

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО ЧЕРВОНОГО ПРАПОРА
ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису
УДК 624.014.074

УСЕНКО Володимир Миколайович

**ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ПРОСТОРОВИХ
ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ПЕРЕХРЕСНИХ
СИСТЕМ ПОКРИТТІВ З ГНУЧКИМИ ЗАТЯЖКАМИ**

Спеціальність 05.23.01 — Будівельні конструкції,
будівлі та споруди

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ — 1993

Робота виконана на кафедрі металевих і дерев'яних конструкцій Київського ордена Трудового Червоного Прапора інженерно-будівельного інституту.

Науковий керівник — доктор технічних наук,
професор В. В. ТРОФИ-
МОВИЧ

Офіційні опоненти — доктор технічних наук, про-
фесор В. М. ГОРДЕЄВ,
кандидат технічних наук,
доцент Л. С. МОШКІН.

Провідна установа — інститут «Луганськагро-
проект».

Захист дисертації відбудеться «19» *Березня*

_____ 1993 г. о 13 годині на засіданні спеціалізо-
ваної вченої Ради К 068.05.04 в Київському орде-
на Трудового Червоного Прапора інженерно-буді-
вельному інституті за адресою: 252037, м. Київ,
Повітрянофлотський проспект, 31.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці
Київського інженерно-будівельного інституту.

Автореферат розісланий «15» *лютого* 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої Ради
кандидат технічних наук,
доцент

Г. И. МЕЛЬНИЧЕНКО

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00825791 (W)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Характеристика роботи

Актуальність теми. Одним із напрямків підвищення ефективності будівельного виробництва є впровадження легких металевих конструкцій, у тому числі ефективних просторових покриттів.

Будови і споруди із застосуванням легких металевих конструкцій комплектної поставки особливо перспективні для будівництва у сільських районах України, де відсутня або недостатньо розвинута будівельна база і відчувається недостача трудових ресурсів, а також при реконструкції діючих підприємств, де мають місце стиснені умови монтажу.

Застосування попереднього напруження є одним із напрямків у вирішенні проблеми зниження матеріаломісткості металевих конструкцій. У світлі цього значно зростає роль оптимального проектування, яке в практиці будівництва застосовується ще недостатньо широко.

Таким чином, спрямованість роботи збігається з однією із головних і довготривалих задач капітального будівництва - зниження матеріаломісткості будівельних конструкцій, тому тема роботи являється актуальною і має важливе народно-господарське значення.

Мета дисертаційної роботи - зниження матеріаломісткості (вартості) просторових перехресних систем покриттів з гнучкими затяжками шляхом удосконалення їх конструктивної форми і розрахунку методами оптимального проектування.

Для досягнення поставленої мети у представленій роботі вирішувались такі питання :

- удосконалення моделі оптимального проектування попередньо напружених металевих конструкцій застосовно до просторових перехресних систем перекриттів і покриттів будов та споруд при дії різних комбінацій навантажень з урахуванням першої і другої груп граничного стану;
- проведення чисельних досліджень ефективності оптимізації розглянутих систем покриттів при умові запровадження в них попереднього напруження;
- визначення порядку створення контрольованих величин зусиль попереднього напруження в зайвих в'язях системи;
- визначення оптимальних параметрів конструкцій : висоти і кількості перехресних балок;
- розробка конструкцій вузлів;
- виконання реального проекту покриття і здійснення нової конструкції на практиці;
- визначення економічної ефективності запропонованих конс-

Наукову новизну роботи складають :

- удосконалена модель оптимізації попередньо напружених металевих конструкцій застосовно до пролонуючих систем покриттів;

- результати чисельних досліджень оптимізації і їх аналіз;
- визначення оптимальних параметрів досліджуваних конструкцій : висоти і кількості перехресних балок;
- оцінка економічної ефективності оптимального проектування розглянутих конструкцій покриттів.

Практична цінність роботи полягає в тому, що виконані дослідження та конструктивні розробки дозволили вперше в практиці будівництва реалізувати оптимальне проектування просторових попередньо напружених перехресних систем покриттів з гнучкими затяжками.

Реалізація результатів роботи здійснювалась при будівництві :

- критого току на 1500 т зернових колосових в радгоспі "Слов'янськський" Луганської області у 1982 році;
- складу Універсальної торговельної бази Херсонської Облспоживспілки у 1981 році.

Автор вносить на захист :

- удосконалену модель оптимізації попередньо напружених металевих конструкцій застосовно до просторових перехресних систем із гнучкими затяжками;
- результати чисельних досліджень оптимізації запропонованих конструкцій покриттів;
- рекомендації по впровадженню методів оптимального проектування розглянутих систем;
- оцінку економічної ефективності досліджуваних конструкцій покриттів.

Публікації. Результати виконаних досліджень опубліковані в п'яти статтях: реферованій у ВИДІБ №9984; в інформаційному листку про науково-технічні досягнення Луганського ЦНТІ №86-008; в матеріалах міжгалузєвої науково-технічної конференції "Новые материалы и технологии в строительстве (М.Алчевськ), 1992.-с.17-21,с.56-61; в журналі "Известия вузов. Строительство и архитектура", 1990.-№3.-с.9-12.

Апробації. Основні положення і результати роботи були повідомлені та обговорені на

- 4-й Українській республіканській науково-технічній конференції по металевим конструкціям " Развитие, совершенствование и реконструкция специальных сварных стальных конструкций зданий и сооружений" (М.Симферополь, 1988р.)

- зональному семінарі " Вопросы оптимального проектирования конструкций и расчет их рационального усиления " (М.Ленза, 1980р.)

- 5-й Українській науково-технічній конференції по металевим конструкціям " Усиление и реконструкция производственных зданий и сооружений, построенных в металле " (М.Київ, 1982р.)

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури, додатків. Робота викладена на 155 сторінках машинописного тексту; включає в себе 63 ілюстрації, 3 таблиці, 142 найменування літератури на 15 сторінках і додаток на 12 сторінках.

Зміст роботи

У вступі визначена актуальність теми дисертації, показана наукова новизна і практичне значення роботи.

В першому розділі зроблено короткий огляд попереднього напруження в металевих конструкціях, яке являється універсальним засобом зменшення матеріаломісткості будівельних конструкцій, що дозволяє значно підвищити ефективність їх застосування.

Значний обсяг роботи з питань, зв'язаних з попередньо напруженими металевими конструкціями зроблено вітчизняними вченими Е.І.Беленей, Н.П.Мельниковим, Ю.В.Гайдаровим, Б.А.Сперанським, В.В.Бірльовим та рядом інших. Питаннями регулювання зусиль в конструкціях займались також Н.С.Стрілецький, А.В.Геммерлінг, М.Н.Лашенко і інші.

Робота і розрахунок багатоярусних плоских шпренгельних балок досліджувались С.П.Николаєвським.

Досліджувана конструктивна форма відноситься до комбінованих систем покриттів, ефект попереднього напруження в яких реалізується у найбільш повній мірі в зв'язку з наявністю в них гнучких стержнів, що виключає застосування додаткових напружувачих елементів.

Розглянуто методи розрахунку перехресних систем, які являють собою багаторазово статично невизначені конструкції, ступінь статичної невизначеності яких швидко зростає із збільшенням кількості шарунок системи.

Значний внесок в дослідження наявної роботи і визначення методів приблизного їх розрахунку внесли І.Г.Бубнов, С.П.Тимошенко, М.Ш.Мінцьковський, М.Д.Гурарі, А.А.Калінін, Г.М.Остриков, Б.Е.Ягубов та інші.

Підкреслено, що розвиток засобів обчислювальної техніки дає хороші можливості для застосування точних методів розрахунку багаторазово статично невизначених стержневих систем.

Зроблено аналіз дослідницьких робіт по оптимальному проектуванню металевих стержневих систем.

На сьогодні перспективними є методи оптимального проектування конструкцій на базі математичного програмування з використанням ЕОМ, які ґрунтуються на вирішенні зворотної задачі теорії споруд.

Суть зворотної задачі теорії споруд полягає у визначенні необхідних площ перерізів елементів статично невизначених систем безпосередньо по визначенні навантаженням. Основні її положення були сформульовані І.М.Рабиновичем.

Ідеї І.М.Рабиновича свій подальший розвиток знайшли в роботах А.І.Виноградова, К.Г.Протасова, В.А.Радцига, К.М.Хубаряна, В.В.Трофимовича і інших вчених. Крім того, питання прямого проектування висвітлені в дослідженнях А.В.Геммерлінга, В.М.Гордеева, С.М.Клепікова, В.О.Пермякова, С.С.Онисіна, А.А.Чіраса і інших.

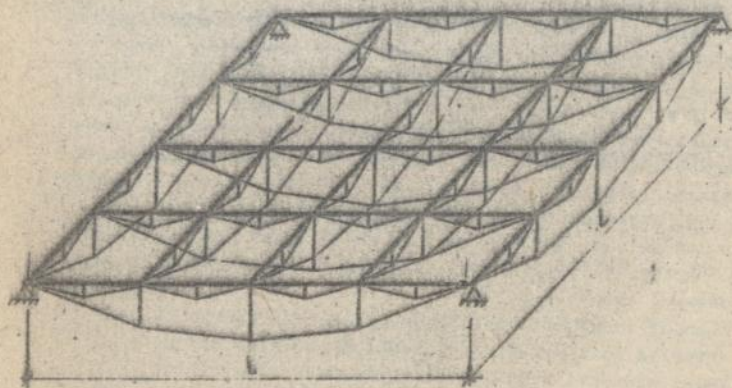
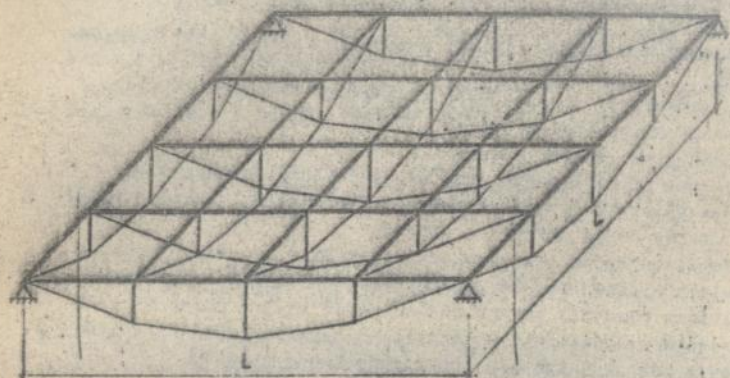
На кафедрі метало-дерев'яних конструкцій КІБІ метод оптимального проектування знайшов свій подальший розвиток: сформульовані загальні задачі оптимального проектування металевих конструкцій, що передбачають як часткову оптимізацію (визначення оптимальних площ перерізів елементів і початкових зусиль при заданій схемі), так і повну оптимізацію (включаючи в число невідомих параметрів геометричної схеми конструкції, елементів конструювання перерізів стержнів та вузлів). Результати досліджень в цьому напрямку показали високу ефективність методу оптимізації металевих конструкцій.

На підставі проведеного аналізу розглянутих матеріалів сформульовані мета і задачі досліджень.

В другому розділі розроблено метод оптимізації просторових попередньо напружених перехресних систем покриттів з гнучкими з'ятяжками.

Досліджувана конструкція покриття являє собою систему перехресних металевих бадок з попередньо напруженими гнучкими з'ятяжками, розташованими в кількох рівнях.

Схема конструкції (мал.1) включає в себе оберті по контуру бадки поздовжнього і поперечного напрямків, до вузлів з'єднання яких верхніми кінцями прикріплені вертикальні стояки, їх нижні кінці з'єднані з гнучкими з'ятяжками першого рівня. З метою поліпшення жорсткості конструкції в проміжках між стояками першого (нижнього) рівня виконано другий (верхній) рівень гнучких з'ятяжок.



Нач. 1.

Обрис з'яток прийнято у вигляді ламаної лінії, вписаної в квадратну параболу, стояки кожного рівня ділять балки на рівні панелі.

Запропоновані конструкції покриттів мають такі позитивні якості :

- використання попереднього напруження і гнучких з'яток із сталей підвищеної міцності ;
- значна жорсткість покриття ;
- висока ступінь надійності від раптового зруйнування ;
- можливість регулювання розподілу зусиль в балках за рахунок зміни рівня напруги в з'ятках .

Перевага пропонованих систем покриттів полягає в тому, що наявність кількох рівней гнучких з'яток, а також можливість регулювати розподіл згинальних моментів вдовж балок за рахунок ведичини попереднього напруження з'яток дозволяє значно зменшити розрахункове значення згинального моменту.

В основі цієї роботи лежить метод оптимізації попередньо напружених металевих конструкцій. Надається вирішити першу задачу оптимального проектування, сформульовану В.В.Трофимовичем : винайдення оптимального розподілу внутрішніх зусиль і матеріалу в статично невизначених системах з відомою геометричною схемою при умові введення попереднього напруження в з'яві в'язі.

Як відомо, в загальному випадку питання оптимізації статично невизначених попередньо напружених конструкцій має нелінійний характер, що зумовлено наявністю фізичної, геометричної і конструктивної нелінійності. Вирішення оптимізаційних задач, які мають нелінійний характер, зв'язано з певними труднощами, хоча зараз вже розроблені алгоритми вирішення таких задач, зокрема, програма "Поиск - 1" (МІВІ), однак методи ці знаходяться ще в стадії становлення.

В той же час, введення різних спрощуваних припущень дозволяє вирішувати таку задачу як лінійну шляхом послідовних наближень (ітерація).

В роботі прийняті такі розрахункові передумови :

- матеріал конструкцій однорідний і ідеально пружний;
- умова міцності прийнята по нормальним напруженням;
- балки прийняті симетричної і постійної по довжині площі перерізу;
- з'ятки всіх рівнів ідеально гнучкі, тобто спроможні приймати тільки зусилля розтягування (згинальний жорсткість з'яток зневажаємо) ;
- вузол закріплення гнучкої з'ятки та стояка повинен виключати проковзування з'ятки;

- опорні вузли балок, вузли сполучення стоек з балками і гнучкими з'яжками - примикаючі шарніри;
- навантаження, за дією статично;
- розрахунки виконуються по недеформованій схемі;

За основну прийнята система, в якій за невідомі - методу сил прийняті проєкції зусиль в з'яжках на вісь балки і зусилля в місцях перехрещення балок.

Система обмежень включає в себе умови несучої спроможності стержнів (балок, стоек, з'яжок)

$$\varphi_i R_{yi} A_i \chi_{ci} - \varphi_i \left(\sum_{n=1}^n M_{nj} X_n + M_{jcn}^{max} \right) - \rho_i \left(\sum_{n=1}^n N_{nj} X_n + N_{jcn}^{cook} \right) \geq 0;$$

$$\varphi_i R_{yi} A_i \chi_{ci} - \left(\sum_{n=1}^m N_{ni} X_n + N_{icn}^{max} \right) \geq 0;$$

$$R_{yi} A_i \chi_{ci} - \left(\sum_{n=1}^m N_{ni} X_n + N_{icn}^{max} \right) \geq 0;$$

стійкості балок із площини дії моменту

$$\varphi_{iy} c_i R_{yi} A_i \chi_{ci} - \left(\sum_{n=1}^m N_{ni} X_n + N_{icn}^{max} \right) \geq 0;$$

роботоспроможності гнучких з'яжок

$$\sum_{n=1}^m N_{ni} X_n + N_{icn}^{max} \geq 0;$$

конструктивні вимоги уніфікації площ поперечних перерізів

$$A_i = A_e$$

вимогу обмеження площ перерізів балок і стоек по граничній гнучкості

$$A_i - [A_i] \geq 0;$$

та вимогу жорсткості конструкції

$$f \leq [f]$$

Аналіз структури вартості "в ділі" показує, що основним її компонентом є вартість матеріалу конструкції (63 - 73%). Цей фактор став визначальним при виборі критерію оптимальності в наванізній роботі.

За функцію мети (критерій оптимальності) при дослідженні просторових перехресно-балочних систем із гнучкими затяжками прийнята вартість матеріалів конструкції, представлена як сума відповідних показників елементів і має вигляд :

$$Z = \sum_{i=1}^n C_i = \sum_{i=1}^n A_i l_i \gamma_i \psi_i c_i$$

- A_i - площа поперечного перерізу елемента ;
- l_i - довжина елемента ;
- γ_i - густина матеріалу ;
- ψ_i - конструктивний коефіцієнт ;
- c_i - вартість одиниці маси конструкції.

Задача оптимального розподілу зусиль і матеріалу в елементах конструкції, що забезпечує мінімальні витрати матеріалу, може бути вирішена шляхом введення початкових зусиль у всі зайві в'язі систем. Однак у цьому випадку для багаторазово статично невизначених систем максимальний економічний ефект, одержаний в результаті оптимального розподілу зусиль, не завжди буде досягнуто через можливі значні витрати, пов'язані зі створенням попереднього напруження.

Тому для отримання рішення, яке ненабагато відрізняється від оптимального по масі, але істотно по витратах на виготовлення і монтажі, можливо введення початкових зусиль не у всі, а тільки в раціонально вибрані зайві в'язі. Розрахунок ведеться по розробленій методіці, однак у цьому випадку основна система буде статично невизначеною.

Методика визначення раціональної кількості зайвих в'язей для конкретних конструктивних форм має такий вигляд: спочатку винаходиться максимальний ефект оптимізації конструкції шляхом введення початкових зусиль у всі зайві в'язі системи; потім зусилля попереднього напруження вводяться поперемінно в різні зайві в'язі; для кожного можливого варіанту попереднього напруження вирішується задача оптимізації, в результаті чого знаходяться оптимальні зусилля попереднього напруження і розподіл матеріалу в конструкції.

Раціональний спосіб введення попереднього напруження знаходиться шляхом порівняння результатів всіх варіантів, взявши за основу критерій мінімуму витрат матеріалу і затрат на створення попереднього напруження.

В третьому розділі розглянуто питання оптимізації висоти перехресно-балочних систем досліджуваного типу.

Задачу оптимізації геометричної схеми просторових перехресних систем з гнучкими затяжками можна сформулювати таким чином: при заданому типі перехресно-балочних систем відомої схеми та величині зовнішнього навантаження необхідно визначити повні зусилля в зайвих в'язях і геометричні параметри (висоту системи), які забезпечують мінімум вартості матеріалу конструкції. Як зазначалося, вирішення поставленої задачі через її нелінійність являє певні труднощі.

Тому, з метою вирішення задачі оптимізації геометричної схеми з застосуванням методів лінійного програмування процес обчислень розбивається на два етапи: спочатку досягається забезпечення критерію оптимальності (мінімуму вартості матеріалу конструкції) і провадиться пошук параметрів, які визначають її напружено-деформований стан; а потім визначається висота системи, що мінімізує функцію мети.

Оптимальна висота досліджуваних просторових попередньо напружених систем з гнучкими затяжками знаходиться за допомогою ітераційного процесу шляхом цілеспрямованої зміни висоти конструкції H . При вирішенні поставленої задачі для різних значень параметра H розподіл зусиль, матеріалу і основні показники конструктивної форми визначаються по алгоритму оптимізаційного розрахунку конструкцій з відомою геометричною схемою. В цьому порядку початкові параметри - кількість перехресних балок (розмір чарунки системи), розміри конструкції в плані, матеріал конструкції, типи поперечних перерізів елементів, а також величина та схема навантажень. Шукані параметри - це розподіл зусиль і матеріалу конструкції, а також зусилля попереднього напруження в зайвих в'язях, які забезпечують мінімум прийнятого критерію оптимальності для визначеної висоти конструкції.

Знайдена за допомогою викладеного вище алгоритму висота є теоретично оптимальною. На практиці висота конструкції визначається з урахуванням різних вимог, таких як: конструктивні обмеження, прийнята конструкція покрівлі, урахування модулів геометричних розмірів конструкцій та ін.

В четвертому розділі викладені результати чисельних досліджень оптимальних параметрів запропонованих систем покриттів будов і споруд.

Статичний розрахунок наявних конструкцій провадився на ЕОМ ЕС - 1022 з використанням програми LIRA.

Оптимізаційний розрахунок виконувався по розробленому ітераційному алгоритму з урахуванням вимог першої і другої

груп граничного стану на багато навантажень з використанням стандартної програми SIMLI симплекс-методу лінійного програмування шляхом мінімізації функції мети при виконанні системи обмежень.

Досліджувались різні варіанти конструктивних рішень систем з одним та двома рівнями гнучких з'язок із змін в кількості перехресних балок від 2×2 до 7×7 .

В результаті розрахунку по першій і другій групам граничного стану для кожного варіанту знайдені оптимальні значення площ поперечних перерізів елементів та зусиль попереднього напруження.

Впровадження початкових зусиль в місцях перехрещення балок технічно важко здійснити на практиці і веде до значного ускладнення конструкції вузлів, тому в наявній роботі досліджувалась можливість введення початкових зусиль тільки в гнучкі з'язки, враховуючи зручність створення в них зусиль попереднього напруження. В цьому випадку матеріаломісткість запропонованих систем покриттів зростає не більш чим на 5%.

Досліджувані перехресно-балочні системи покриттів запропоновані замість типових.

Отримані результати порівнювались з рішеннями типового проекту критого ринку, прив'язаного до місцевих умов Луганським філіалом ОКП - 4 Київського інституту Укргіпроторг. Розміри будови критого ринку в плані 36×36 м, сітка колон 12×12 м; несучі конструкції - прокатні металеві балки 50 В1; металеві прогони - прокатні двутаври N 18; захисні засоби покрівлі - профільований настил Н 60-845-0.8.

Склад покрівлі при проведенні чисельних досліджень прийнято відповідно т. ювому проекту. Розрахунок виконувався на три схеми навантаження: власна вага конструкцій покриття - $q_1 = 2.6$ кПа і спільна дія постійного і снігового (по всьому покриттю та на половині площі) навантажень - $q_2 = 3.3$ кПа.

За умовою мінімуму вартості матеріалу в роботі приведено розрахунок просторової перехресно-балочної системи з кількістю перехресних балок 3×3 , яка має один рівень гнучких з'язок. За невідомі основної системи методу сил прийняті горизонтальні проекції зусиль в з'язках та вертикальні зусиль в вузлах перехрещення балок.

Зростання кількості перехресних балок (зменшення розміру чарунки) веде до зниження вартості матеріалу конструкції. Питома матеріаломісткість типового покриття критого ринку, виконаного по металевим балкам - 51.6 кг/м². Економія металу

для систем з різном кількістю перехресних балок і числом рівнів гнучких затяжок смала - 8,1 - 12,0 кг/м (18 - 38%).

Р той же час, функція залежності вартості конструкції і з урахуванням витрат на впровадження, попереднього напруження від кількості перехресних балок має екстремум (мінімум) для систем з кількістю перехресних балок 3 x 3 (розмір чарунки 3 x 3 м). Виходячи з цього слід вважати, що кількість перехресних балок повинні бути призначена відповідно мінімальній вартості конструкції з урахуванням витрат на створення попереднього напруження, при якій можливе безпрогонне рішення покрівлі.

Із зростанням кількості перехресних балок ефективність застосування другого рівня гнучких затяжок погіршується, проте наявність другого рівня затяжок сприяє зменшенню зусиль в елементах системи і зниженню витрат матеріалу.

Оптимальна висота запропонованих перехресно-балочних систем із гнучкими затяжками, відповідна мінімальній вартості матеріалу конструкції, дорівнює 2,5 м, тобто 1/4,8 її прольоту. Результат отримано без урахування підвищення вартості захисних і носучих конструкцій при збільшенні будівельного об'єму споруди.

В зоні екстремуму функція має положистий характер, тому при відхиленні фактичної висоти конструкції від оптимальної на 20 % її вартість зростає лише на 8 - 10 %.

При реальному проектуванні конкретних перехресно-балочних систем досліджуваного типу призначення такої великої висоти навряд чи можливо, тому слід вважати, що збільшення висоти гнучких затяжок в межах загальної будівельної висоти, як правило, призводить до зниження матеріаломісткості конструкції.

Другим об'єктом оптимізації було прийнято критий найданчик для тимчасового зберігання зерна ТП 813-1-23.01.87, який має розміри будови в плані 48 x 102 м, крок колон в поздовжньому напрямку - 6,0 м, сітку колон - 12,0 x 6,0 м.

Несуча частина покриття, розроблена інститутом "ГИПРОНИ-СЕЛЬХОЗ" і застосована до місцевих умов Луганським проектно-інститутом "Луганськагропроект", являє собою плоскі ферми, по верхніх поясах яких укладені металеві прогони. Матеріал конструкції ферм - сталь ВСт.3-сп (Ru = 210 МПа), стержні - гнutoзварні профілі коробчатого і швелерного перерізів. Покрівля виконана із застосуванням хвилястих а/ц дисків "УВ", укладених по прогонам [гп 160x80x4 мм.

Склад покрівлі при проведенні чисельних досліджень прийнято відповідно типовому проекту. Розрахунок виконувався

на три схили навантаженя : власна вага конструкцій покриття - $P_1 = 8.95$ кН і спільна дія постійного і снігового (по всьому покриттю та на половині прольоту) навантаженя - $P_2 = 13.25$ кН.

Отримані такі результати оптимізаційного розрахунку : замість типової несучої конструкції покриття - ферми 9С-16, маса якої 364.4 кг, запропоновані плоскі шпренгельні балки з одним і двома рівнями гнучких затяжок, маси яких відповідно дорівнюють 264.8 кг і 209.0 кг. Економія матеріалу на всьому споруду складала для балки з одним рівнем гнучких затяжок - 7.164 т (1.46 кг/м² або 27.3%), з двома рівнями затяжок - 11.189 т (2.29 кг/м² або 42.6%).

При реалізації зусиль попереднього напруження багаторазово статично невизначених стержневих систем введення кожного наступного напружувачого елемента призводить до зміни зусиль в раніше постарілих , тому зусилля , з якими елементи послідовно вводяться в систему , повинні відрізнятися від відповідних оптимальних величин X_{i1} .

Після визначення послідовності монтажу зайвих в'язів шляхом вирішення системи рівнянь знаходяться невідомі зусилля , з якими елементи по черзі вводяться в конструкцію і сприяють одержанню в остаточному підсумку оптимального розподілу зусиль.

Ця задача була вирішена в роботі для плоскої шпренгельної балки з двома рівнями гнучких затяжок. При цьому на кожному етапі перевірялась несуча спроможність конструкції.

Запропонована перехресно-балочна конструкція реалізована на практиці. В радгоспі " Слов'яносербський " Луганської області побудовано критий зерноток із легких металевих конструкцій загальною площею 1784 м² на 1500 т зернових колосових. Споруда служить для сковища зерна, сушки сіна, зберігання сільськогосподарської техніки. Розміри будови в плані 18 x 98 м.

При будівництві критого току застосовано легке просторове попередньо напружене покриття, яке уявляє собою систему перехресних балок та гнучких затяжок і обирається по контуру. У поперечному напрямку застосована конструктивна форма обирається на верхні пояси ферми, а в поздовжньому - на контурні балки (прокатний двутавр №24). Балок покриття має розміри в плані 8.3 x 7.0 м, будівельна висота - 1.0 м.

Проектування і виготовлення конструкції покриття виконувалося з урахуванням наявності матеріалу у замовника.

Питома металомісткість покриття з урахуванням контурних ферм складала 18.2 кг/м², що менше в порівнянні з покриття-

ми із легких металевих конструкцій типу "Молодечно" - 22.8 кг/м², "Кисловодск" - 19.1 кг/м², "ЦНИС" - 18.5 кг/м².

Крім того, досліджувана перехресно-балочна система покриття з гнучкими затяжками була також впроваджена при будівництві критого складу Універсальної торговельної бази Херсонської Обласпоживспілки.

Таким чином, проведені дослідження підтвердили перспективність конструкції, можливість при оптимальному проектуванні і масовому впровадженні одержувати більший економічний ефект.

Основні висновки і результати досліджень

1. Застосування просторових перехресних систем з гнучкими затяжками замість діючих дає економічний ефект за рахунок зменшення витраченої маси сталі до 38 % в порівнянні з типовими конструкціями, до 25% в порівнянні з неоптимізованими перехресно-балочними системами при відповідному зменшенні вартості конструкції.

2. Удосконалена модель оптимізаційного розрахунку попередньо напружених металевих конструкцій застосовно до просторових перехресно-балочних систем з гнучкими затяжками по критерію вартості матеріалу конструкції.

3. Пошук оптимальної висоти конструкції показав, що при збільшенні висоти (до 1/4.8 її прольоту) матеріаломісткість і вартість пропонує систем покриттів зникають. Тому на практиці висоту конструкції слід приймати не менше типової, а у випадку, якщо збільшення висоти не призводить до зростання будівельної висоти покриття, то її необхідно призначати в межах до 1/4.8 прольоту.

4. Кількість перехресних балок слід призначати відповідно мінімальній вартості конструкції з урахуванням витрат на впровадження попереднього напруження, при якій можливе безпрогонне рівнення покритті. Для блока покриття розмірами 12 x 12 м оптимальною є кількість перехресних балок 3 x 3 (розмір чарунки 3 x 3 м).

5. При зростанні кількості перехресних балок ефективність застосування другого рівня гнучких затяжок погіршується, проте наявність другого рівня затяжок сприяє зменшенню зусиль в елементах системи і зниженню витрат матеріалу.

6. Методика оптимального проектування перехресних систем розглянутого типу на ряді етапів передбачає використання стандартних програм розрахунків стержневих конструкцій і програм вирішення основної задачі лінійного програмування,

що, дозволяє знизити трудомісткість розрахунків і скоротити строки проектування.

7. Конструкція реалізована в натурі при будівництві критого току в радгоспі "Слов'яносербський" Луганської області і критого складу Універсальної торговельної бази Херсонської Облспокживспілки, де в практичних умовах доведена можливість зменшення металомісткості (до 14%) в порівнянні з типомими покриттями.

8. Одержані результати, висновки та залежності можуть бути використані при досліджуванні і реальному проектуванні конструкцій аналогічного типу.

Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в статтях :

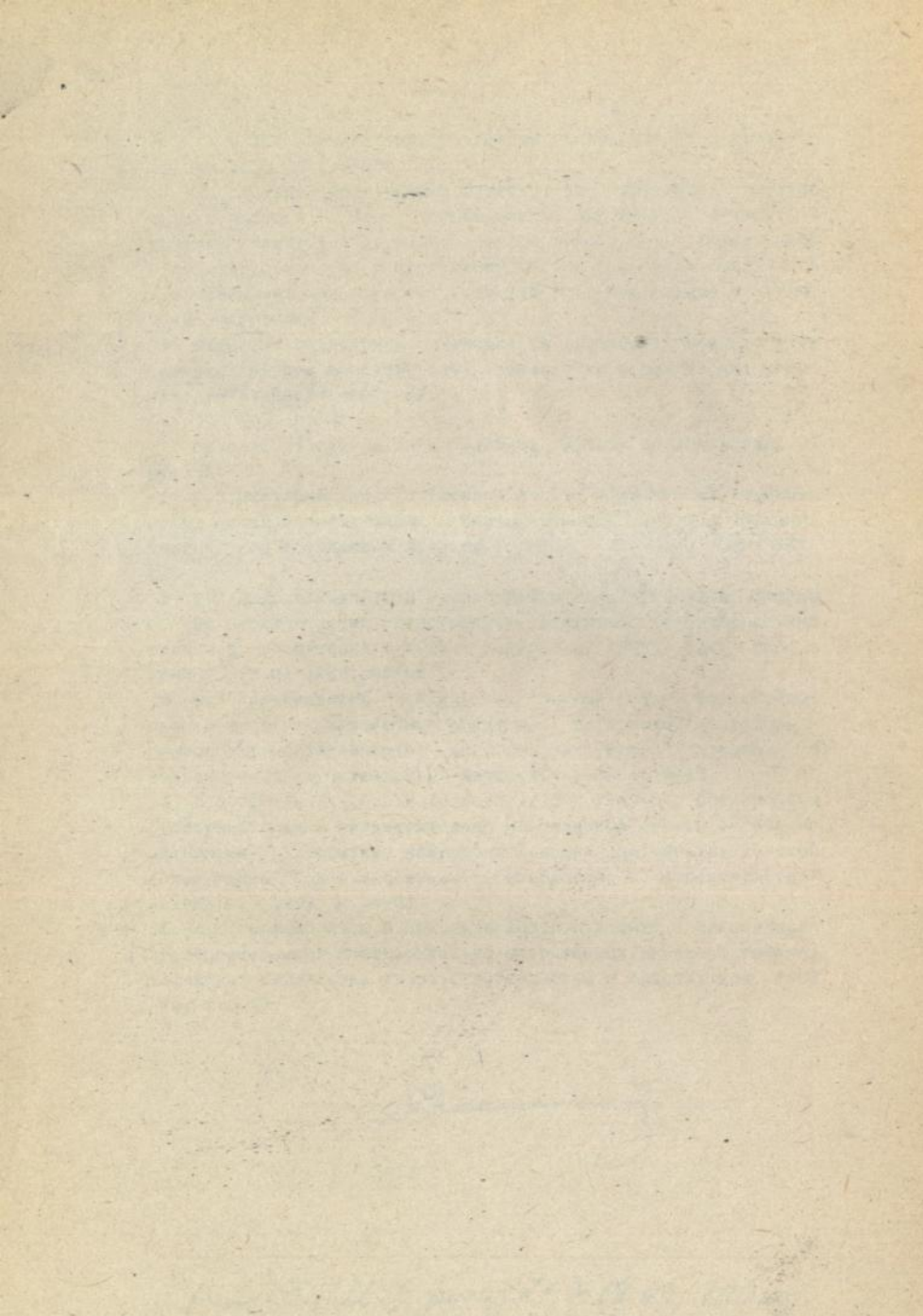
1. С.П.Николаевский, В.Н.Усенко. Легкое покрытие из перекрестных металлических балок / Информационный листок о научно-техническом достижении Луганского ЦНТИ. - Луганск, 1988. - №88-008.

2. С.П.Николаевский, В.Н.Усенко. Новые конструктивные решения легких металлических конструкций покрытий большепролетных зданий и сооружений / КГМИ. - комунарск, 1989. - 14с. - Деф. в ВНИИС 12.04.1989, №9984.

3. С.П.Николаевский, В.Н.Усенко. Легкое пространственное предварительно напряженное покрытие / Материалы межведомственной научно-технической конференции "Новые материалы и технологии в строительстве" - Алчевск. - 1992. - с.9-12.

4. В.В.Трофимович, С.П.Николаевский, В.Н.Усенко. Оптимизация пространственных предварительно напряженных систем с гибкими затяжками / Материалы межведомственной научно-технической конференции "Новые материалы и технологии в строительстве" - Алчевск. - 1992. - с.56-61.

5. В.В.Трофимович, С.П.Николаевский, В.Н.Усенко. Оптимизация пространственных предварительно напряженных систем с гибкими затяжками // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1992. - №3. - с.9-12.



Ab 26.815

AB 26.815