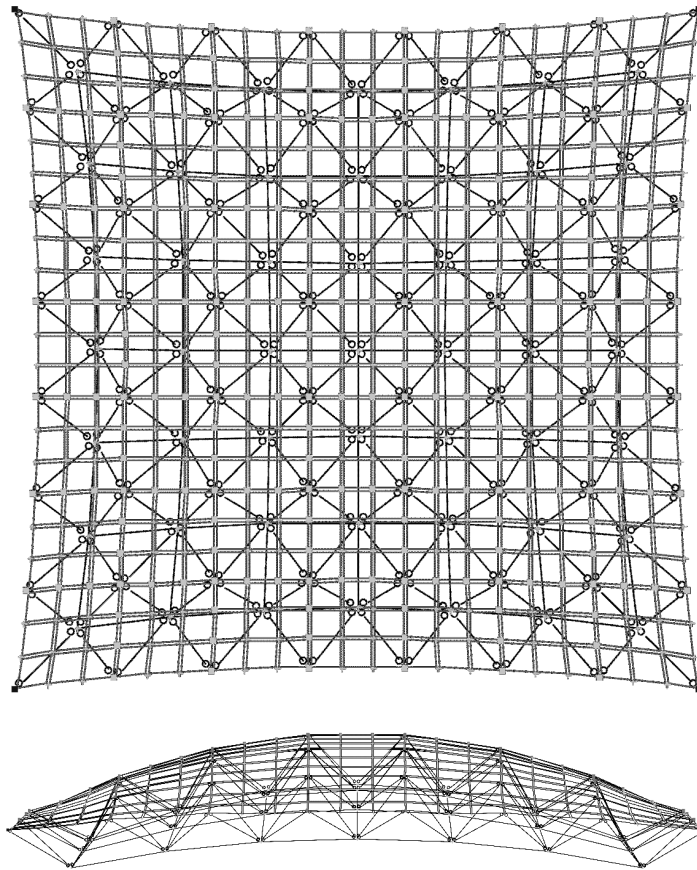


Рис. 5. Деформована схема оболонки

У випадку, коли вант не фіксувати жорстко у кожному вузлі, а просто пропустити його, то отримаємо одне зусилля по всій довжині, що у свою чергу перевантажить крайні вузли кріплення.

За рахунок того, що верхній пояс покриття складається з окремих шарнірно з'єднаних елементів, значення згинальних моментів мають малий порядок.

У плитах верхнього пояса виникають переважно напруження від стискання за рахунок зміщення шарнірно рухомої опори і розкриття конструкції (рис. 6). Найбільш напруженими є елементи середньої частини, оскільки вони зазнають найбільшого впливу з боку сусідніх елементів.

Концентрацію напружень у крайніх елементах зумовлено зусиллями розтягу через розходження опорних точок. У такому випадку необхідно забезпечити міцність вузлових з'єднань верхнього пояса на розтяг. Такі вузли найпростіше виконувати на болтах та металевих пластинах.

Дотичні напруження набувають своїх екстремальних значень у приопорних зонах (рис. 7).

Переміщення елементів покриття по осі Z зумовлено спробою покриття під навантаженням збільшити свої розміри у плані й при цьому змістити опори (рис. 8). Оскільки розрахунок виконано у пружній стадії, то значення переміщень мають незначний порядок.

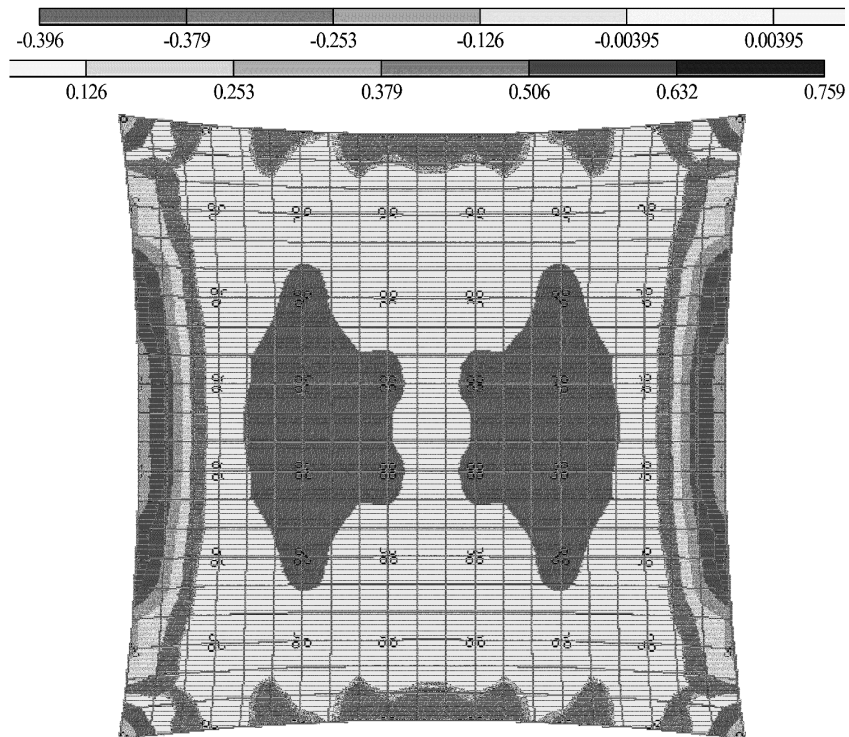


Рис. 6. Ізополя напружень N_u , МПа

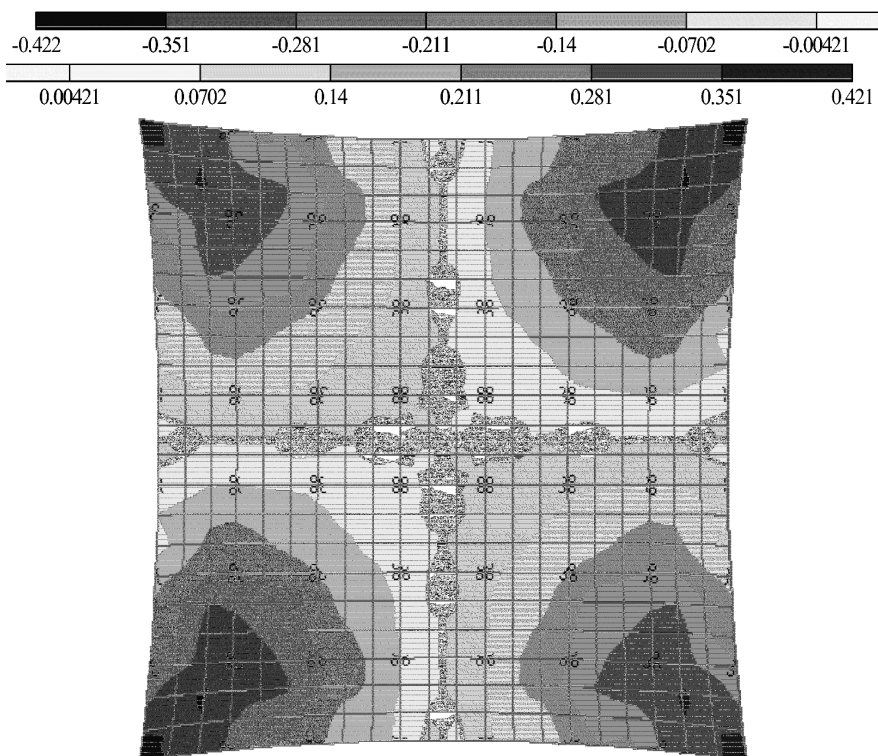


Рис. 7. Ізополя напружень T_{xy} , МПа

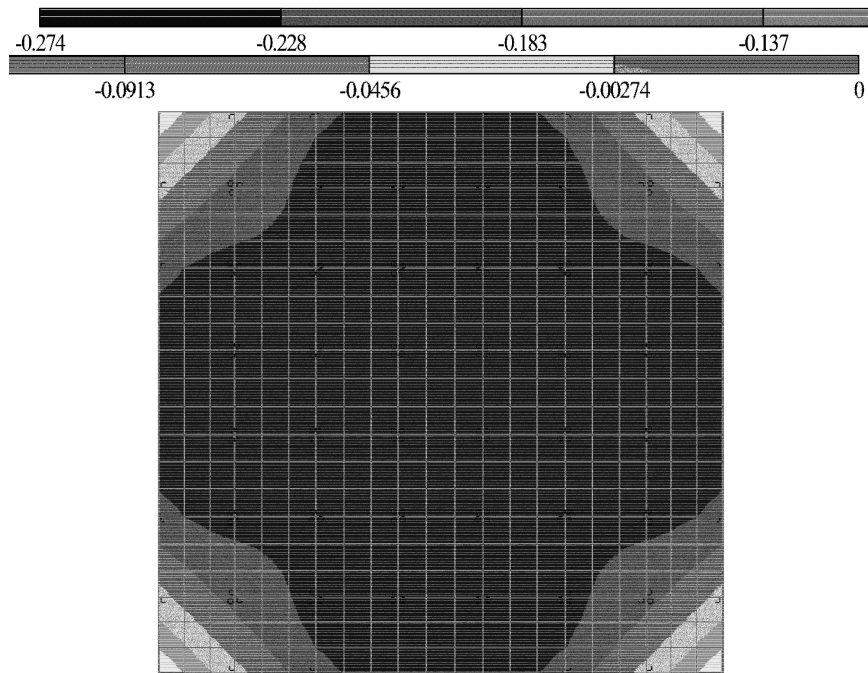


Рис. 8. Вертикальні переміщення Z , мм

Висновки. Структурно-вантові покриття мають складний характер роботи, і тому при моделюванні важливо відтворювати дійсні умови вузлових з'єднань. При рівномірному навантаженні покриття поводить себе стабільно і має передбачувану схему деформування. На основі проведеного моделювання та розрахунків оболонки двоякої кривизни можна скласти повне уявлення про роботу зазначених конструкцій та їх переваги.

Література

1. Дослідження і проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій: монографія / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник, Г.М. Гасій, С.О. Мурза. – Полтава: АСМІ, 2008. – 262 с.
2. Пат. на корисну модель 59293 Україна, МПК E04B 1/04. Структурно-вантова сталезалізобетонна аркова конструкція / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; патентовласник ПолтНТУ. – №u201012539; опубл. 10.05.2011, Бюл. №9.
3. Пат. 70340 Україна, МПК E04B 1/04. Полегиена структурна сталезалізобетонна положиста оболонка / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій; патентовласник ПолтНТУ. – №u201112978; опубл. 11.06.2012, Бюл. №11.
4. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИ строительных конструкций им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1984. – 303 с.
5. Стороженко Л.І. Структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій, С.А. Гапченко // Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць ДП ДНДІБК. – Вип. 78, кн. 2. – Київ: ДП НДІБК, 2013. – С. 195 – 200.
6. Johnson, R.P. Composite structures of steel and concrete - beams, slabs, columns, and frames for buildings. – Blackwell Publishing: Wiley-Blackwell, 2004. – 248 p.

Надійшла до редакції 23.09.2013

© С.А. Гапченко