

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

НІКОЛАЄВСЬКА  
Марина Сергіївна

УДК 624.04

ДЕРЕВ'ЯНІ ТА МЕТАЛЕВОДЕРЕВ'ЯНІ  
БАЛКИ ПОКРИТТЯ

Спеціальність 05.23.01 - Будівельні конструкції,  
будівлі та споруди

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук

Київ - 1994

Дисертація є рукописом.

Роботу виконано в Українському зональному науково-дослідному і проектному інституті по цивільному будівництву (КиївЗНДІЕП), м.Київ.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор  
М.Я. Коляков

Офіційні опоненти : доктор технічних наук, професор  
В.О. Пермяков,  
кандидат технічних наук  
А.Є. Шевченко

Провідна установа - УкрНДІПцивільсьсьбуд, м.Київ

Захист дисертації відбудеться 4 листопада 1994 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 068.05.04 Київського державного технічного університету будівництва та архітектури за адресою : 252037, м.Київ, Повітрофлотський пр.31.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського державного університету будівництва і архітектури.

Автореферат розіслано "3", листопада

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

к.т.н.



Ю.Л. Дінкевич

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00777092 (W)

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

А к т у а л ь н і с т ь р о б о т и. При будівництві в Україні громадських, промислових, складських та сільських виробничих будівель застосовуються металеві та залізобетонні конструкції, що виготовляються на основі бази будівельної індустрії для промислового та сільського виробничого будівництва. Нерівномірність розміщення бази, яка зосереджена в зонах великих міст, приводить до значних транспортних витрат при умові обмеженого забезпечення виробами та елементами віддалених від бази регіонів.

В практиці закордонного будівництва в таких випадках дуже широко використовуються клеєні дерев'яні конструкції (КДК) та металеводерев'яні конструкції.

Більшість громадських будівель (дитячі садки, школи, торгово-побутові та спортивно-оздоровчі комплекси, включаючи і житлові будинки) можуть споруджуватись на основі несучих дерев'яних конструкцій, і при цьому буде досягнуто не тільки зниження маси будівлі, але й створені зовсім відмінні від традиційних архітектурні можливості з виключенням у ряді випадків опорядкування (завдяки своїй фактурі деревина сама є відмінним опорядкуванням).

Але широке впровадження в масове будівництво дерев'яних та металево-дерев'яних конструкцій гальмується відсутністю достатньої індустріальної бази по їх виробництву. В дисертаційній роботі ці питання вирішені через створення ефективних конструктивних форм несучих елементів, виготовлення яких орієнтовано на існуючі технологічні можливості будівельної бази, що й визначає актуальність досліджень.

Метою роботи є створення ефективних несучих дерев'яних конструкцій балочного типу з преривчастою стінкою, орієнтованих на існуючі налагоджені технології, які не потребують значно розвинутої будівельної бази.

В ході досліджень вирішувались такі задачі:

- розробка конструктивних схем та вузлів дерев'яних та металеводерев'яних балок з преривчастою стінкою;

- здійснення теоретичних досліджень роботи балок з преривчастою стінкою, визначення факторів, що впливають на величину та характер розподілу внутрішніх зусиль, а також дослідження якісних та кількісних оцінок цього впливу;

- визначення раціональних параметрів преривчастої стінки;

- експериментальна перевірка теоретичних результатів та ступені певності прийнятих припущень на зразках натуральних розмірів;

- оцінка техніко-економічних показників нової конструктивної форми.

Конструктивна та наукова новизна:

- принципові конструктивні рішення та вузли металеводерев'яної балки з преривчастою стінкою з відрізків перфорованого двотавру;

- методика та результати теоретичних досліджень балок з преривчастою стінкою з формуванням ряду розрахункових моделей на основі МКЕ, плоских та просторових, з врахуванням та без врахування анізотропії пружних властивостей матеріалів окремих елементів конструкції; кількісні оцінки впливу врахування анізотропії та фактору просторовості на розрахунок балок;

- методика та результати експериментальних досліджень ба-

лок натуральних розмірів з утворенням універсального іспитового стенду для передачі навантаження;

-методика та результати визначення близьких до дійсності розрахункових моделей на основі порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

Практична цінність роботи полягає в створенні ефективної конструктивної форми дерев'яних та металеводерев'яних балок покриття (перекриття), виготовлення яких не потребує спеціальної індустріальної бази, виробництво яких можливо організувати навіть в майстернях в будівельних умовах з використанням відходів заводів металевих конструкцій, та в розробці орієнтовного сортаменту металеводерев'яних балок з преривчастою стінкою з перфорованого двутавру, а також в запропонованні інженерної методики розрахунку балок з преривчастою стінкою.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на науково-практичних конференціях молодих вчених та фахівців "ГОРОД И ЗДАНИЕ"(КиївЗНДІЕП, 1985 р.), "ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС"(Москва, ЦНДІЕПЖитла, 1985 р.), конференції "СНИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТРУДОВЫХ ЗАТРАТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ" (Севастополь, 1985 р.), П'ятої Українській науково-технічній конференції по металевим конструкціям "ПІДСИЛЕННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД, ЗБУДОВАНИХ В МЕТАЛІ"(Київ, 1992 р.), науково-практичній конференції КІВІ (Київ, 1993 р.).

Публікації. Основний зміст дисертації опублікований в чотирьох друкованих роботах.

В провадження результатів роботи. Результати досліджень передані для організації виробництва в деревообробчному цеху заводу експериментальних будівельних конструкцій "ЕФКОН" Міністерства угольної промисловості України.

Обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів та висновку, списку літератури з 139 назв та 2-х додатків. Робота містить 85 сторінок основного тексту, 16 таблиць, 80 малюнків.

#### КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Низький рівень застосування дерев'яних конструкцій у нашій країні пояснюється рядом об'єктивних та суб'єктивних чинників; основний - відсутність достатньої індустріальної бази по виробництву КДК. В першому розділі роботи наведений аналіз розвитку бази з виробництва дерев'яних конструкцій. Проблему більш широкого впровадження КДК можна вирішити не тільки шляхом розвитку індустріальної бази, що виявляється процесом тривалим та потребуючим значних коштів, але й шляхом створення таких конструктивних форм, які зберігали б у собі усі переваги дерев'яних конструкцій, проте не потребували для виробництва потужної будівельної бази.

Із аналізу номенклатури несучих КДК, що використовуються в будівництві, очевидно, що при прольотах до 18 м ряд переваг мають балочні конструкції. Ефективність балок може бути істотно підвищена за рахунок удосконалення їх конструктивних форм та більш раціонального використання деревини.

З метою раціонального розміщення деревини по поперечному перерізу виготовлявалися балки двотаврового перерізу з перехресними дощаними стінками на цвяхах. До більш сучасних та індустриальних конструкцій відносяться клефанерні балки різних перерізів. Особливість таких балок - це наявність тонкої фанерної стінки.

В роботі описується цілий ряд відомих в практиці вітчизняного та закордонного будівництва балок з ефективною конструкцією фанерної стінки, різноманітними ґратчастими стінками при різних видах поясів (брускових та клеєних) та інших балок, конструкція яких дозволяє скоротити витрати фанери та деревини.

Перевагою усіх розглянутих в роботі балок є невеликі витрати деревини. Ефективність як клефанерних балок з перфорованою фанерною стінкою, так і полегшених металеводерев'яних може бути істотно підвищена, якщо усунути повністю або частково такі їх вади:

1. Полегшені стінки в цих балках мають велику гнучкість як в площині вигину, так і з площини вигину. Має місце невідповідність високої несучої спроможності клеєдерев'яних поясів до високої гнучкості стінок, що викликає або обмеження використання балок по навантаженням, або їх неефективне використання, що в кінцевому результаті приводить до перевитрат матеріалів.

2. Улаштування полегшеної стінки приводить до необхідності виконання додаткових технологічних операцій (виборка пазів, установлення в них стержнів стінки, гнуття стержнів та інш.), які потребують спеціальних переділів на потоці, що значно підвищує трудомісткість виготовлення. Виготовляти такі

конструкції має сенс тільки при наявності високоавтоматизованих технологічних ліній.

Виходячи з цього, в роботі запропонована нова конструктивна система, яка орієнтована на існуючі технологічні можливості, практично для будь-яких об'єктів будівництва. Ця система базується на таких принципах конструювання:

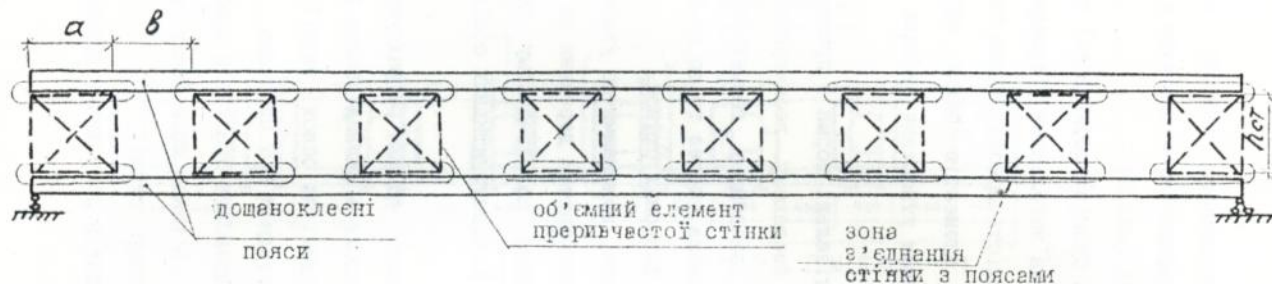
1. Несуча спроможність балки визначається міцністю поясів.
2. Стінка балки преривчаста із окремих просторових елементів, які встановлюються по довжині з кроком, який забезпечує рівномірне розподілення напруження по елементах балки.
3. З'єднання елементів стінки з поясами нагельне, клеєве або фрікційне, яке забезпечує сумісність вертикальних та горизонтальних деформацій поясів та стінки.
4. Розміри (прольоти, висота, елементи поперечного перерізу) підпорядковані уніфікованому розмірному ряду, що визначається, виходячи з сортаменту пиломатеріалів та усіх складових компонентів, мінімізації відходів при виготовленні та архітектурно-технологічних вимог.

Принцип організації балочної системи наведений на мал.1.

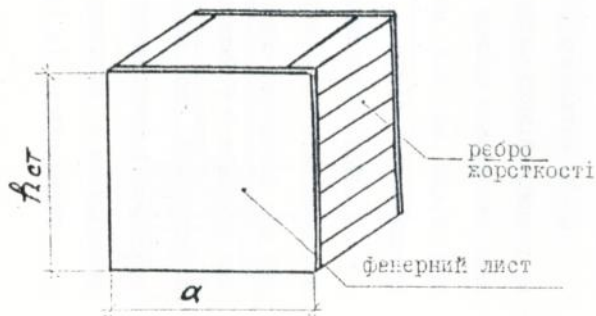
В межах цієї роботи запропоновані та досліджені 2 варіанти виконання балок з преривчастою стінкою (хоча в загальному їх значно більше) із запропонованої балочної системи.

Пояси в обох випадках виготовляються із клеєної деревини, а елементи стінок в одному випадку - з листів фанери, в другому - металеві.

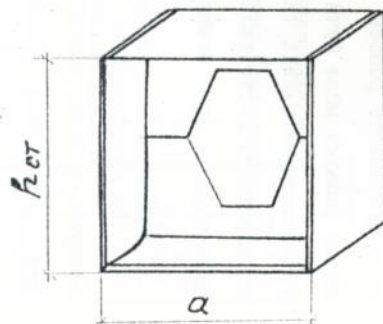
В першому випадку (мал.2) фанерні листи розміщуються в продовжньому напрямку, в поперечному напрямку розміщуються дощаноклеєні ребра жорсткості. Таким чином утворюється об'ємний блок елемента стінки. З'єднання поясів з елементами стінки



Мал. 1. Принцип організації балочної системи.



Мал.2. Об'ємний блок елемента стінки з фанерних листів.



Мал.3. Об'ємний блок елемента з відрізків перфорованого двотавру.

клеєве.

По другому варіанту конструктивного рішення елементи стінки виконуються з відрізків перфорованого двотавра з привареними до нього ребрами жорсткості (мал.3).

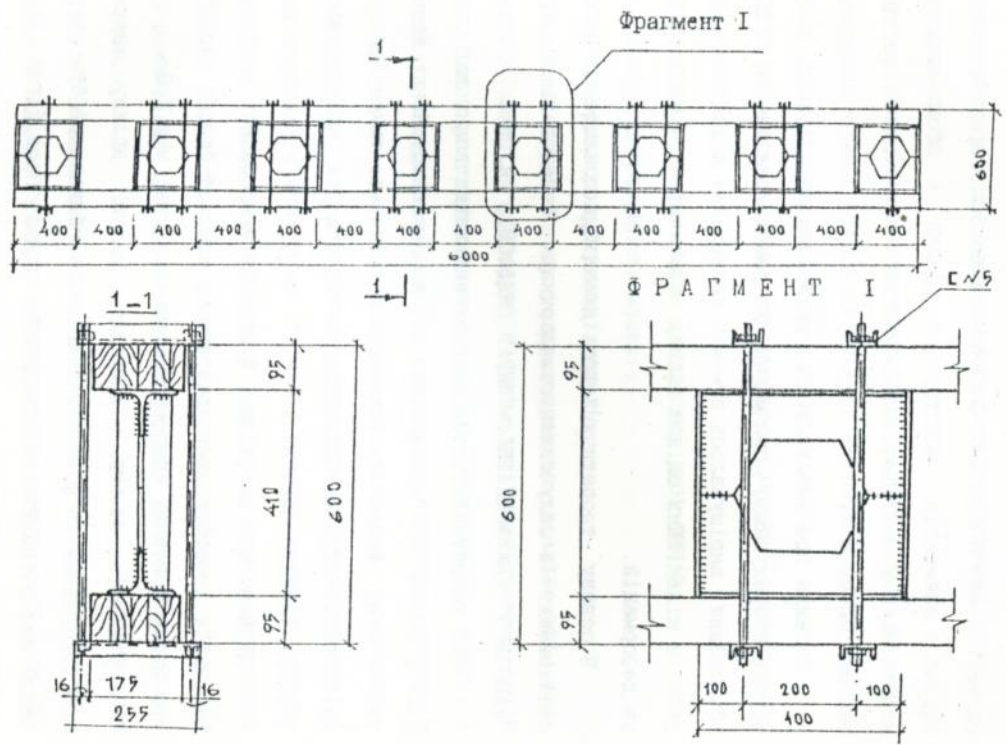
Сумісність роботи поясів та блоків преривчастої стінки в цьому випадку може бути забезпечена нагельними з'єднаннями або установкою металевих тяжів. Цілісність поясів, таким чином, не порушується, а сумісність роботи елементів балки забезпечує сила тертя, яка виникає за рахунок утворення зусилля в тяжах (мал.4).

Для клеєфанерних балок будівельні норми і правила рекомендують робити розрахунок по зведеному геометричному перерізу. Методика розрахунку по зведеному геометричному перерізу може розглядатися як наближена, через те що не дозволяє врахувати плоско-напружений стан фанерних стінок.

Щодо металеводерев'яних балок, приймаючи до уваги істотну різницю фізико-механичних характеристик деревини та металу, явно недоцільно робити їх розрахунок по зведеному перерізу, тим більш, що він не враховує і конструктивних особливостей преривчастої стінки.

В роботі обґрунтовується також, що для розрахунку балок, які досліджуються, неприйнятні моделі в вигляді балок Віринделя або дискретно-континуальні моделі на основі теорії складених стержнів О.Р.Ржаніцина або методики В.О.Плешкова, тому що застосування цих моделей не дозволяє врахувати особливості конструкції преривчастої стінки, а також того факту, що стінки знаходяться в плоскому напруженому стані.

Таким чином, із існуючих методів розрахунку будівельних



Мал.4. Конструкція металеводерев'яної балки з преривчастою стінкою.

конструкцій більш за все прийнятним є використання дискретних моделей на основі МКЕ і (або) стержневої апроксимації, що дозволяє врахувати не тільки плоско-напружений стан окремих елементів, але й різницю фізико-механичних характеристик матеріалів елементів конструкцій (балки в обох випадках є комбінованими конструкціями), а також анізотропію матеріалів окремих елементів.

Питання про необхідність врахування анізотропії в практичних розрахунках, приймаючи до уваги ускладнення процедури обчислення, вирішувалось в межах проведених досліджень, виходячи з кількісних оцінок впливу останньої на рівень напружень та деформацій.

В основу теоретичних досліджень був покладений чисельний експеримент із залученням стандартних обчислювальних програм "РАПОСДИЯ" (КиївЗНДІЕП), "ЛИРА" (НДІАСВ), які реалізують МКЕ.

При теоретичних дослідженнях виявлявся вплив на статичну роботу балок з преривчастими стінками конструктивних факторів: тип стінки, наявність і розмір отворів; а також врахування анізотропії пружних властивостей матеріалів окремих елементів в розрахункових моделях.

Крім того, необхідно було виявити область застосування плоских і просторових розрахункових моделей балок, враховуючи при цьому фактичну конструкцію стінки (див. мал.2,3).

Для встановлення кількісних оцінок впливу зазначених конструктивних та фізико-механичних особливостей був сформульований ряд розрахункових моделей, кожна послідовно із яких відрізнялася від попередньої лише одним додатковим параметром - від найпростішої розрахункової моделі до більш складної.

Порівняння результатів розрахунку по двох або декількох варіантах розрахункових моделей, які відрізняються одна від одної одним параметром, дозволило виявити вплив цього параметру на напружено-деформований стан балочної конструкції та її окремих елементів.

Як порівнювані величини приймалися напруження  $\sigma_x$  та  $\sigma_y$  в характерних точках поясів та стінок; вертикальні переміщення балок  $\omega$ ; дотичні напруження  $\tau_{xy}$  в стінках балок.

По всім розрахунковим моделям було прийнято однакове навантаження 10кН/м.

Розрахункові моделі були розроблені двох типів:

- 1) плоскі розрахункові моделі;
- 2) просторові розрахункові моделі.

В моделях першого типу не враховувалось реальне розміщення стінок в балці, конструкція приймалась розміщеною в одній площині. Пояси розглядалися в лінійному напруженому стані і моделювались стержневими КЕ з шістьма степенями свободи у вузлі. Такими ж елементами моделювались і ребра жорсткості, які облямовували стінки. Вузли спряження ребер жорсткості з поясами приймалися жорсткими. Стінки в плоских моделях задавалися різними способами. В одному випадку стінки моделювались плоскими КЕ балки-стінки з двома степенями свободи у вузлі. Це давало можливість одержати детальну картину плоско-напруженого стану стінок. В іншому випадку стінки моделювались шарнірно-стержневою системою по принципу стержневої апроксимації. В цьому випадку значно скорочувалась кількість КЕ.

У всіх плоских розрахункових моделях не враховувалась анізотропія матеріалів, з яких виготовляються конструкції; всі формулючі КЕ - ізотропні.

В моделях другого типу - просторових - враховувалось реальне розміщення елементів в конструкції балок. Пояси в них моделювались прямокутними КЕ оболонки з шістьма степенями свободи у вузлі.

Стінки також задавались різними способами: або прямокутними КЕ оболонки, або стержневими КЕ по принципу стержневої апроксимації. Таким чином, в моделях другого типу і пояси, і стінки розглядались як просторові елементи.

Розрахункові моделі другого типу формулювались з врахуванням анізотропії (застосовувалися анізотропні КЕ) та без її врахування (всі КЕ - ізотропні).

У результаті розрахунків по анізотропним та ізотропним моделям і аналізу чисельних значень напружень та переміщень встановлено, що розходження значень в поясах, які одержані по анізотропним моделям, з аналогічними значеннями по ізотропним моделям змінюються в широких межах ( 1-45 %).

Для практичних розрахунків інтерес викликають перерізи, які розміщені в середині прольоту, де напруження досягають максимальних значень. Епіюра  $\sigma_x$  в найбільш напружених перерізах верхнього поясу наведена на мал.5. Розбіжність значень напружень в найбільш напружених перерізах складає 1-3,7%. Врахування такої поправки не внесе істотних уточнень в розрахунок.

В припорній зоні ( 0,2-0,3 м від опори) розбіжності в значеннях напружень більш істотні та досягають 30-40%, проте рівень напружень в цій зоні складає 10-20% від максимальних в середині прольоту. Через те врахування цих поправок в припорній зоні, зв'язаних з впливом врахування анізотропії, являє собою чисто теоретичний інтерес, а також дозволяє установити розрахункову точку перерізу, положення якої залежить від того,

в якій зоні балки знаходиться переріз, що розглядається.

Так, в перерізі, що знаходиться в зоні суцільного участку стінки, розрахункова точка перерізу знаходиться на поздовжній осі поясу, а в зоні відсутності стінки - в точках з ординатою  $+c/2$ , де  $c$  - ширина поясу, - що пояснюється розподільною функцією стінки та наявністю дотичних напружень в зоні примикання її до поясів (мал.5).

На значеннях вертикальних переміщень (прогинів) врахування анізотропії не позначилося.

При оцінці напружено-деформованого стану фанерних стінок врахування анізотропії матеріалу (фанери) позначається значніше і приводить до таких поправок в чисельних значеннях напружень ( по зрівнянню з ізотропними моделями):

	відсік 1	відсік 2	відсік 3	відсік 4
$\sigma_x$ -	0-71%	0,5-21%	3,5-14%	2,1-9%
$\sigma_y$ -	5,3-135%	1,9-115%	14 -81%	3,4-66%
$\tau_{xy}$ -	3-47%	5,7- 57%	9,1-59%	2,1-42%

Інтенсивність впливу анізотропії істотно залежить від величини дотичних напружень, тобто, чим вище величина дотичних напружень, тим інтенсивніше позначається врахування анізотропії, в тому числі і на величину дотичних напружень (мал.6).

Наведені кількісні оцінки свідчать, що в практичних розрахунках клеєфанерних балок з преривчастою стінкою необхідно враховувати ортотропність фанери.

Проводилось також порівняння результатів розрахунків по ізотропних просторових моделях та по плоских моделях з метою з'ясування можливості завдання конструкцій, що досліджуються, плоскою розрахунковою моделлю.

Аналізуючи результати, можна відзначити, що врахування

просторовості приводить до таких кількісних змінювань в порівнянні з плоскими розрахунковими моделями (в найбільш напружених точках):

- пояси: - -2,6%
- 5,1%;
- стіжки: - 7,6%
- 13-15%
- 1,5-26%.

Найбільші відхилення спостерігаються в оцінці дотичних напружень (мал.6), проте наведені результати дозволяють зробити висновок про можливість застосування при інженерних розрахунках також і плоских моделей.

Плоскі моделі використовувались для дослідження впливу конструктивних факторів на статичну роботу балок з преривчастими стінками.

До конструктивних факторів відносяться такі:

- наявність в стінці отворів, їх кількість та розміри;
- конструкція преривчастої стінки (елементи стінки фанерні або з перфорованого двотавру).

Для виявлення ефективних параметрів преривчастої стінки був розроблений цілий ряд плоских розрахункових моделей, які відрізнялись одна від одної співвідношенням ширини отвору в преривчастій стінці ( $b$ ) та ширини елемента стінки ( $a = 1/15$ ). Відкриває цей ряд балка із суцільною стінкою, для якої  $b/a=0$  і завершується ряд балкою з  $b/a=1,80$ .

При аналізі одержаних результатів порівнюваними величинами були прийняті максимальні напруження в поясах  $\sigma_x$ , максимальні напруження в стінках  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$ , а також максимальні прогини балок по кожній із моделей. На мал.7 графічно представлені за-

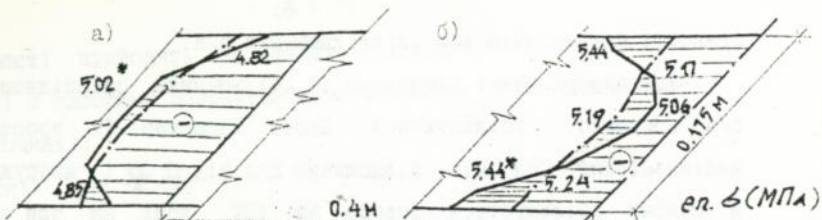
лежності цих величин від співвідношення  $b/a$ .

Усі перераховані показники із збільшенням співвідношення  $b/a$ , природно, збільшуються. Проте характер їх зростання нерівномірний. При зміні відношення  $b/a$  від 0 до 1 напруження в поясах збільшується всього на 10%, тоді як при зміні співвідношення від 1 до 1,8 напруження збільшуються вже на 13%. Напруження в стінках  $\sigma_x$  та  $\sigma_y$  при зміні  $b/a$  від 0 до 1 змінюються відповідно на 7,6% та 1,9%. При зміні  $b/a$  від 1 до 1,8 ці напруження змінюються на 22% та 38% відповідно.

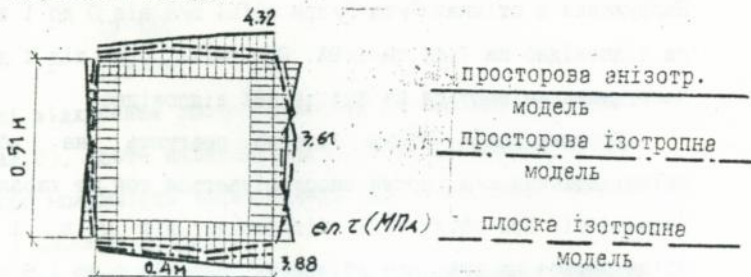
Прогини балок більш істотно реагують на збільшення співвідношення  $b/a$ , проте спостерігається той же характер цієї залежності. При збільшенні відношення від 0 до 1 прогини збільшуються на 19%, при збільшенні  $b/a$  від 1 до 1,8 - на 40%. Тобто можна констатувати, що співвідношення параметрів стінки 1:1 при  $a=1/15$  є граничним, до якого має сенс збільшувати розміри отворів, не викликаючи при цьому значного збільшення в елементах балки напружень та деформацій.

Серед плоских розрахункових моделей були також сформульовані моделі з використанням стержневої апроксимації. Пояси в цих моделях задавалися стержневими КЕ, а плоскі фанерні стінки були задані шарнірно-стержневою апроксимацією. Напруження в поясах моделей з використанням стержневої апроксимації відрізняються від напружень по моделях із стінками, які задані плоскими КЕ, з відповідними параметрами стінок і отворів на 0,4-2%. Тобто у випадку необхідності, напружений стан балок (в першу чергу поясів) можна оцінити на моделях з використанням шарнірно-стержневої апроксимації.

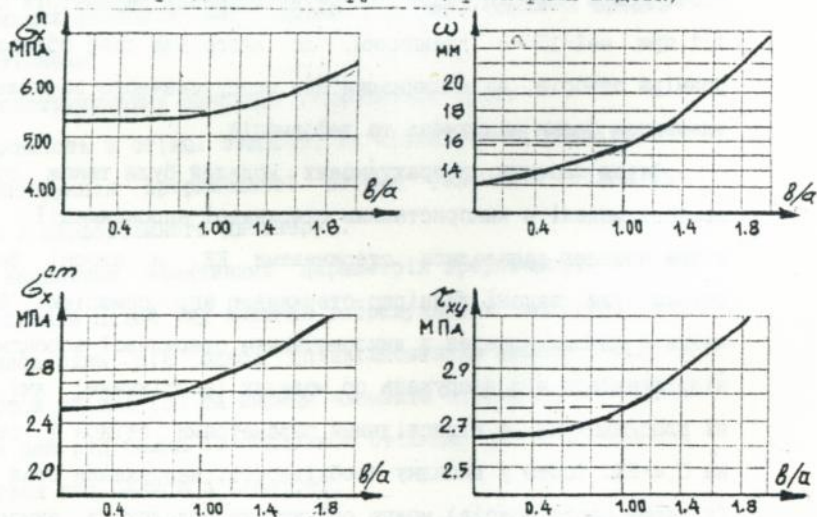
На основі розрахунків по таким же плоским розрахунковим моделям, в яких пояси моделювались стержневими КЕ, а прерив-



Мал.5. Епюра напружень в поясах балки: а) - в верхньому поясі в перерізі в зоні суцільного участку стінки; б) - в зоні відсутності стінки.



Мал.6. Епюра дотичних напружень (припорний відсік)



Мал.7. Залежності величин максимальних напружень в поясах ( $G_x^n$ ) в стінках ( $G_x^{cm}$ ,  $\tau_{xy}$ ) та прогинів ( $\omega$ ) від співвідношення  $b/a$ .

часті стінки з перфорованого двотавру - плоскими КЕ балки-стінки, досліджувався вплив типу преривчастої стінки на рівень напружень і деформацій в елементах балок.

Порівнюючи аналогічні напруження в поясах балки з клеєфанерною стінкою і з металевою стінкою при однакових геометричних параметрах поясів і стінки, можна відмітити, що в поясах металеводерев'яної балки напруження на 3% більше, ніж у клеєфанерній балці з преривчастою стінкою. Крім того, наявність металевої преривчастої стінки приводить до більш нерівномірного розподілення напружень в поясах, що є наслідком додаткового прирощення жорсткості за рахунок установаження металевих елементів стінки. Прогини металеводерев'яної балки на 18% менше, ніж аналогічної клеєфанерної і на 9% менше, ніж суцільностінчатої клеєфанерної.

Результати теоретичних досліджень перевірені експериментально. Об'єктами експериментальних досліджень є балки прольотом 6 м :

- клеєфанерна з преривчастою стінкою;
- металеводерев'яна з преривчастою стінкою із відрізків перфорованого двотавру;
- клеєфанерна суцільностінчата.

Використання конструкцій натуральних розмірів дозволило запобігнути погрішностей, які обумовлені моделюванням структури анізотропного матеріалу.

Клеєфанерна балка із суцільною стінкою коробчатого перерізу є аналогом балок, які застосовуються у будівництві, і була запроєктована з врахуванням вимог будівельних норм і правил. Порівняння результатів експерименту для балок із прерив-

частими стінками з експериментальними даними для суцільно-нестінчатої балки дало можливість більш об'єктивно оцінити і проаналізувати результати експериментальних досліджень, поскільки робота та граничний стан клеєних дерев'яних конструкцій залежить не тільки від якості проектування і застосовуваних матеріалів, але й в великій степені від технології їх виготовлення і якості склеювання.

Усі випробувані балки мали пояси ідентичного перерізу. Преривчасті стінки (металеві та фанерні) мали однакові геометричні параметри (висота, ширина елементів стінки, ширина отворів).

Випробувались конструкції на дію рівномірно розподіленого навантаження, що відповідає загальним умовам їх роботи.

Навантаження створювалось за допомогою спеціального іспитового стенду. Навантаження здійснювалось на силевій підлозі за допомогою одного гідравлічного домкрату. Навантаження від домкрату передавалось до верхнього поясу балки, що випробувалася, через важільну систему горизонтальних та вертикальних підвісок.

Металеводерев'яна балка попередньо була випробувана на зсув при різних рівнях зусилля в тяжах. Це дозволило визначити коефіцієнт жорсткості з'єднання металевої стінки з поясами та призначити раціональний рівень зусилля в тяжах. Графік залежності коефіцієнту жорсткості шва від зусилля в тяжах наведений на мал.8.

Проведені експериментальні дослідження і порівняння відповідних експериментальних та теоретичних величин дозволяють стверджувати, що найбільш близькі до дійсності є результати розрахунку по просторовим анізотропним моделям, які дають

погрішність по прогинам 8%, по максимальним напруженням в поясах - 8%.

Проте розрахунок по цим моделям найбільш трудомісткий. Тому для практичних розрахунків досить прийнятні плоскі ізотропні моделі, хоча вони і дають більші погрішності (до 11% по напруженням в поясах, до 9% по прогинам та 27% по напруженням в стінках). На мал.9 наведені прогини досліджуваних балок.

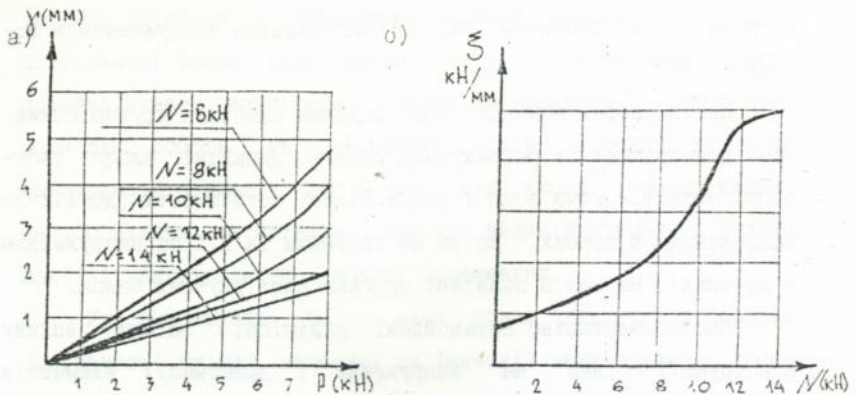
Експериментально встановлені кількісні оцінки впливу конструкції стінки на напруження і деформації елементів конструкцій, що досліджуються. Встановлення преривчастої металевої стінки (при фрикційному з'єднанні поясів з елементами стінки) приводить до незначного підвищення жорсткості балки і викликає збільшення напружень в поясах на 5% в порівнянні з аналогічними балками з суцільною фанерною стінкою.

Жорсткість клеєфанерної балки з преривчастою стінкою зменшується на 14%, напруження в поясах збільшується на 1,2% в порівнянні з балкою-аналогом.

Для всіх балок, що були випробувані, одержані величини руйнівних навантажень.

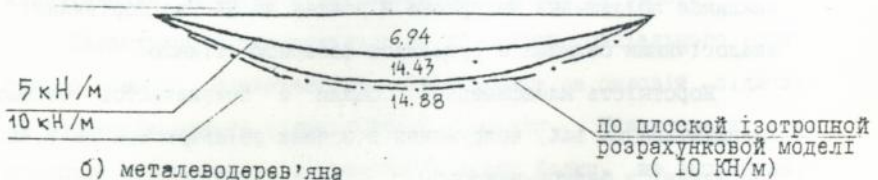
Була проведена техніко-економічна оцінка досліджуваних конструкцій, основи якої складають такі показники: маса конструкції, трудомісткість виготовлення, витрати матеріалів, вартість конструкції.

На основі одержаних результатів можливо стверджувати, що вартість (в збалансованих цінах 1984 р.) клеєфанерної балки з преривчастою стінкою на 22% нижче, ніж балки-аналога (еквівалентного перерізу); вартість клеєфанерної балки з преривчастою стінкою, яка еквівалентна по несучій спроможності балці-аналогу, на 15% нижче вартості прийнятого аналогу; вартість метале-

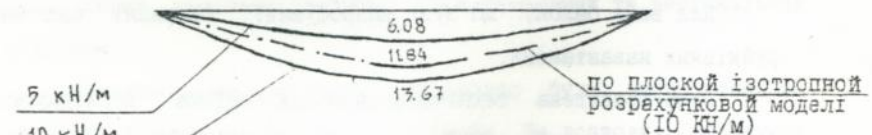


Мал. 8. Графіки залежності: а) абсолютного зсуву поясів від зсувного зусилля при різних рівнях зусилля в тяжах ( $N$ ); б) коефіцієнту жорсткості шва від зусилля в тяжах

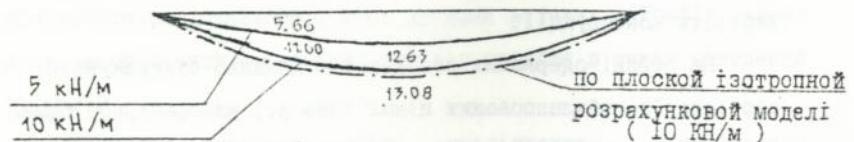
а) клефанерна з преривчастою стінкою



б) металеводерев'яна



в) клефанерна з суцільною стінкою



Мал. 9. Прогини досліджуваних балок.

водерев'яної балки з преривчастю стінкою із перфорованого двотавру нижче вартості балки-аналога на 41%.

Результати попередньої техніко-економічної оцінки-досліджуваних конструкцій свідчать про перспективність дерев'яних та металеводерев'яних балок з преривчастими стінками.

У роботі пропонується орієнтовний сортамент металеводерев'яних балок з преривчастими стінками із перфорованого двотавру прольотами 6-12 м для різних навантажень.

#### ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. На основі огляду існуючих дерев'яних та металеводерев'яних несучих конструкцій запропонована нова балочна система, яка орієнтована на існуючі технологічні можливості вітчизняної будівельної бази, і розроблені основні конструктивні рішення клеєфанерної балки з преривчастою фанерною стінкою та металеводерев'яної балки з стінкою, яка виготовлена із відрізків перфорованого двотавру.

2. Виконаний комплекс теоретичних досліджень балок з преривчастю стінкою, при якому були сформульовані розрахункові моделі на основі МКЕ та шарнірно-стержневої апроксимації, плоскі та просторові, ізотропні та анізотропні.

Одержані кількісні оцінки впливу врахування в моделях анізотропії і реального розміщення елементів балок на картину напружено-деформованого стану конструкцій.

Одержані оцінки впливу конструктивних особливостей стінок на рівень напружень і деформацій, встановлені раціональні розміри отворів у стінках.

3. Здійснена перевірка вірогідності теоретичних резуль-

татів і встановлені близькі до дійсності розрахункові моделі на основі порівняння теоретичних та експериментальних досліджень на зразках балок в натуральну величину.

4. Встановлена можливість використання в практичних розрахунках наближених плоских ізотропних моделей балок.

5. Експериментально визначена залежність поступливості з'єднання металевої стінки з поясами металеводерев'яної балки від рівня зусилля в тязях.

6. Визначена інтенсивність руйнівного навантаження та характер руйнування для кожної балки, що випробувалась.

7. Запропоновано орієнтовний сортамент металеводерев'яних балок з преривчастою стінкою із відрізків перфорованого двотавру.

8. Встановлено в першому наближенні, базуючись на діючих методиках, техніко-економічні показники досліджуваних конструкцій в порівнянні з промисловим аналогом.

Основні положення та результати дисертаційної роботи викладені в таких публікаціях:

1. Коляков М.И. Николаевская М.С. Новая конструктивная система на основе металлодеревянных изгибаемых и внецентренно сжатых элементов// Усиление и реконструкция производственных зданий и сооружений, построенных в металле: Тез. докл. Пятой Украинской научн-техн. конф. по металлическим конструкциям - Киев, 1992.- с.67-68.

2. Николаевская М.С. Экспериментальные исследования работы деревянных и металлодеревянных балок с прерывистой стенкой/ Деп. в ГНТБ Украины, -1994.-17 с.- N593.

3. Николаевская М.С. Комбинированные балки с прерывистой стенкой: принципы конструирования и исследование напряжен-

но-деформированного состояния/ Деп. в ГНТБ Украины, -16 с.-  
1994.-N594.

4. Николаевская М.С., Коляков М.И., Юнаков М.Л. Металло-  
деревянная балка/ Заявка N4070777/33, Москва, ВНИИПЭ, 1987.

*Юнакову*

Лист до друку 24.06.94. формат 60x84/16.  
Кількість 70 прим. замов 4331.

Надруковано в Київському ДД, 252195,  
Київ-195, в-р. Л. України



AB 31.056

**AB 31.056**