

ПОЛТАВСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Абдурахімов Рашид Фарітович



НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ВУЗЛІВ СТЕРЖНЬОВИХ  
КОНСТРУКЦІЙ З КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ

Спеціальність 05.23.01. - Будівельні конструкції,  
будівлі та споруди

05.23.17 "Будівельна механіка"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Полтава - 1997

624  
69.04



00330490 (J)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі металевих та дерев'яних конструкцій Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури

Науковий керівник-

доктор технічних наук, професор Фурсов Вадим Вікторович.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Стоянов Володимир Васильович.

кандидат технічних наук, доцент Андрейко Микола Тимофійович.

Провідна організація: Харківський науково-дослідний та проєктний інститут промислового будівництва (ПромБудНДІпроєкт м.Харків)

Захист відбудеться "17" червня 1997 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 25.01.02 Полтавського технічного університету за адресою: 314601, м.Полтава, Першотравневий проспект, 24. ауд.234

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Полтавського технічного університету.

Автореферат розісланий: "16" травня 1997 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
кандидат технічних наук, доцент

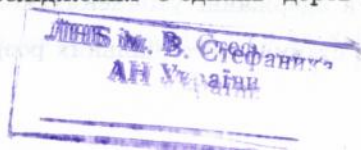
Семко О.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи і ступінь дослідженості тематики дисертації. Деревина, як відомо, являється одним з небагатьох природних матеріалів, який застосовується на практиці сучасного будівництва. Порівняно недавно деревина одержала розвиток у новій якості, у вигляді клеєних конструкцій із дошок.

Існуючий БНіП більшою своєю частиною побудований на основі широких досліджень цільної деревини. Коли в розділі, в якому нормуються розрахункові опіри, розмежування цільної та клеєної деревини зроблено, то в розділі з'єднань збереглися старі вимоги, сформульовані ще в попередніх редакціях БНіПів (1962 і 1974 рр.). При цьому несучі здібності нагелів, різноманітних за матеріалом (деревина, сталь, склопластик, алюміній і т.д.) приймаються по однім й тим же формулам. Давно назріла необхідність вивчити особливості роботи з'єднань із клеєної деревини, складених із дошок різноманітної розпилки, а також нагелів, відмінних за матеріалом.

Деревина - анізотропний матеріал і має різноманітні міцності та пружні характеристики у напрямку головних осей симетрії, що практично не враховується в реальних розрахунках, що регламентуються нормами. В останні роки з'явився новий клас будівельних конструкцій для споруд спеціального призначення, де широко використовуються такі властивості деревини, як діелектричність, радіопрозорість, магнітна проникливість. У цьому випадку традиційні матеріали, такі як сталь та залізобетон, не забезпечують потрібних технологічних умов експлуатації. У конструкціях імпульсних установ, наприклад, процент металу, який використовують, вдебільшому, для вузлових з'єднань, обмежений і не перевищує 5% від загальної маси конструкцій. Тому дослідження з'єднань дерев'яних



клеєних конструкцій з використанням різноманітних рішень є актуальним та своєчасним завданням.

Метою дисертації являється: вивчення дійсної роботи КДК на зім'яття упоперек, або під кутом до волокон, а також рішення актуальної задачі створення безметалевих з'єднань, що працюють в умовах складного напруженого стану. Для реалізації поставленої мети необхідне вирішення слідуєчих завдань:

- експериментальне дослідження зім'яття клеєної деревини як упоперек волокон, так і під різноманітними кутами нахилу волокон;
- дослідження властивостей склопластикових нагелів (розтяг, вигин, стиснення, зім'яття);
- випробування безметалевих нагельних з'єднань в натуральну величину на стиснення та розтяг;
- дослідження складного напруженого стану в умовах двоосного навантаження;
- розробка методики розрахунку на складний напружений стан;
- розробка пропозицій з розрахунку безметалевих нагельних з'єднань.

Методика дослідження: для вирішення поставлених завдань використано експериментальні та теоретичні дослідження з застосуванням сучасних методів проведення експерименту, обладнання та вимірювальної апаратури, а також розрахунково-теоретичного комплексу "Міраж", за допомогою якого проводиться урахування анізотропних властивостей деревини.

Наукова новизна роботи полягає:

- в оцінці дійсних властивостей клеєної деревини під час її роботи на зім'яття та в умовах складного напруженого стану;
- в одержанні уточнених коефіцієнтів при компонентах напруженого стану в критеріальних розрахунках;

- у дослідженні натурних безметалевих вузлів спеціальних споруд;
- у розробці методики їх розрахунку в спорудах електрофізичних установ, які регулярно спостерігаються в процесі їхньої експлуатації.

#### На захист вносяться:

- результати дослідження місцевого напруженого зім'яття з упорами та без них;
- результати дослідження складного напруженого стану;
- дослідження безметалевих нагельних з'єднань, як вклеєних, так і поставлених насухо;
- результати експериментальних досліджень вузлових з'єднань, виконаних у натуральний розмір;
- методика розрахунку безметалевих з'єднань.

Практична цінність роботи: Отримані результати є основою для оцінки дійсної роботи КДК на зім'яття, а також дають можливість вирішення актуального завдання створення безметалевих з'єднань, які працюють в умовах складного напруженого стану. Достовірність отриманих результатів підтверджується порівняльними даними теоретичних та експериментальних досліджень, а також окремими положеннями подібних робіт, проведених в інших організаціях.

Упровадження результатів досліджень: Окремі результати досліджень увійшли у проект ВСН-46-9-97 "Дерев'яні конструкції", а також враховуються при експлуатації та підсиленні ізоляційних несучих конструкцій електротехнічного призначення.

Апробація роботи: Основні положення дисертації доповідались на міжнародних конференціях у м. Харкові в 1996 р. та Одесі у 1997 р., а також на науково-технічних конференціях ХДТУБА у період 1992-1997 рр. У закінченому вигляді робота доповідалася на кафедрі

МДК ХДТУБА у 1997 р., а також на семінарі при докторській раді Д25.01.02 Полтавського технічного університету у 1997 р.

Обсяг дисертації: Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, основних висновків, списку використаних джерел та додатків загальним обсягом 150 сторінок, до числа яких входить 111 сторінок основного тексту, 42 малюнків, 12 таблиць і список літератури із 150 найменувань.

### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується необхідність експериментальних та теоретичних досліджень клеєної деревини на зім'яття, дослідження складного напруженого стану, вивчення безметалевих нагельних з'єднань.

У першому розділі наведені характеристики вузлових з'єднань КДК, аналіз їх напруженого та граничного стану.

З'єднаннями із цільної деревини займались Коченов В.М., Дмитрієв П.А., Леняшин А.В., клеєної- Зубарев Г.Н., Погорельцев О.А., Турковський С.В., Буданов В.Д., Клименко В.З., а також ряд вчених ЦНДІВКа ім. Кучеренка.

Широкі дослідження зім'яття деревини провадилися у до та післявоєнний час Михайловим В.Г., Панфьоровим К.В., Коченовим В.М., Флаксерманом А.Н., Андрейко М.Т., Чернявським А.І., а для клеєної деревини кількість робіт значно менша (Орлович Р.Б., Лабудін Б.В., Серов Е.Н., Коцегубов В.П.).

Критеріальним аналізом займались Ашкеназі Е.К., Хухрянський П.Н., Клименко В.З., Серов Е.Н., Генієв Г.А., Фурсов В.В.

В останні роки за участю ЦНДІВКа в ХДТУБА розроблено новий клас будівель електротехнічного призначення. В процесі експлуатації знайдені слабкі місця з'єднань елементів в таких будов. До

них у першу чергу відносяться зони зім'яття, а також розтягнуті елементи та їх закріплення.

За матеріалами першого розділу сформульовані мета та завдання цього дослідження.

У д р у г о м у р о з д і л і розглянута можливість використання математичного апарату теорії пружності для розрахунку дерев'яних конструкцій. Деревина, у тому числі і клеена, є анізотропним матеріалом з властивостями, що відрізняються у головних осей симетрії. Питання про розрахункову модель вивчалось на кафедрі МДК ХДТУБА. Були розглянуті три основні моделі: а) ортогонально-анізотропна, б) циліндрично-анізотропна, в) трансверсально-ізотропна (транстропна).

У першому і другому випадках апарат матфізики твердого тіла розглядає 3 осі пружної симетрії (з 9 невідомими характеристиками), у третьому випадку - транстропну модель, що характерна для клееної деревини (з 5 пружними характеристиками).

Встановлено, що для зразків малих розмірів характерна ортотропна, а для зразків крупних розмірів - транстропна модель. У цьому розділі приведені основні фізичні співвідношення для деревини як транстропного матеріалу, та оцінена можливість використання обчислювального комплексу "Міраж" для розрахунку дерев'яних конструкцій та вузлів. Для плоскої задачі ці відношення відповідають формулі (1).

Розглянута також можливість використання критеріїв міцності для складного напруженого стану (двоосний стиск), заснованих на енергетичній теорії. При цьому враховувалась не загальна потенціна

енергія напружно-деформованого тіла, а лише енергія формозміни.

$$\begin{aligned}\varepsilon_z &= \frac{\sigma_z}{E_s} - \frac{\mu_{zx} \sigma_x}{E_x} - \frac{V_{z,zy} \tau_{zx}}{G_{zx}} ; \\ \varepsilon_x &= -\frac{\sigma_z \mu_{xz}}{E_x} + \frac{\sigma_x}{E_x} - \frac{V_{x,zx} \tau_{zx}}{G_{zx}} ; \\ \gamma_{zx} &= \frac{\eta_{zx,x} \sigma_z}{E_z} + \frac{\eta_{zx,z} \sigma_x}{E_x} + \frac{\tau_{zx}}{G_{zx}} .\end{aligned}\quad (1)$$

Тут  $\sigma_x, \sigma_z$  - нормальні напруження,  $\tau_{zx}$  - дотичні напруження,  $\mu_{xz}, \mu_{zx}$  - коефіцієнти Пуасона,  $\eta_{zx,x}, \eta_{zx,z}, V_{x,zy}, V_{x,zx}$  - характеристики кутів зсуву та кутів повороту.

У третьому розділі розглянуто місцеве зім'яття клееної деревини в залежності від прикладання навантаження та кута нахилу волокон.

При випробуванні на зім'яття використовувались зразки трьох типів перетинів 300\*85\*65 мм, 300\*42\*65 мм, 150\*42\*65 мм, з різними кутами нахилу волокон 45<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup>, 75<sup>0</sup>, 90<sup>0</sup>. Всього було випробувано 186 зразків.

Схема випробування уявляла з себе 3<sup>x</sup> ярусну конструкцію. Роль першого яруса грала постіль перетином 400\*72\*92 мм, другий ярус - робочий зразок, третій ярус - дерев'яний штамп, довжина якого складала третину від довжини елемента що зминається. Усі зразки для випробувань різалися із цільних клеєних балок з кутом нахилу 0<sup>0</sup>, 15<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup> по відношенню до поздовжньої осі, що дозволило прикладати навантаження під кутами 90<sup>0</sup>, 75<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup> до волокон. Балки виготовлялись на заводі "Червоний жовтень" у м. Архангельську і були привезені для конструкцій об'єктів електротехнічного призначення. Це дозволило вважати, що отримані результати можуть відповідати дійсній роботі КДК, що використовуються у

будівельній практиці. Для оцінки характеру НДС на всі елементи приклеювались датчики активного опору (до 40 штук на модель).

Випробування усіх серій провадились у 4 етапи:

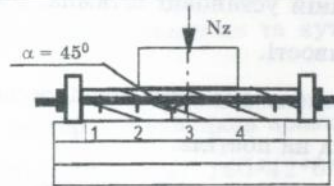
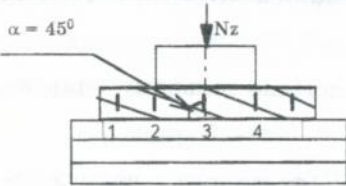
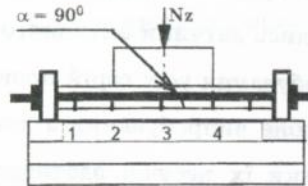
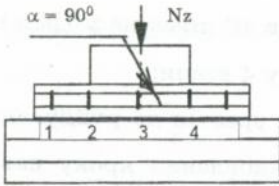
1) пробне випробування з доведенням зразків до руйнування, з метою оцінки їх несучої здатності та встановлення кроку навантаження; 2) випробування симетрично навантажених зразків до рівня 35 - 40% від встановленого на першому етапі руйнівного навантаження. При цьому провадилося тензометрування, після якого зразки розвантажувались поетапно; 3) перенесення навантажуючого штампу на край зразка з оцінкою його пружно-деформованого стану при несиметричному навантаженні, на рівні 30% від руйнівного навантаження з послідуочим розвантаженням. 4) руйнування зразків при симетричній установці штамп, при цьому оцінювався його характер та особливості.

Стиснене зім'яття досліджувалось аналогічно вільному опираю зразка на постіль.

У зразках встановлено наявність складного напружно-деформованого стану, зафіксовані поперечні напруження різних знаків. Особливу небезпеку являють собою поперечні розтягуючі напруження (мал.1).

Виявлено, що мінімальна опірність деревини на зім'яття характерна для кутів у  $45^0$ . Показано, що максимальні напруження знаходяться під кутами штампів, а в середній частині штамп, для кутів 45, 60,  $75^0$  - їх значення знижуються. Постановка упорів, виконаних любим засобом, у вузлових з'єднаннях, взагалі покращує їхню роботу, стабілізуючи деформації стиску та понижуючи деформації розтягування упоперек волокон.

Наявність цих напружень приводить до того, що виникає розколювання зразків із площини, приблизно у 40% випадків при кутах



— теорія

- - - експеримент

Мал.1. Епюри поперечних напружень зім'яття при кутах нахилу волокон 90° 45° (рівень навантаження 15кН) з упорами та без них.

90<sup>0</sup>, а під кутами штампу виникає зколювання у межах найбільш слабкої дошки по границі ранніх та пізніх клітин. Наявність об'ємного напруженого стану наштовхнуло на необхідність рішення об'ємної задачі: усі моделі були розраховані на обчислювальному комплексі "Міражі". При кутах 90<sup>0</sup> та 45<sup>0</sup> помічений добрий збіг результатів. При інших кутах чітко збігаються максимальні значення напружень.

У ч е т в е р т о м у р о з д і л і приведені дані експерименту для хрестів, виконаних із клеєної деревини. Висота хрестів коливалась від 350 до 380 мм, ширина перерізу складала 95 - 100 мм. Розглядалась різноманітні кути нахилу бокових частин відносно вертикального елемента: 15<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup>, а також ортогональні хрестові з'єднання.

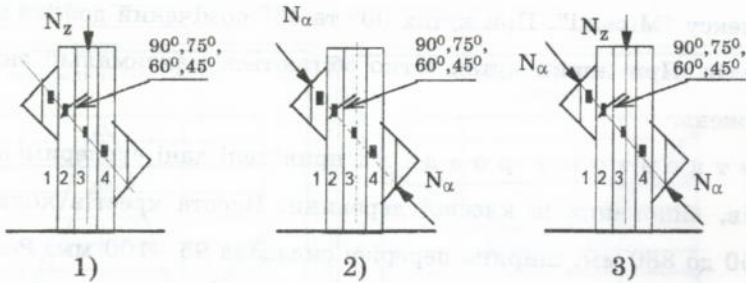
Основне дослідження включало в себе п'ять серій зразків, в кожному з яких входило 5-8 моделей. Перед випробуваннями були проведені попередні дослідження для оцінки режимів завантажень, а також були визначені міцнісні та пружні характеристики клеєної деревини.

Для одержання порівняльних даних, проведення основного експерименту також було розбито на три поступово виконаних етапа: 1) навантаження уздовж волокон, 2) навантаження упоперек, або під кутом до волокон, 3) сукупне прикладання стискуючої сили у двох напрямках (мал.2).

Зусилля у повздовжньому напрямку здійснювалось за рахунок гідравлічного пресу УІМ-50. Бокове зусилля передавалось за допомогою спеціально розроблених траверс з металевими тягами і здійснювалось за рахунок установки на стенд гідравлічного домкрату вантажопідйомністю у 100 кН.

Для оцінки деформованого стану на кожні два хрестообразних зразка серії наклеювались від 40 до 80 датчиків активного опору, ба-

зою 10 мм, опором близько 200 Ом. Зкомутовані датчики підключались до електроніків АІД-1, або ТК-1, які зафіксували приріст деформацій.



Мал.2 Схема навантаження зразків.

Зразки витримувались в умовах лабораторії близько 3 місяців при незначній змінній температурі та вологості навколишнього середовища.

Розглядалися різноманітні співвідношення двоосних навантажень, котрі коливалися у межах від 5 до 10, що пов'язувалося з відношенням жорсткісних параметрів.

На перших етапах перших двох видів завантаження перевірялася робота оснащення та вимірювальних приладів, а також проводилось визначення пружних характеристик у кожній дошці клеєвого пакету та розраховувались їх середньостатистичні показники. Деформації у датчиках, встановлених розетками, визначалися згідно умов закону Гука для анізотропного (транстропного) матеріалу.

Для обчислення зсувних деформацій використовувалась формула:

$$\gamma_{xz} = 2\varepsilon_{45} - \varepsilon_x - \varepsilon_z. \quad (2)$$

За її допомогою визначались дотичні напруження:

$$\tau_{xz} = \frac{G_{xz}}{\gamma_{xz}}. \quad (3)$$

Нормальні напруження, діючі по площадкам пружної симетрії, визначалися за формулою:

$$\sigma_z = \frac{E_z(\varepsilon_x + \mu_{zx}\varepsilon_y)}{1 - \mu_{zx}\mu_{xz}}; \quad (4)$$

$$\sigma_x = \frac{E_x(\varepsilon_y + \mu_{xz}\varepsilon_x)}{1 - \mu_{zx}\mu_{xz}},$$

тут ось Z має напрямок уповздовж волокон вертикального елемента, а ось X - перпендикулярна до неї.

Результати випробувань усіх серій з указанням рівня руйнівних напружень наведені в табл.1.

Таблиця 1

## Результати випробувань хрестів із КДК.

№ сер	Кут	Кільк ість, шт.	Пере- різ	Руйнівні напруження, МПа			Приміт ки
				$\sigma_z$	$\sigma_x$	$\sigma_\alpha$	
1	90	5	95*95	7.90	8.20	-	$N_\alpha/N_z =$ 1/10
		5	95*95	36.50	7.60	-	
		8	95*95	3.95	4.43	-	
2	75	5	95*95	31.6	8.9	7.9	$N_\alpha/N_z =$ =1/7
3	60	5	95*95	30.6	9.0	7.8	$N_\alpha/N_z =$ =1/5
4	45	6	95*95	31.9	7.74	5.5	$N_\alpha/N_z =$ =1/5

Обробка результатів усіх випробувань була проведена в автоматичному режимі з використанням програми Exell Windows. За допо-

могою цієї програми виконана уся частина оформлення роботи, маюнки та графіки.

Розподілення повздовжніх напружень уздовж волокон у робочій зоні вертикального елемента при різноманітних рівнях напружень наведені для головних груп зразків (мал. 3 та 4). Максимальні повздовжні напруження при однакових рівнях навантажень характеризувались стисненням та були близькі за абсолютними значеннями, проте кожна серія з чотирьох груп зразків мала свій характер розподілення.

При спільному прикладанні навантажень при кутах  $90^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  максимальні повздовжні напруження знижувалися відповідно на 8,8%; 37,8% и 20%, а при куті у  $45^{\circ}$  зафіксовано їх збільшення приблизно на 32%. Але у першому випадку спільне прикладання навантажень створює деякий запас порівняно з одноосним напруженим станом, а при кутах  $45^{\circ}$  суттєво підвищує напружено-деформований стан. У поперечному напрямку при двоосному прикладанні навантаження напруження розтягнення, що характерні для одноосного стану, зникають на всьому протязі завантаження, що вигідно відрізняє їх від одноосного зім'яття упоперек, або під кутом до волокон.

Цей ефект привів до того, що очікувані перед проведенням експерименту зколювання бокових елементів не здійснилися, оскільки дотичні напруження не досягли при двоосному стиску своїх критичних значень. Як виявилось, лімітуючим при руйнуванні хрестоподібних зразків стало зім'яття у поперечному напрямку, яке особливо проявилось при кутах нахилу бокових граней у  $45^{\circ}$ . По характеру таке деформування наближається до зім'яття з упорами.

Теоретичне рішення задачі двоосного напруженого стану проведене в два етапи за допомогою обчислювального комплексу "Міраж". На першому етапі було розглянуто плоску задачу теорії пружності, а

на другому етапі було проведено оцінку міцностних властивостей моделей, працюючих на двохосне стискування за об'ємною схемою.

При формуванні системи використовувались просторові анізотропні кінцеві елементи у вигляді паралелепіпеду KE-31, а також тригранної призми KE-33. Розбивання системи на кінцеві елементи погоджувалися з зонами розташування датчиків активного опору, що забезпечувало зручність порівняння розрахункових результатів з даними експерименту.

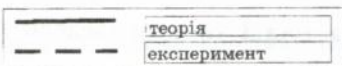
Комплекс "Міраж" надає можливість вивчення деформованих схем для різних рівнів завантаження експериментальних моделей, а також проведення оцінки їх граничних станів у порівнянні з типом руйнування, яке було отримано у результаті експериментального дослідження.

Можна відмітити, що в цілому характер деформування експериментальних та теоретичних моделей співпадає. Загальна деформація моделей відрізняється поворотом верхньої частини і деформаціями зім'яття в зонах, що розташовані нижче крайньої межі примикання бокового елемента. Основні дані, які характеризуються величинами максимальних напружень уповздовж головних осей пружної симетрії досить близько співпадають, проте найбільш напружені точки в експериментальних та теоретичних моделях не завжди співпадають. Можна відмітити, що при критеріальному розрахунку для перевірки крайніх значень напруженого стану ми відбираємо найбільш навантажені точки, а не проводимо розрахунок усього поля напруження в цілому, тобто в цьому аспекті можна вважати, що основна ціль дослідження виконана.

На мал.3 та 4 приведено порівняльний аналіз даних експериментального та теоретичного досліджень при фіксованих рівнях силових дій у повздовжному та поперечному напрямках. Найбільш

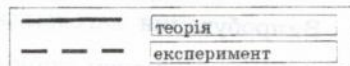


Мал.3 Порівняльний аналіз експериментальних та розрахункових значень нормальних та дотичних напружень у ортогональних хрестах із КДК





Мал.4 Порівняльний аналіз експериментальних та розрахункових значень нормальних та дотичних напружень у хрестах із КДК при боковому примиканні під кутом  $45^{\circ}$



небезпечні напруження, розвинуті у поперечному напрямку, у середині робочої зони хрестів, знаходяться у межах довірнього інтервалу.

Особливо близький збіг результатів теоретичного розрахунку з даними експерименту одержано при куті у  $45^{\circ}$ . У цьому випадку збіг зафіксований на усьому протязі кривих, для усіх точок, які знаходяться у робочій зоні. Під час критеріальної перевірки в робочій зоні хрестів можна приймати максимальне значення нормальних та дотичних напружень у робочій зоні.

У п'ятому розділі були розглянуті реальні конструкції елементів електрофізичної установки ГНС-12-30.

Вузлові з'єднання, що розроблені на кафедрі МДК ХДТУБА та захищені авторськими свідоцтвами, у процесі експлуатації два рази на рік регулярно спостерігались. У результаті спостережень виявлені їхні слабкі місця.

У зв'язку з цим у 5 розділі вирішувались основні завдання наступного плану:

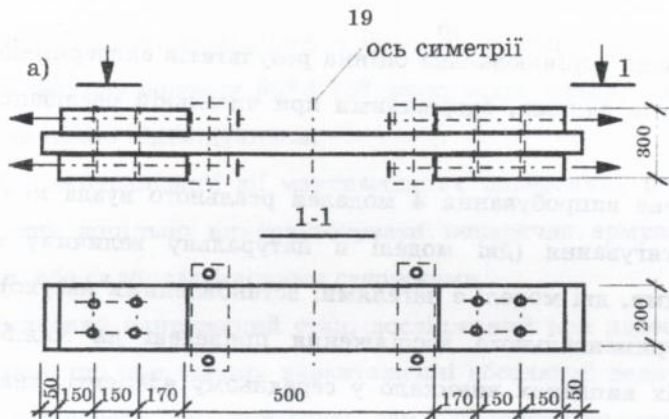
- дослідження склопластиків на предмет їх використання як закріплюючих елементів,

- оцінка нагельних з'єднань із склопластиків, вклеєних та встановлених насухо,

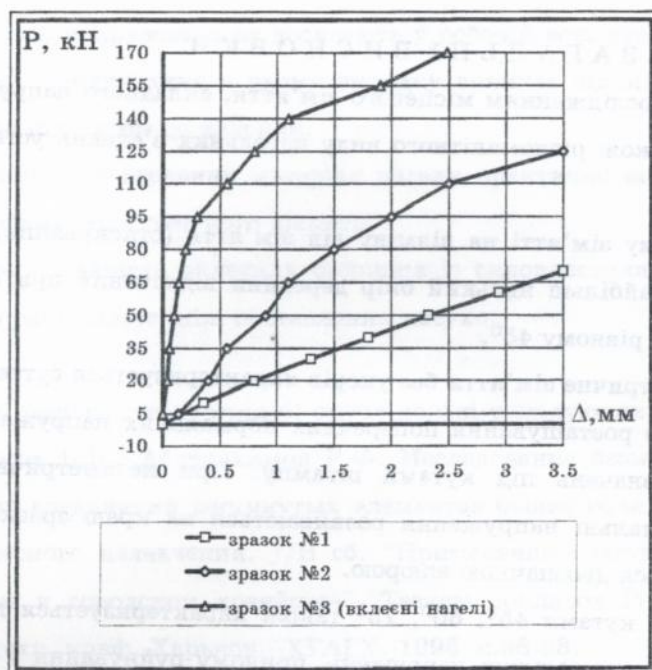
- дослідження в натуральну величину розтягнутих елементів із клеєної деревени, з'єднаних на склопластикових нагельях.

Результати досліджень склопластика СПП-ЕА, використаного як нагель, на стиск, розтягування та вигін наведені у дисертації. В результаті випробувань встановлені їхні межі міцності та модулі пружності.

Випробування нагельних з'єднань по схемі стискування дозволило оцінити їх несучу здібність під різноманітними кутами відносно до діючої сили. Були проведені їх випробування при кутах  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,



б)



Мал.5 Випробування розтягнутого елемента: а) загальна схема випробування, б) графіки залежності повних деформацій від навантаження.

60<sup>0</sup>, 90<sup>0</sup> та проведена порівнювальна оцінка результатів експерименту з розрахунковими даними, одержаними при чисельній реалізації на "Міражі".

Було здійснене випробування 4 моделей реального вузла конструкцій на розтягування (дві моделі в натуральну величину з вклеєними нагелями, дві моделі з нагелями, встановленими насуху). Результати експериментального дослідження приведені на мал.5. Руйнування у всіх випадках виникало у середньому елементі, внаслідок його рухомості.

### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.

За здійсненим дослідженням місцевого зім'яття, складного напруженого стану, а також різноманітного виду нагельних з'єднань встановлено наступне:

- 1) При місцевому зім'ятті на відміну від зім'яття (стискування) по всій поверхні найбільш низький опір деревини відмічений при куті нахилу волокон рівному 45<sup>0</sup>.
- 2) Місцеве симетричне зім'яття без упорів характеризується суттєвою нерівномірністю розташування поперечних нормальних напружень з максимумами значень під кутами штампу. При несиметричному зім'ятті максимальні напруження розвиваються на краю зразка та характеризуються двозначною епюрою.
- 3) Зім'яття під кутами 45<sup>0</sup>, 60<sup>0</sup>, 75<sup>0</sup> також характеризується двозначною епюрою нормальних напружень, причому руйнування у цьому випадку викликаються розтягуючими напруженнями, діючими упоперек волокон, у межах найбільш слабкої дошки між суміжними клеєними швами на межі ранніх та пізніх клітин деревини.

- 4) При стиснутому зім'ятті з упорами розтягуючі напруження при кутах нахилу волокон  $90^{\circ}$  і  $75^{\circ}$  дещо знижуються, а при кутах  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  незначно підвищуються.
- 5) Для нейтралізації дії максимальних поперечних розтягуючих напружень доцільно використовувати поперечне армування арматурними, або склопластиковими стержнями.
- 6) Складний напружений стан, досліджений при двоосному стисненні показав, що при такому навантаженні абсолютні величини нормальних напружень, як уповздовж, так і упоперек волокон знижуються від 8 до 15%.
- 7) Дотичні напруження не досягають у робочій зоні своїх критичних значень, і руйнування у цьому випадку виникає від зім'яття упоперек, або під кутом до волокон.
- 8) На зім'яття деревини матеріал нагеля практично впливу не має, тут основну роль грає його діаметр.
- 9) Деформативність вклеєних стержнів із склопластика приблизно в 1,4-1,5 рази нижче, ніж поставлених насухо.

Основні результати дисертації опубліковані у наступних роботах:

1. Фурсов В.В., Абдурахимов Р.Ф. Исследование безметалльных нагельных соединений растянутых элементов башен объектов электротехнического назначения. //В сб. "Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве". Тезисы докладов IV Украинской науч.-техн. конф. Харьков. -ХГАГХ.-1996.-с.56-58.
2. Фурсов В.В., Абдурахимов Р.Ф., Чередник Д.Л. Разработка методики испытаний древесины на сложное напряженное состояние. //Сб. Повышение эффективности строительства.-Харьков.-1993.-с.32-33.

3. Фурсов В.В., Прыгунков А.В., Абдурахимов Р.Ф. Исследование древесины и нагельных соединений при передаче усилий под углом к волокнам. //Сб. Повышение эффективности строительства.-Х.-1993.-с.30-31.
4. Фурсов В.В., Прыгунков А.В. Абдурахимов Р.Ф. Исследование резервов несущей способности деревянных конструкций промышленного здания в Харьковской области. // Бюл. строит. инф. Мин. обороны Украины.. -№4. -1994г - с. 26-29.
5. Фурсов В.В., Абдурахимов Р.Ф. Исследование клееной древесины на смятие поперек и под углом к волокнам. // Бюллетень стр. инф. Мин. обороны Украины. -№4.-1995.-с.25-28.
6. Фурсов В.В., Абдурахимов Р.Ф. Проектирование деревянных башен со стойками на податливых связях. // Тезисы докладов научно-техн. конф. ХИСИ. -Харьков -1993.-с.72.
7. Фурсов В.В., Прыгунков А.В., Абдурахимов Р.Ф. Реконструкция главного корпуса завода в г. Балаклея. //Тезисы докладов научно-тех. конф. ХИСИ. -1993.- с.79.
8. Фурсов В.В., Абдурахимов Р.Ф. Исследование клееной древесины на местное смятие под углом к волокнам.// III Международный симпозиум "Современные строительные конструкции из металла и древесины". -ОГАСА -Одесса.-1997.-с.55-59.

#### АННОТАЦИЯ

Абдурахимов Рашид Фаритович "Напряженно-деформированное состояние узлов стержневых конструкций из клееной древесины". Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. Полтавский технический университет. Полтава 1997 г.

В работе исследовано местное смятие клееной древесины при различном приложении нагрузки и при различных граничных условиях. Экспериментально исследовано сложное напряженно - деформированное состояние при двухосном сжатии. Экспериментально исследованы безметалльные нагельные соединения на сжатие при различных углах приложения нагрузки и испытаны в натуральную величину растянутые элементы конструкций. Проведено сопоставление экспериментальных данных с теоретическим решением объемных задач при всех видах испытаний. Предложены уточненные коэффициенты при критериальном расчете и инженерные методы расчета.

Ключевые слова: цельная и клееная древесина, анизотропия, смятие, сложное напряженное состояние, нагели, безметалльные соединения.

#### SUMMARY

Abdurahimov Rashid Faridovich "Strained deformation condition of pivotals units constructed from glue wood". Dissertation in the level of candidate of technical sciences on speciality 05.23.01 - building constructions. Poltava Technical University. Poltava, 1997.

Local deformations of glue wood under different conditions of applied loading and boundary conditions are studied in the work. Complex strained deformation state at double axes compression is investigated experimentally. Bolt conjunctions without metal under compression at different angles of the load applied are investigated experimentally and real scale stretched constructions elements are tested. A comparison of experimental data with theoretical solution of volume problem under all kinds of experimental. Specified coefficients of criteria and engineering calculations are proposed.

Key words: whole and glue wood, anisotropy, compression, deformation, complex compressed state, bolt, junctions without metal.

АВ 37.814

Тип. "NovaNews", г.Харьков, пр. 50-лет ВЛКСМ, 52  
Заказ 389. Тираж 60, в печ. 15.05.97г.