МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

Галанов Сергій Борисович

УДК 624. 012. 27

ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ СКЛАДЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА СПОРУД З НИХ

Спеціальність 05.23.01 - Будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

КИЇВ 1994

Дисертація є рукописом.

Робота виконана в ВАТ "Укрндіпроектстальконструкція" та Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент О.О.НІЛОВ

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор А.С.Дехтяр

кандитат технічних наук, ст.н.сп. В.В.Волков

Провідна організація: Науково-виробниче об'єднання "Укрстальконструкція"

Захист дисертації відбудеться "13" січня 1995 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої ради К 068.05.04 Київського державного технічного університету будівництва і архітектури за адресою: 252037, м.Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці університету.

Автореферат розіслано "5" грудня 1994 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
кандидат технічних наук М.Г.Кушніренко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Металеві конструкції, елементи яких поєднують несучі і огороджуючі функції, відрізняються від інших конструкцій своєю легкістю та економічністю. При цьому, чим більше в конструкції використовується таких елементів, тим вища її економічна ефективність. Ця обставина привела до появи безкаркасних складчастих споруд (БСС), конструкції яких повністю поєднують несучі і огороджуючі функції та мають внаслідок цього особливу легкість та економічність. Прагнення максимально раціональним способом використати матеріал в несучих та огороджуючих цілях привело до утворення різних конструктивних форм БСС. Багатство цих форм, яке постійно поповнюється, є наслідком пошуку оптимальних рішень, що свідчить про складність та актуальність проблеми оптимізації БСС.

Мета роботи полягає в розробці методики розрахунку тонкостінних складчастих профілів та створенні на її основі алгоритмів і комплексу програм, які дозволяють розв'язати проблему оптимізації БСС полігонального окреслення з лоткообразних елементів, а також для будь-яких інших конструкцій, що використовують елементи цього типу.

Наукова новизна роботи полягає в розробці методики розрахунку тонкостінних складчастих профілів, які працюють у закритичній стадії при одночасній дії трьох силових факторів: згинаючого моменту, подовжної та поперечної сил, а також в створенні на її основі ефективних алгоритмів та комплексу програм для розв'язку двох задач оптимізації: пошук оптимальних параметрів лоткообразних складчастих профілів та визначення оптимальної форми поперечника БСС полігонального окреслення.

Практична цінність роботи полягає в створенні комплексу програм, які дозволяють виконати оптимальне проектування конструкцій з лоткообразних елементів при різноманітних обмежуючих умовах (конструктивних, технологічних, функціонального призначення). Розроблений комплекс може використовуватися в наукових дослідженнях.

Автором виноситься на захист:

- методика розрахунку тонкостінних складчастих профілів, які працюють у закритичній стадії при одночасній дії трьох силових факторів: згинаючого моменту, подовжної та поперечної сил;

- алгоритм та програма для визначення оптимальних параметрів лоткообразних складчастих профілів;

- алгоритм та програма для визначення оптимальних параметрів поперечника БСС полігонального окреслення.

Впровадження результатів. Результати роботи були впроваджені:

- у проекті інституту "Укрндіпроектстальконструкція" "Ангар для літака Іл - 114" /шифр 19273 КМ/;

- у проекті МП "Експресс" "Безкаркасні складчаті будинки з уніфікованих елементів прольотами 12, 15.4 и 18 м" /шифр Э - 16539 КМ/;

- у проекті інституту "Укрндіпроектстальконструкція" "Металоконструкції експериментального складчастого ангару для літаків Ту - 204" /шифр 18585 КМ/.

Публікації. Результати досліджень подані в роботі [1]. Конструктивне рішення листової діафрагми жорсткості відповідає вимогам патентоздатності [2].

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались на 54-й і 55-й науково-практичних конференціях КДТУБА 1993, 1994 рр.

Обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, трьох глав, висновків, списку літератури з 74-х найменувань та двох додатків. Робота викладена на 144 сторінках машинописного тексту і містить 17 рисунків та 5 таблиць.

Особистим внеском автора є наукові результати, що виносяться на захист.

ГОЛОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовується актуальність проблеми оптимізації БСС, сформульована мета дисертації та основні напрямки досліджень.

БСС мають великі економічні можливості і тому широко використовуються у народному господарстві. Але в нинішній час їх можливості в значній мірі не реалізовані. Пояснюється це, перш за все, недостатнім розвитком теоретичних засад оптимизації конструкцій БСС і відсутністю відповідного програмного забезпечення проектних робіт. Існує порівняно невелика кількість робіт відносно досліджень напружено-деформованого стану БСС і, зокрема, проблеми їх оптимізації. Найбільшу цікавість викликають теоретичні та експериментальні дослідження складчастих конструкцій, що виконані Трофімовым В.І., Жидковим В.Д., Пріцкером А.Я., Фрідманом М.С., і які визначили концентрацію напружень в ребрах складчастих елементів.

Для повного опису дослідної складчастої системи необхідно мати велику кількість параметрів. При цьому кожна конструктивна форма вимагає свій тип та кількість параметрів, а також дотримування цілого ряду вимог технологічного, конструктивного та функціонального характеру. Внаслідок цього задача оптимізації зводиться до важкої проблеми із значною кількістю невідомих (параметрів), яка повинна формулюватися для кожної конкретної конструктивної форми.

Крім цього, проблема ускладнюється ще й труднощами, які виникають при оцінці несучої здатності тонкостінних складчастих елементів у закритичній стадії (тобто після втрати ними місцевої стійкості) при одночасній дії трьох силових факторів: згину (M), стиснення (N) та зсуву (Q). Закритичну поведінку таких елементів (їх напружено-деформований стан у цій стадії) важко представити в аналітичному вигляді, а застосування методів чисельного аналізу (які вимогають великих витрат комп'ютерного часу на розв'язання цієї важкої нелінійної задачі) стає неможливим, внаслідок складності та тривалості обчислювальних процесів, які пов'язані з особливостями розв'язання задач оптимізації. Більш того, складчасті конструкції зазнають, як правило, багато навантажень. Це викликає необхідність аналізувати велику кількість можливих варіантів комбінацій навантажень, і пошук найбільш несприятливої серед них комбінації стає дуже проблематичним. До того ж, несуча здатність складчастого елементу може залежати від цілого ряду випадкових і невизначених факторів, наприклад, від початкового погибу. Тому

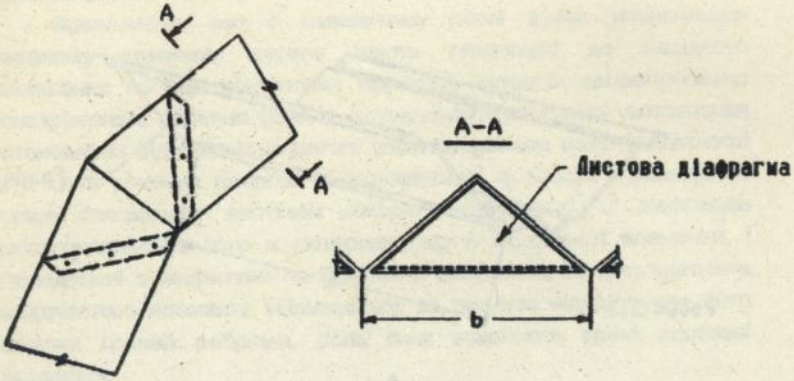
методика оцінки несучої здатності тонкостінних складчастих елементів повинна спиратися на теоретичні (за допомогою числельних методів) та експериментальні дослідження.

У першому розділі подано короткий огляд існуючих складчастих систем та їх елементів, розглянуто основні напрямки розвитку і досягнення в цій галузі. Особливе значення приділяється БСС з лоткообразних елементів, як найбільш розповсюдженим і перспективним складчастим системам. Проводиться детальний аналіз конструктивних особливостей цих систем, вивчається їх закритична поведінка і подається класифікація конструкцій у відповідності з видами їх напружено-деформованого стану.

Головна мета цього розділу - виявити вимоги (конструктивного, технологічного та функціонального характеру), які пред'являють до БСС з лоткообразних елементів, а також визначити і проаналізувати критерій оптимальності. Вони будуть враховуватись далі при формулюванні цільової функції та системи обмежень в задачах оптимізації БСС.

Аналіз конструктивних форм складчастих систем, які збираються з лоткообразних елементів, показує, що їх развиток йде шляхом ускладнення конструктивної форми елементів, тобто шляхом збільшення витрат на їх виготовлення з метою одержання максимальної економії матеріалу, яка покриває ці витрати. Тому основним критерієм оптимальності слід вважати матеріалоємкість конструкції, а її зниження повинно складати основу задачі оптимізації БСС. При цьому вказується, що одна з основних перешкод на шляху досягнення цієї мети з'являється при конструктивному вирішенні вузлів з'єднання складчастих елементів між собою, котре сильно ускладнює конструкцію у випадку застосування профілів складної форми. Найбільш вдале рішення цієї проблеми одержано в ряді країн з високорозвиненою технологією (США,Франція), де використовуються повздовжно криволінійні складчасті елементи.

При дослідженні статичних властивостей поперечників БСС полігонального окреслення в місцях перелому їх осі спостерігається концентрація зусиль, яка має яскравий вияв у спорудах з 4-6 елементів, коли кут між суміжними елементами складає 120-160 градусів. Така концентрація зусиль приводить до необхідності



Листова діафрагма

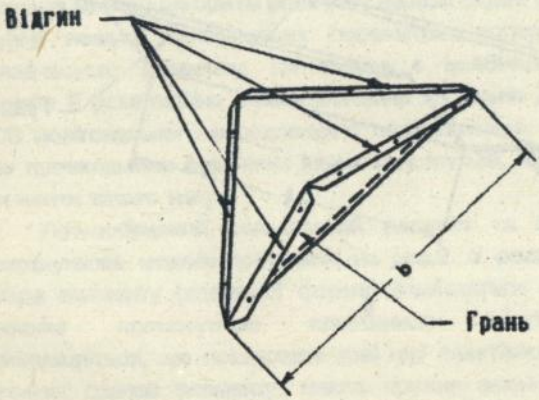
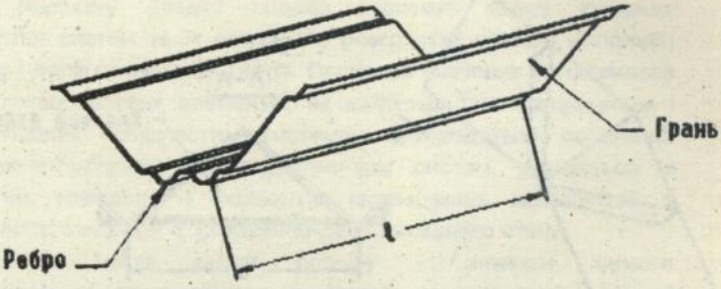
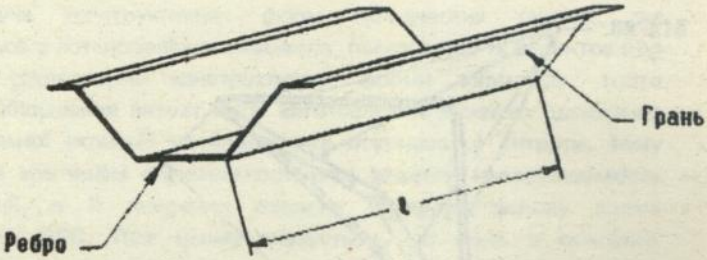


Рис.1.
Листова діафрагма жорсткості



а



б

Рис.2.
а - складчастий елемент;
б - розрахункова модель.

збільшення товщини складчастих елементів, що виявляється нераціональним і знижує ефективність БСС.

Враховуючи, що в невеликому околі вузла позначеного перелому величини зусиль мають тенденцію до швидкого зменшення по мірі віддалення від його, автором запропоновано конструктивне рішення (рис.1) (у результаті патентної експертизи встановлено відповідність даного рішення умовам патентоздатності [2]). Суть рішення полягає в розташуванні в місцях концентрації зусиль спеціальних листових діафрагм жорсткості. Ці діафрагми виготовляються з того ж матеріалу, що й складчасті елементи, і з'єднуються з покриттям на болтах. У результаті, несуча здатність складчастого елементу збільшується за рахунок підкріплення його похилих граней ребрами, роль яких вуконують грані листової діафрагми.

У другому розділі, на основі попередніх досліджень, запропонована узагальнена розрахункова модель лоткообразного складчастого елементу, розроблена методика його розрахунку, описано метод і алгоритм розв'язку першої задачі оптимізації, тобто задачі пошуку оптимальних параметрів поперечного перерізу складчастого елементу. Ця задача є найбільш універсальною. Засоби її розв'язання мають значення не тільки для проектування БСС полігонального окреслення з лоткообразних елементів, але й для проектування будь-яких інших конструкцій, які використовують елементи такого типу.

Лоткообразний складчастий елемент та його узагальнена розрахункова модель зображені на рис.2. У розрахунковій моделі ребра елементу (довільної форми) заміняються еквівалентною за площею прямокутною пластинкою постійної товщини. Припускається, що повздовжні краї цієї пластинки також, як і краї похилих граней елементу, мають пружнє закріплення (далі, для визначеності, розглядається тільки шарнірне опирання), а сам елемент є достатньо довгим, тобто $\chi \geq 4$, де χ - відношення довжини елементу до ширини його грані.

Така розрахункова модель значно зменшує кількість параметрів оптимізації і визначає сім головних геометричних параметрів поперечного перерізу елементу:

t - товщина грані;

α- кут нахилу грані;

ψ - тонкостінність грані;

υ - відношення сумарної ширини ребер до ширини складки;

ε - відношення ширини ребра до сумарної ширини ребер;

ξ - відношення площі усіх ребер до площі складки;

η - відношення площі ребра до загальної площі ребер.

У цій роботі для оцінки несучої здатності складчастого елементу використовується методика, в основу якої покладена ідея, що аналогічна ідеї введення поверхні плинності в теоріях пластичності. Суть цієї методики полягає в наступному.

Введемо зусилля M, N, Q, як змінні, та розглянемо тривимірний простір зусиль W з декартовою прямокутною системою координат $OMNQ$. Тоді кожній і-й комбінації зусиль у цьому просторі буде відповідати певна точка $K_i(M_i, N_i, Q_i)$, для якої існує безмежна кількість можливих траєкторій навантаження.

Через те, що граничну несучу здатність складчастого елементу при одночасній дії усіх трьох силових факторів (M, N, Q) неможливо визначити скінченною кількістю точок $K_i \in W$, скористаємося для її опису функціональним зображенням.

Будемо вважати, що існує деяка функція U, яка описує граничну несучу здатність складчастого елементу і яка залежіть не тільки від зусиль M, N, Q, але й від історії навантаження. Тобто в просторі зусиль W існує поверхня руйнування U, аналітичне рівняння якої подамо в вигляді $U(M, N, Q, \kappa)=1$, де κ - параметри, які визначають історію навантаження. Поверхня U поділяє простір зусиль на дві області: $U<1$ - область несучої здатності та $U \geq 1$ - область руйнування.

У результаті досліджень, які виконані в цій роботі, виявлені дві основні властивості поверхні руйнування: незалежність від історії навантаження та опуклість.

Внаслідок опуклості поверхні руйнування, сліди, які вона залишає на координатних площинах OMN, OMQ, ONQ є опуклими кривими (всього існує 3 таких сліди). Якщо мати аналітичні зображення для цих кривих і використати властивість опуклості поверхні U, то можна утворити деяку поверхню $\tilde{U}$, наближену до поверхні U. За поверхню $\tilde{U}$ надалі приймається поверхня опуклої

оболонки тіла, що утворене шляхом об'єднання шести опуклих тіл. Кожне тіло є конус з вершиною на координатній осі в точці, яка відповідає граничному стану при відокремленій дії зусиль, і напрямної, що описується одним з відповідних рівнянь слідів.

На основі викладених міркувань, для практичних розрахунків у роботі пропонується наступна апроксимація поверхні руйнування, згідно з якою область несучої здатності визначається нерівністю:

$$\left[\frac{M}{(1-N/N_u)M_u}\right]^4+\left[\frac{Q}{(1-N/N_u)Q_u}\right]^4<1, \qquad (1)$$

де $$N_u = R_y A_u = R_y\left\{A_f^{(1)} + A_f^{(2)} + 2\,\varphi_n A_w\right\}; \quad \varphi_n = \frac{2.3}{\bar{\lambda}_w};$$

$$M_u = R_y W_u = R_y h\left[\frac{A_f^{(1)} + \mu\, A_f^{(2)}}{1+\mu} + 2\,\varphi_m \frac{A_w}{6}\right]$$

$$\varphi_m = \frac{5.1}{\bar{\lambda}_w}\left(1-\frac{1}{\bar{\lambda}_w}\right); \quad \bar{\lambda}_w = \frac{b_w}{t}\sqrt{\frac{R_y}{E}}; \quad \mu = \frac{A_f^{(1)} + A_w}{A_f^{(2)} + A_w};$$

$$Q_u = 2\,\tau_{kp} h t; \quad \tau_{kp} = 5.34\frac{\pi^2 D}{b_w^2 t};$$

h - відстань між осями ребер (еквівалентних пластин); A_f - площа ребра; A_W - площа грані; t - товщина грані; b_W - ширина грані; D - циліндрична жорсткість грані; $\bar{\lambda}_w$ - умовна гнучкість грані; R_y - розрахунковий опір матеріалу розтягу, стисненню по границі плинності; E - модуль пружності матеріалу; τ_{kp} - критичне напруження зсуву; φ_n, φ_m - редукційні коефіцієнти грані при стисненні та згині відповідно.

Для несиметричних перерізів (при $A_f^{(1)} \neq A_f^{(2)}$) значення зусилля N у формулі (1) слід брати з урахуванням додавання dN, що визначається згідно з формулою $dN = \sigma_m\left(A_{f_{max}} - A_{f_{min}}\right)$, де $\sigma_m = M/W_u$. При цьому зусилля dN вважається розтягненням, якщо у результаті згину елементу стиснено найбільш розвинуте (по площі) ребро, та стисненням - в іншому випадку.

Наведенні вище міркування грунтуються на стійкій роботі ребер, тобто коли напруга стиснення в них не перевищує критичних значень:

$$\sigma < \sigma_{kp}, \qquad (2)$$

де $$\sigma = \frac{N}{\tilde{A}_U} + \frac{M}{\tilde{W}_U}; \quad \sigma_{kp} = 4\frac{\pi^2 D}{(\nu b_f)^2 t_f}; \quad \nu = \frac{\varphi_n}{\tilde{\varphi}_n};$$

t_f, b_f - товщина і ширина еквівалентної пластинки ребра; φ_n, $\tilde{\varphi}_n$ - редукційні коефіцієнти відповідно для еквівалентної пластинки та гофрованого ребра при стисненні; ν - коефіцієнт зведеної ширини ребра; $\tilde{A}_U$, $\tilde{W}_U$ - площа та момент опору редукованого перерізу; D - циліндрична жорсткість еквівалентної пластинки ребра.

Описана методика оцінки несучої здатності тонкостінного складчастого профілю не вимагає складних обчислювальних процесів, що дозволяє розробити реалізуємі та ефективні алгоритми розв'язання задач оптимізації.

Через те, що складчасті елементи поєднують несучі та огороджуючі функції, зусилля (M, N і Q), які діють у поперечному перерізі елементу, розглядаються як функції геометричних та вантажних параметрів:

$$G = f(g_1, \ldots, g_n, t, \alpha, \psi, \vartheta, \varepsilon, \xi, \eta) \tag{3}$$

Тут G - зусилля M, N або Q, а g_i - вантажні параметри, які визначаються статичними характеристиками розрахункової схеми поперечника споруди і формою епюри навантаження. При розв'язанні першої задачі оптимізації, яка розглядається в цьому розділі, значення вантажних параметрів приймаються сталими. Кожному типу навантаженя відповідає своя, певна, функция зусиль (3), а разрахункові зусилля визначаються у вигляді суми функцій, що відповідають навантаженням, які складають розрахункову комбінацію.

За цільову функцію приймається витрата матеріалу складчастого елементу, яка припадає на одиницю перекриваної ним площі.

Таким чином, розв'язання задачі по визначенню оптимальних параметрів лоткообразних складчастих профілів зводиться до пошуку мінімуму цільової функції (втрат матеріалу) за умовами виконання вимог несучої здатності, технологічності і т.п., які у сукупності утворюють систему обмежень. Обов'язковою частиною цієї системи є умови несучої здатності (1) і (2), які зображаються у вигляді нерівностей. Решта обмежень (конструктивно-технологічного

характеру) визначається в залежності від конкретних умов виробництва, функціонального призначення і т.п..

Внаслідок нелінійності цільової функції та функцій, які утворюють систему обмежень, ця задача оптимізації становить загальну задачу нелінійного програмування. Для її розв'язку в дисертації пропонується метод штрафних функцій. При цьому для спуску до мінімуму використовується метод градієнта з уточненням напрямку градієнта на кожному кроці спуску. Якщо при спуску градієнт дорівнює нулю в якийсь точці, то виконується дослідження цільової функції в околі цієї точки методом випадкового пошуку.

Цей алгоритм реалізовано у програмі "Профіль" і дозволяє здобути значення оптимальних параметрів складчастих профілів при великій кількості різноманітних обмежуючих умов конструктивно-технологічного характеру.

Наприкінці розділу надається приклад розв'язку першої задачі оптимізації для відомої конструкції БСС, який наочно показує ефективність розробленого алгоритму. У результаті її розв'язку здобута економія сталі 21%.

У третьому розділі описуються методи та алгоритми розв'язання другої задачі оптимізації: пошук оптимальних геометричних параметрів поперечника БСС полігонального окреслення, тобто таких параметрів, які мінімізують матеріалоємкість споруди уцілому. При аналізі цієї задачі докладно розглядаються проблеми, які викликані особливостями конструктивних рішень БСС полігонального окреслення і пов'язанних з ними обмеженнями, а також особливостями дії навантажень та визначення розрахункових комбінацій зусиль.

З конструктивно-технологічної точки зору необхідно, щоб форма поперечника БСС відповідала визначеним вимогам, тобто вона не може бути довільною. Тому при пошуку оптимальних геометричних параметрів поперечників таких споруд необхідно враховувати існуючі принципи їх формоутворення.

На практиці одержали розповсюдження два принципи формоутворення (уніфікації). У основу цих принципів покладено умову однотипності вузлів з'єднання складчастих елементів між собою в поперечному напрямку, здійснення якої досягається завдяки рівності кутів між суміжними елементами. У результаті

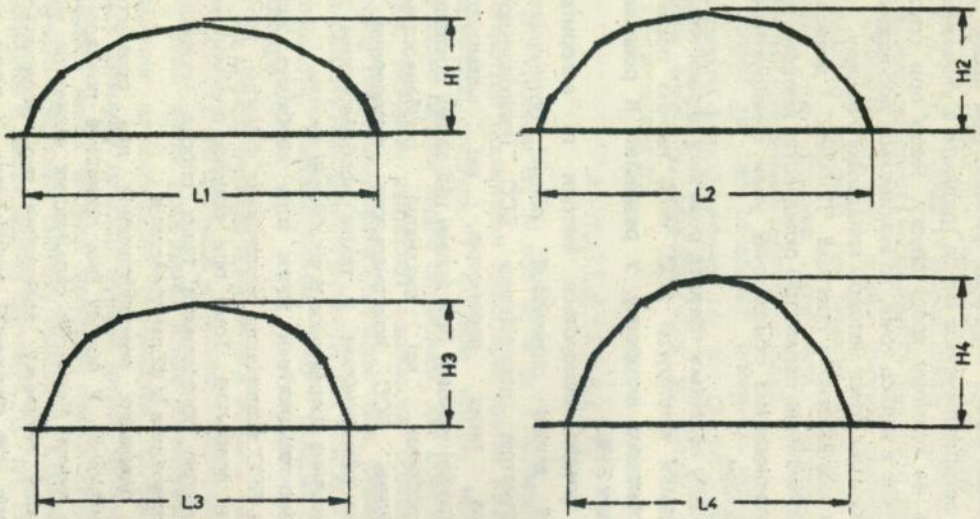


Рис.3.
Споруди різної конфігурації

з'являється можливість утворення однотипних елементів, що дозволяє автоматизувати процес їх виготовлення, спростити збирання і монтаж, і, відповідно, знизити ці витрати.

Перший принцип формоутворення передбачає застосування складчастих панелей одного типорозміру, які з'єднуються між собою під одним кутом. Проте, дотримуючись цього принципу, можна утворити лише поперечник, у якого вузли стиків елементів будуть розміщені тільки на колі, чим значно обмежується вибір форми поперечника споруди.

Другий принцип, який використовує елементи всього двох типорозмірів, дозволяє утворювати поперечники споруд практично будь-якого окреслення шляхом переставлення елементів місцями. Схеми поперечників споруд, що утворюються за цим принципом, зображені на рис.3. Згідно з цим принципом, для визначення геометричних параметрів поперечника споруди (тобто координат його вузлів) необхідно задати п'ять базових параметрів: m, n, l_a, $l_б$, і β, де m, n - кількість елементів довжиною l_a та $l_б$ відповідно, а β - кут між суміжними елементами. Кожному набору значень цих параметрів відповідає C^n_{m+n} варіантів споруд різних конфігурацій.

При розв'язанні другої задачі оптимізації необхідно враховувати, що величини та вид епюр навантажень на споруду (сніг, вітер) визначаються формою поперечника споруди, його розмірами. Через те, що реально на споруду може діяти одночасно декілька навантажень різних видів, при визначенні розрахункових зусиль необхідно розглядати найбільш несприятливі їх сполучення. Крім того, треба взяти до уваги, що зусилля є також функціями геометричних параметрів поперечного перерізу складчастого елементу. Це означає, що розрахункові перерізи та відповідні комбінації зусиль будуть залежати не тільки від форми споруди, але й від форми самого складчастого профілю. У відповідності з цим, при визначенні розрахункових комбінацій зусиль слід користуватися критерієм несучої здатності (1), який сформульовано в другому розділі.

Зміни поперечника споруди, тобто координат вузлів перелому його осі (X_i, Y_i), зводять до змінення статичних характеристик його розрахункової схеми і відповідно до зусиль у його елементах. У розділі 2, при визначенні функцій зусиль, вантажні параметри

передбачались сталими. Але тут вони розглядаються як функції геометричних параметрів поперечника споруди:

$$g_i = \varphi\left(X_1,\ldots,X_k,Y_1,\ldots,Y_k\right). \qquad (4)$$

Якщо підставити цей вираз у (3), одержимо функцію зусиль, як функцію геометричних параметрів поперечника споруди і поперечного перерізу його складчастих елементів:

$$G = f\left(X_1,\ldots,X_k,Y_1,\ldots,Y_k,t,\alpha,\psi,\vartheta,\varepsilon,\xi,\eta\right) \qquad (5)$$

Для статично невизначених систем представити цю функцію в явному вигляді не можна, в зв'язку зі складністю функції (4). Ця функція враховує не тільки зміну статичних характеристик розрахункової схеми поперечника споруди, але й вид вантажних епюр для вітру та снігу в залежності від форми споруди і її геометричних параметрів.

За цільову функцію тут приймається матеріалоємкість споруди, а система обмежень формується на основі системи, яка розглянута в другому розділі і для якої (у відповідності з (5)) переглядається перша (обов'язкова) частина, тобто умови несучої здатності (1) та (2). Ці умови розглядаються тепер як функції геометричних параметрів поперечника споруди і складчастого елементу. Друга (конструктивно-технологічна) частина цієї системи обмежень доповнюється умовами конструктивного характеру відносно поперечника споруди, що стосуються принципів його формоутворення, функціонального призначення і т.п.

У підсумку, задача по визначенню оптимальних геометричних параметрів поперечника БСС зводиться до пошуку такого варіанту його поперечника, для якого цільова функція (материілоємкість) набуває мінімального значення з урахуванням вимог вказаної системи обмежень. При цьому пошук мінімуму відбувається вже не в 7-ми вимірному просторі, як це було зроблено при оптимізації поперечного перерізу складчастого елементу, а в (7+2k)-вимірному, де k - кількість елементів поперечника споруди.

Особливість цієї задачі полягає в тому, що цільова функція має дискретний характер відносно геометричних параметрів поперечника споруди. Тому алгоритм її розв'язання збудовано на

сполученні двох методів: методу перебору варіантів та методу штрафних функцій. Цей алгоритм передбачає багаторазове розв'язання першої задачі оптимізації за рахунок кожного варіанту поперечника споруди. Він реалізується наступним методом.

Після утворення і вибору визначеної кількості варіантів поперечників споруди, згідно з вимогами системи обмежень, для кожного з них визначаються форми епюр для снігового та вітрового навантажень, разрахункові перерізи і відповідні комбінації зусиль, а потім розв'язується перша задача оптимізації (пошук оптимальних параметрів поперечного перерізу складчастого профілю). При цьому на кожному кроці розв'язання задачі провадиться перевірочний розрахунок на збіжність розрахункових комбінацій. Серед отриманних розв'язків обирається те, для якого значення цільової функції (матеріалоємкості споруди) має найменше значення.

Цей алгоритм реалізовано за допомогою програмного комплексу, який розроблено автором і який складається з двох програм: "Профіль" і "Варіант".

ВИСНОВКИ

1. Здійснений аналіз конструкцій складчастих систем виявив, що найбільш економічними і перспективними є безкаркасні складчасті споруди, які збираються з лоткообразних елементів і для яких основним показником якості конструктивного рішення слід вважати матеріалоємкість.

2. Виявлено, що недоліком БСС полігонального окреслення є концентрація зусиль в місцях перелому осі поперечника споруди, яка знижує їх ефективність. Для усунення цього недоліку запропоновано використовувати листові діафрагми жорсткості, конструкція яких відповідає вимогам патентоздатності [2].

3. Розроблена методика оцінки несучої здатності тонкостінного складчастого профілю в закритичній стадії при одночасній дії на нього трьох силових факторів: згину, стиснення (розтягу) та зсуву.

4. На основі запропонованої оцінки несучої здатності складчастого профілю та методу штрафних функцій із елементами

випадкового пошуку розроблено методику та ефективний алгоритм для визначення оптимальних параметрів поперечного перерізу лоткообразних складчастих профілів.

5. Для визначення оптимальних геометричних схем поперечників БСС полігонального окреслення розроблено методику та алгоритм, які базуються на сполученні методів перебору (в зв'язку із дискретністю цільової функції) та штрафних функцій (для оптимізації складчастих профілів).

6. Створено комплекс програм, який дозволяє виконувати оптимальне проектування складчастих систем з лоткообразних елементів із урахуванням великої кількості обмежуючих умов конструктивно-технологічного характеру. Передбачається, що конструкції, які утворені за допомогою цього комплексу, матимуть у середньому на 15-20% меншу матеріалоємкість, ніж існуючі конструкції.

Основні результати дисертації опубліковано в роботах:

1. Холькин В.В., Галанов С.Б. Бескаркасные складчатые здания // Промышленное строительство и инженерные сооружения. - 1992. - No 1. - С.17-23.

2. Галанов С.Б., Складчатое покрытие. Положительное решение от 10.09.1993 г. о выдаче патента по заявке No 5034812/33 (007336) от 17.02.1992.

Галанов С.Б. Оптимальные параметры складчатых элементов и зданий из них. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 5.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения: рукопись. Киевский государственный технический университет строительства и архитектуры, Киев, 1994.

Разработана методика расчета тонкостенных складчатых профилей, работающих одновременно на изгиб, сжатие (растяжение) и сдвиг в закритической стадии. На ее основе созданы эффективные методы, алгоритмы и компьютерные программы решения двух задач оптимизации: параметров лоткообразных складчатых профилей и бескаркасных складчатых зданий, собираемых из них.

Ключові слова: тонкостінний складчастий елемент, безкаркасні складчасті споруди, закритична стадія, оптимальні параметри.

Galanov S.B. Optimal Parameters of Hipped Plate Elements and Buildings of Them. Candidate of thechnical sciences thesis in speciality 5.23.01 - structural constractions, buildings and structures: manuscript. Kiev State Technical University of Civil Engineering and Architecture, Kiev, 1994

The design technique of the light-gauge hipped plate shapes was developed which are in bending, compression (tension) and shear simultaneously and work in postcritical stage. On its basis the effective methods, algorithms and computer programs was developed for solving of two optimization problems: the parameters of the chute hipped plate shapes and frameless hipped plate buildings which are assembled of them.

Підп. до друку 21.11.94. Формат 60x84 1/16.
Папір офсетний №2. Спосіб друку офсетний.
Умов. друк. арк. 10. Умов. фарбо-відб. 10.
Обл.-вид.арк. 10. Тираж 100. Зам. № 40-1994.

УКРВОДОКАНАЛПРОЕКТ
253100, Київ, 100, пр. Визволителів, 1
факс /044/ 543-98-42