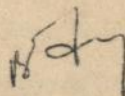


ПОЛТАВСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Фурсов Вадим Вікторович



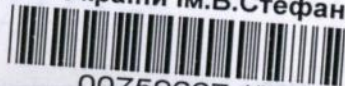
ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД
ВПЛИВОМ РІЗНОМАНІТНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА
ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА

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
доктора технічних наук

Полтава - 1996



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському
університеті будівництва та архітектури

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
академік В.І.Травуц,
доктор технічних наук,
академік В.В.Стоянов,
доктор технічних наук,
професор С.Ф.Пічутін.

Провідна організація: Харківський науково - дослідний
та проектний інститут проми-
слового будівництва

Захист відбудеться "9" квітня 1996 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 25.01.02 Полтавського технічного
університету за адресою: 314011, Полтава, Першотравневий проспект,
24.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Полтавського технічно-
го університету.

Автореферат розісланий: "4" березня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, професор

В.А.Бондар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи і ступінь дослідженості тематики. Єдиним самовідтворюваним будівельним матеріалом є деревина, яка мала на всьому протязі людської історії, мабуть, найбільш широке та різноманітне застосування. Основним споживачем лісу є будівництво, куди деревина прийшла в останні роки у новій якості. Протягом свого розвитку дерев'яні конструкції зазнавали свого зльоту та падіння, що характеризувалося майже повним або частковим забороненням на їх застосування.

Сучасні клесні дерев'яні конструкції (КДК) мають високу відносну міцність та довговічність при умові дотримання експлуатаційних вимог та стійкість до хімічної агресії. Крім того існує ряд специфічних властивостей, дозволяючих використовувати КДК в будовах спеціального призначення. За кордоном, в найбільш розвинених країнах Америки та Європи широке використання КДК почалося ще наприкінці 40-х років і з цього часу іде постійне зростання її обсягу з поширенням застосованої номенклатури. В більшості своєму це житло, громадські, сільсько-господарчі, спортивні та спеціальні споруди.

З 70-х років було налагоджено вітчизняне промислове виробництво КДК, але ця галузь зазнає, особливо в останній час, деякі труднощі. При цьому наявна її ефективність (в декілька разів зменшується власна вага конструкцій, трудомісткість монтажу, строки зведення і т.і.). Автоматичне перенесення на КДК добре вивчених властивостей суцільної природної деревини у повній мірі не припустимо. Назріла необхідність комплексного обліку властивостей матеріалу, характеру напруженого стану, виду та тривалості експлуатаційних впливів, що забезпечить можливість створення надійних та працездатних конструкцій при максимальному використанні резервів несучої здатності.

На актуальність подібних підступів неодноразово вказувалося на різних координаційних нарадах, семинарах та конференціях. Цим визначається необхідність ширококомаштабних експериментальних досліджень з безумовним залученням апарату математичної статистики, з оцінкою ймовірностей відхилення та уточненням коефіцієнтів варіацій для кожного виду напружено-деформованого стану. Здається доцільним вивчення і проведення аналізу міцносних та пружних характеристик деревини та зіставлення їх з даними нормуючих документів найбільш розвинених країн Європи та Америки.

Мета і основні завдання наукового дослідження. Дослідження дійсних властивостей та працездатності конструкційної деревини у випадку різних силових впливів, удосконалення методики розрахунку, а також створення та впровадження в практику на цій основі нового класу спеціальних об'єктів електротехнічного призначення.

Постановлена мета реалізується на основі рішення слідуючих задач:

- розглядання з сучасних позицій анізотропних властивостей деревини (суцільної та клеєної);
- дослідження зразків, моделей та вузлових сполучень, в тому числі і в натуральну величину, та встановлення на цій основі впливу масштабного фактору на різні властивості деревини та визначення розрахункової моделі анізотропії;
- створення експериментального та теоретично обгрунтованого методу, дозволяючого оцінити роботу деревини в умовах складного напруженого стану;
- розробка методики розрахунку конструкцій та вузлів з врахуванням анізотропії деревини для уточнення існуючих нормуючих положень;
- розробка рекомендацій для повторного застосування деревини, яка експлуатується довгий строк.

Методи дослідження. Для рішення постановлених завдань використовується експериментально-теоретичний метод дослідження з залу-

ченням ймовірносних методів та дисперсного аналізу для оцінки особливостей деревини як будівельного матеріалу. В теоретичних розробках використано загальні методи механіки твердого-деформованного анізотропного тіла.

Особистий внесок дисертанта у розробку наукових результатів. Значна частина досліджень зроблена автором самостійно. Окремі експериментальні дослідження, результати яких наведені у роботі, виконані під керівництвом автора за участю Галушко П.Г., Скали Г.Ф. (нині кандидатів технічних наук), асп. Пригункова О.В., Чередняка Д.Л., Абдурахімова Р.Ф., Попова В.М., Слабуна В.К., Бойко Т.К. В дослідженнях, які провадилися в межах розробки теми ГНТ 12-30, приймали участь к.т.н. Гривь І.М., Ляхін В.В., Турковський С.Б. (ЦНДІБК).

На захист вносяться:

- новий клас конструкцій електротехнічного призначення;
- новий підхід до розрахунку дерев'яних конструкцій з обліком їх анізотропних властивостей;
- експериментально-теоретичні дослідження закономірностей деформування та міцності цільної, клеєної та "старої" деревини в різних умовах навантаження;
- облік складного напруженого стану в критеріальній формі;
- результати дослідження крупномасштабних моделей, фрагментів вузлів у натуральну величину для об'єктів електротехнічного призначення;
- практичний підхід до оцінки працездатності дерев'яних конструкцій в різних умовах їх експлуатації.

Обґрунтування практичної цінності досліджень та їхньої наукової новизни

Наукова новизна складається:

- з створення нового класу конструкцій, об'єктів електротехнічного призначення (ізоляційні несучі конструкції - ІНК);

- з обґрунтування з сучасних позицій нового підходу до проектування дерев'яних конструкцій, які базуються на обліку анізотропії деревини;
- з оцінки впливу масштабного фактору на її міцності та пружні властивості та з визначення на основі цього моделі анізотропії;
- з пропонування способу розрахунку на складний напружений стан за допомогою розробленого автором критерія міцності відповідно до траєкторної моделі деревини;
- з визначення експлуатаційних коефіцієнтів, що коректують розрахунковий опір у випадку повторного застосування деревини після тривалої її експлуатації.

Достовірність результатів підтверджується порівнювальним аналізом існуючих підходів до оцінки міцносних та деформаційних характеристик цільної та клеєної деревини як анізотропного тіла, з отриманими в результаті широкомасштабних досліджень, здійснених автором або під його керівництвом. Цей же факт підтверджується значною кількістю розроблених, запроєктованих і побудованих за участю ХІБІ об'єктів електротехнічного призначення. Деякі з них експлуатуються вже значний строк, а щорічні спостереження за ними сприяють накопиченню інформації про їх поведінку на протязі часу.

Проведені за участю та під керівництвом автора багаторічні обстеження традиційних дерев'яних конструкцій житлового та суспільного фондів будов по території України дозволяють удосконалювати методичку їх посилення та реконструкції.

Практичне значення складається:

з створення нового класу будов та споруд, в яких застосовані діелектричні властивості деревини; в розширенні галузі її застосування, що дозволить вирішити багато які технологічні задачі, що неможливо вирішити в умовах застосування традиційних будівельних матеріалів сталі та залізобетону; з реалізації комплексного теоретико-експериментального підходу до вивчення деревини як будівельного ма-

теріалу, що дозволить вже на стадії проектування забезпечити необхідну міцність та надійність конструкцій в умовах раціонального застосування їх дійсних властивостей.

Вивчення та систематизація відмов дерев'яних конструкцій полегшує оцінку окремих "слабкостей" традиційних рішень, прийнятих до уваги при новому проектуванні та реконструкції.

Рівень реалізація та впровадження наукових розробок.

Результати роботи впроваджені:

1. в нормативну літературу - проект нової редакції розділу СНиП 2.01.90, замість СНиП 11-25-80 "Деревянные конструкции", проект СНиП 2.01.13-86 "Реконструкция зданий и сооружений";
2. в технічну літературу; Довідник "Проектування та розрахунок дерев'яних конструкцій" Київ, 1988р. 239 с.
3. при проектуванні та будівництві реальних об'єктів: ГНТ 12-30-Харківська область; ізоляційних установ в Московській та Ленінградській областях, а також на значній кількості традиційних об'єктів на території України.

Апробація роботи. Результати досліджень доповідалися, на 29 міжнародних, всесоюзних, республіканських та інших конференціях; Всесоюзна конференція "Пути снижения материалоемкости несущих конструкций инженерного назначения" м. Хабаровск, 1987р.; Всесоюзний науково-практичний семінар, м.м. Владимир-Суздаль, 1991р.; Всесоюзна конференція "Долговечность и реконструкция в строительстве" м. Пенза, 1991-1992рр.; Всесоюзний науково-практичний семінар "Использование КДК в строительстве" ЦНДІБК - Москва, 1991; Всесоюзні науковотехнічні конференції, м. Белгород, 1989, 1992р.; міжнародні конференції "Материалы для строительства" г.г. Москва-Дніпропетровск, 1993р.; "Надежность зданий и сооружений" м. Черкаси, 1993р.; республіканська конференція "Дослідження будівельних елементів і конструкцій", м. Рівне 1993р.; науково-технічні конфе-

реції МБІ, 1982р., 1989р.; ХІБІ, 1982р.-1995р. В повному обсязі дисертація доповідалася на спеціалізованому Всесоюзному семінарі по підготовці докторських дисертацій в м. Вороніж у 1992-1993рр., на поширеному засіданні кафедри МДК ХІБІ, 1993, 1995р. на засіданні асоціації завідуючих кафедрами металевих та дерев'яних конструкцій країн СНД в м. Одеса у 1995р.; на семінарі кафедри МДіПК Полтавського Технічного Університету у 1996р.; на семінарі при раді Д 25.01.02. по захисту докторських дисертацій в ПТУ у 1996 р.

Публікації. По матеріалах дисертації опубліковано 40 робіт, у тому числі 3 авторських свідоцтва.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, семи розділів, основних висновків, списку використаної літератури та прикладень загальним обсягом 411 сторінка, до числа яких входять 295 сторінок основного тексту і 50 таблиць, 100 малюнків на 87 сторінках, список використаних джерел з 434 найменувань на 83 сторінках, та прикладень на 21 сторінці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі до дисертаційної роботи обґрунтовується актуальність теми, викладаються загальна її характеристика, мета, наукова новізна, практичне значення, та відомості про використання отриманих результатів.

Перший розділ освітлює стан питання в історичному та сучасному аспектах. Показано, що широкі дослідження цільної деревини як будівельного матеріалу. проведені в першій половині 20-го століття. покладені в основу нормативних документів і дозволили створити вітчизняну школу проектування дерев'яних конструкцій.

Вивченню різних властивостей деревини та конструкцій з її використанням присвячені роботи О.К.Ашкеназі, В.А. Баженова, Ф.П.Білянків, В.В.Большакова, В.Н.Биковського, С.И.Ваніна,

А.М.Іванова, В.Ф.Іванова, Ю.М.Іванова, Г.Г.Карлсена, В.М.Коченова, К.П. Кашкарова, В.П.Коцегубова, А.В.Леняшина, Н.Л.Леонтьєва, Д.В.Мартінца, А.М.Мітінського, Б.А.Освенського, А.И.Отреші, А.П.Павлова, В.В.Стоянова, Л.М.Перелігіна, Б.Н.Уголева і інших.

У 50-ті роки рядом таких вчених як О.К.Ашкенази, С.Г.Лехницький, А.Н.Мітінський, А.П.Павлов, А.Б.Рабінович, А.Р.Ржаніцини були закладені теоретичні основи розгляду деревини як анізотропного матеріалу, хоч більша частина цих випробувань залишилась незатребованою.

Вивченню різних сполучень дерев'яних конструкцій цільних, а згодом клеєних, присвячені роботи В.Д. Буданова, П.А.Дмитрієва, Е.И.Знаменського, В.З.Клименка, В.М.Коченова, В.Г.Миронова, В.Г.Леннова, А.В.Леняшина, В.І.Лінькова, Г.Г.Тахтамішева, С.Б.Турковського, А.К.Шангелія. З появою клеєних дерев'яних конструкцій (КДК) виникла необхідність перегляду окремих нормуючих положень, а також обліку їх специфіки. У цьому напрямку суттєвий внесок був зроблений А.Б. Губенком, П.А.Дмитрієвим, М.Ю.Заполем, Е.М.Знаменським, В.А.Івановим, В.Ф.Івановим, Ю.М.Івановим, М.Е.Каганом, В.А.Куліковим, Л.М.Ковальчуком, В.П.Коцегубовим, О.І.Світозаровою, Е.Н.Серовим, Ю.Ю.Славіком, Ю.В.Сліцкоуховим, В.М.Соколовським, К.К.П'ятихрестовським, В.І.Травушем, С.Б.Турковським, А.С.Фрейдіним, В.М.Хрулевим та іншими.

Оцінені підходи у формуванні вітчизняних та зарубіжних систем нормування (Європейські країни, США, Канада), а також показана різниця у схемах їх побудови та акцентах. Відзначено, що у всіх нормах деревина розглядається як лінійно-пружний матеріал, а для призначення осьовних розрахункових напружень використовується варіаційно-статистичні методи.

Проаналізовано вплив монтажу та експлуатації на якість дерев'яних конструкцій, а також відзначені нові тенденції виготовлення

КДК на основі робіт ЦНДІВК (Л.М.Ковальчук, Г.Р.Баранов, С.Б.Турковський, А.С.Фрейдін), Вороніжського ІБІ і Ленінградського ІБІ (А.С.Прокоф'єв, А.М.Іванов, Е.П.Дуплечкін, О.І.Світозарова, Е.М.Серов), Московського ІБІ (М.М.Гапоєв, Ю.В.Сліцкоухов, Б.А.Освенський), КІБІ (С.Б.Гвоздецький, В.З.Кліменко) та інші.

Обговорені питання, що стосуються характеру руйнування дерев'яних конструкцій в процесі їх тривалої експлуатації.

Властивостям опірності деревини навантаженням в залежності від часу займалися Ф.П. Білянкін, О.М. Іванов, Н.Л. Леонт'єв, В.Г. Леннов, К.П. Кашкаров, В.П. Коцегубов, О.С. Прокоф'єв та інші.

Показано, що відмови у деревині частіше розвиваються із-за ігнорування складного напруженого стану. Облік його є очевидним при розрахунках за міцність не тільки вузлових сполучень, елементи яких приєднуються один до одного під різними кутами до волокон, але й при простих навантаженнях деревини через силу анізотропності її побудови. Наявність неоднорідного напруженого стану викликає необхідність ревізії та уточнення існуючих критеріїв міцності, або розробки нових, пов'язаних з анізотропними моделями.

Основою до подібних досліджень можуть бути класичні роботи Р. Мізеса, Р. Хіла, Г. Гінке, М.Т.Хубера, Дж. Маріна, дослідження В.В. Болотіна, П.П. Баландіна, П.І. Гольденבלата, Г.В. Захарова, А.В. Малмайстера, П.П. Миролюбова, Л. Фішера, Ю. Ягна та інших, а також роботи, що безпосередньо торкаються деревини - О.К.Ашкеназі, Г.О. Генієва, В.З.Кліменка, О.І. Світозарової, Є.М. Серова, Ч.Норріса.

Деревина являється "сильно" анізотропним матеріалом, властивості її обумовлені природним органічним походженням, а кожний сортимент має свої індивідуальні відзнаки, що потребує широкомасштабних експериментальних досліджень.

Ще неоцінена модель анізотропії деревини, у тому числі і в ВНІПІ 11-25-80. Окремі автори схильні застосовувати ортотропну модель

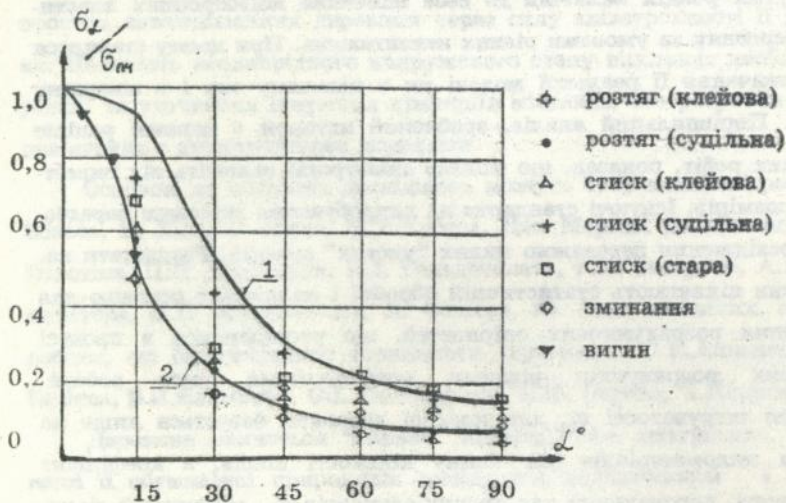
(О.К.Ашкеназі, В.З.Клименко, О.С. Прокоф'єв, Б.А.Освенський) з використанням дев'яти незалежних характеристик. Трансверсально-ізоτροпна модель (транітропна- по термінології А.П. Павлова) з п'ятьма незалежними характеристиками запропонувалась як гіпотеза, що вносить спрощення в розрахунки з точки зору застосовності математичного апарату. Така модель передбачає априорі усереднення властивостей в площинах, що перпендикулярні до напрямку волокон, її дотримуються вчені ЦНДІБК (наприклад Г.О. Генієв), О.І. Світозарова, Є.М.Серов та інші.

В результаті проведеного в розділі аналізу стану питання, пов'язаного з використанням різноманітної деревини в будівельних конструкціях, які знаходяться в різних умовах експлуатації, були сформульовані мета та завдання цього дослідження.

Другий розділ включив до себе вивчення анізотропних властивостей деревини за умовами різних навантажень. При цьому ставалася мета визначення її реальної моделі як в цільному так і в клеєному варіанті. Порівняльний аналіз, зроблений автором з даними раніше проведених робіт, показав, що модель анізотропії залежить від геометричних розмірів. Існуючі стандарти на випробування деревини передбачують дослідження переважно малих "чистих" зразків. Результати випробування підлягають статистичній обробці і являються основою для призначення розрахункових опірностей, що уточнюються в процесі практичних розрахунків різними коефіцієнтами умов роботи. Коефіцієнт шаруватості m_c для клеєної деревини базується лише на товщинах пиломатеріалів без обліку кількості шарів, а коефіцієнт масштабності, призначений для вигину елементів m_b , обмежений діапазоном розмірів ($h_{max}=120\text{см}$). Відзначено, що малі "чисті" зразки, отримані з пиломатеріалів різної орієнтації волокон, досить чітко відповідають ортогонально-анізотропній моделі (з трьома головними осями анізотропії). Вивчення механічних властивостей таких зразків з цільної

деревини, орієнтованих під різними кутами до волокон, приводять іноді до парадоксальних результатів. При нахилі кутів 30° та 45° коефіцієнт Пуасона в тангенціальному напрямі приймає негативні значення, на що вказували в своїх роботах О.К. Ашкеназі, Є.М.Серов. У зразках конструктивних розмірів площею більш 100 см^2 подібного явища виявлено не було. Становиться очевидним, що призначення розрахункових опірностей по результатах випробувань малих "чистих" зразків потребують суттєвої корекції, особливо для клеєної деревини, де орієнтація волокон кожної з дошок, що складають клеєвий пакет, являється величиною досить випадковою. Результати випробувань пружної анізотропії цільної та клеєної деревини на різні види напруженого стану приведені на мал.1.

Тут крива - 1 відповідає формулі існуючого БНіПу, а крива - 2 побудована по відомій тензоріальній формулі. Для кожної кутової точки було



Мал.1. Узагальнююча діаграма пружної анізотропії деревини.

досліджено від 8 до 20 зразків (всього приблизно 800 штук), виключаючи вигин, де розглядалися кути 5° , 10° , 15° . Показано, що дані ВНІП відповідають лише змінанню цільної деревини в межах кутів в 60° до 90° . Вивчення міцносних характеристик деревини фіксує наявність значного розкиду їх величин. Це залежить від ряду конкретних факторів та проявляється більш чи менш в різних будівельних матеріалах. Очевидно, що при наявності неоднорідностей, що характерні для деревини, розподіл в ній напруги по перетину буде також нерівномірним, як і розподіл міцностей. Таке становище посилюється додатковим прикладенням місцевих градієнтів напруг, що виникають у вузлових сполученнях та наявності концентраторів.

Для опису дисперсного середовища необхідно у межах різного її обсягу одинити міцносні характеристики та проаналізувати їх функціональну залежність від геометричних розмірів перетину (масштабного фактору).

Дослідження було розбито на дві частини:

- 1) вивчення цільної деревини;
- 2) вивчення клеєвої деревини.

Було розглянуто зразки різних груп, що відрізнялись розмірами: малі, середні та крупні зразки (з площами перетину відповідно до 10 см^2 , від 10 до 100 см^2 , більш 100 см^2).

Під час випробування забезпечувалося температурно-вологісні, геометричні, статичні та кінетичні подібності, а отримані результати підлягали статистичній обробці за методикою, що запропонував Р. Фішер. Були визначені загальні дисперсії сукупності, дисперсії по факторах та дисперсії від випадкових факторів, а їх відношення порівнювалися за допомогою критеріїв згоди Пірсона - Стюдента. По результатах дослідження вдалося встановити вплив клеєвих швів на міцносні характеристики для різних видів напружено-деформованого стану. В окремих випадках для вивчення стиснутих та вигнутих елементів в ге-

неральну сукупність були введені дані по роботах інших авторів. Так, для стиснення було розглянуто біля 500 зразків, а для вигину-300. Дуже важливим для аналізу є питання призначення аргументу, відносно якого оцінювався вплив масштабного фактору. Були розглянуті лінійні розміри, площі, або частини об'ємів. Встановлено, що аргумент залежить від напруженого стану. Так у разі стиснення та сколювання найбільш сприятливою для порівняння виявилася площа, а для вигину-приведений об'єм, що запропонував Кенні, який був перевірений у ряді робіт ЦНДІВКу. Істотний інтерес викликає характер зруйнування. Якщо у малих зразках на стиснення воно починається, в більшості, в результаті зминання торців з послідуочим сколюванням, то у крупних зразках відкази супроводжуються або утворенням ступінчатих зруйнувань для суцільної деревини, або з'явленням зморшки для клеєної. Зруйнування малих зразків на вигин супроводжується розривом волокон, а в крупних клеєних моделях превалує сколювання(-70%). Обробка експериментальних даних дозволила отримати рівняння зв'язку напруг з площами або ефективним об'ємом у напівлогарифмічних координатах:

на стиснення:

$$\text{суцільна} \quad \sigma = 52,2 - 3,48 \lg F, \quad (1)$$

$$\text{клеєна} \quad \sigma = 51,53 - 4,08 \lg F; \quad (2)$$

на вигин:

$$\text{суцільна} \quad \sigma = 86,9 - 13,7 \lg V_0, \quad (3)$$

$$\text{клеєна} \quad \sigma = 65,5 - 10,75 \lg (V/V_0), \quad (4)$$

Для суцільної деревини в умовах обмеженості поперечних перетинів, пов'язаних з діаметрами сортиментів що поставляються, можна

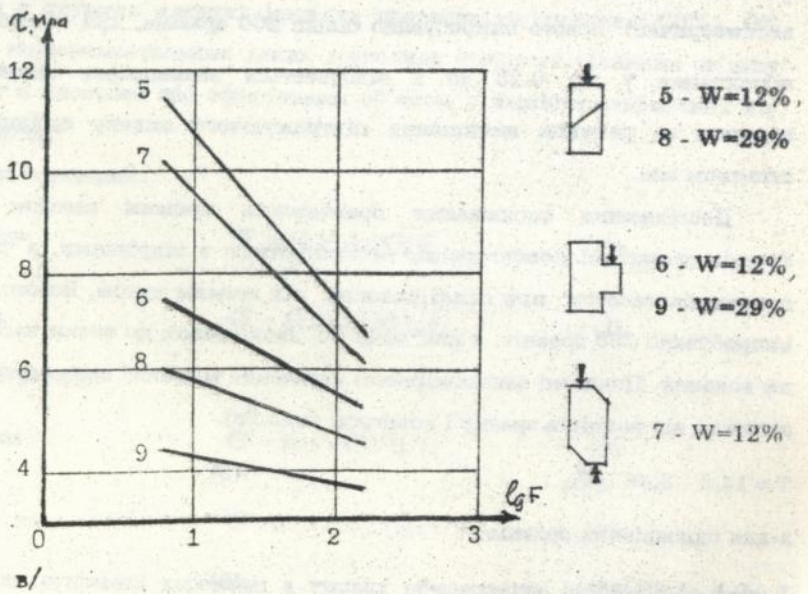
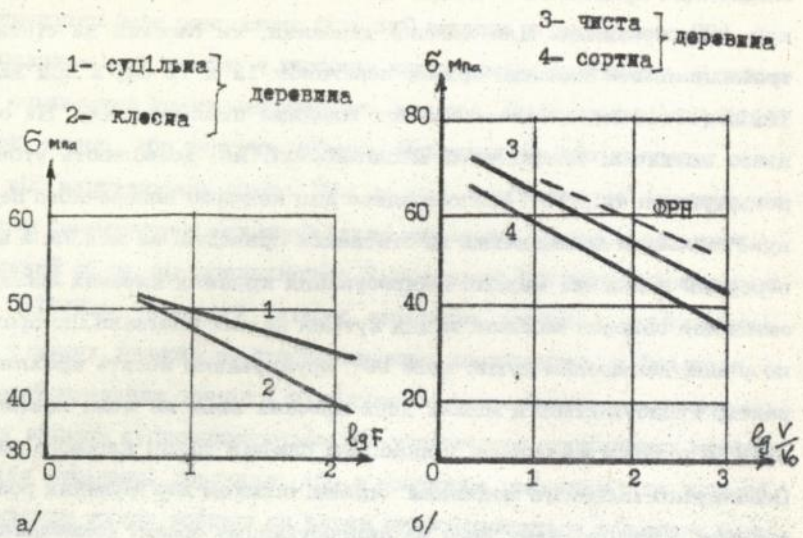
згодитись з прийняттям базових малих "чистих" зразків, що нормують при випробуваннях. Для клеєної деревини, як базовий на стиснення треба приймати клеєний зразок перетином 12 x 12 см, а при вигині - 15x15 (18x18см), в залежності від товщини пиломатеріалу. На основі цього визначені коефіцієнти масштабності, які дозволяють уточнити розрахункові опірності безпосередньо для кожного поперечного перетину. Результати дослідження на стиснення приведені на мал.2а, а на поперечний вигин - на мал.2б. Випробування крупних клеєних зразків на змінання поперек волокон та під кутами до них показали, що практично у всіх діапазонах кутів, крім 90°, зруйнування носить крихкий характер і відбувається в межах двох клеєних швів на межі поміж ранніми та пізніми клітинами у найбільш слабкій дошці клеєвого пакету. Особливості місцевого змінання оцінені шляхом варіювання розмірів штампку, а також стану його на випробуваному зразку (симетричне та несиметричне). Всього випробувано більш 200 зразків, при збільшенні відношення γ від 0.25 до 1 відбувається закономірне зниження міцності за рахунок зменшення підтримуючого впливу сусідніх зі штампком зон.

Дослідження сколювання проводилось прямим засобом для зразків звичайної конфігурації, нестандартних з підрізками, а також посереднім засобом при схилі волокон під деяким кутом. Всього було випробувано 280 зразків, з них коло 50- зволожених до точки насичення волокон. Показані закономірності зниження міцності на сколювання залежно від розмірів зразку і вологості (мал.2в).

$$\tau = 14,5 - 3,45 \lg F_{ck}; \quad (5)$$

а для однозрізних зразків

$$\tau = 8,1 - 1,32 \lg F_{ck}. \quad (6)$$



Мал.2. Вплив масштабного фактору на міцність зразків:
а) стиск, б) вигин, в) сколювання (8,9 - зволожені зразки).

Відзначено, що коефіцієнти варіацій при усіх видах напруженого стану нижчі, ніж нормовані в стандартах, що безумовно впливає на величину розрахункових напружень крупних зразків в сторону їх зростання.

Паралельно з відносними характеристиками проводилось вивчення механічних характеристик модулів пружності, а також модулів об'ємної деформації.

Аналіз отриманих результатів показує, що простежується чітка закономірність деякого зниження модуля пружності в продольному та поперечному напрямках, а також зміна μ_j в залежності від розмірів поперечного перетину. Так при стиску (при зростанні поперечного перетину в 36 разів) зниження модуля пружності E_a складає коло 8 - 10%, а при вигині досягає 10 - 15%. До особливостей випробувань крупних зразків треба віднести в першу чергу застосування багатоточечних методів заміру деформацій тензорезисторами. Розходження модулів пружності в поперечному напрямку в суцільній та клеєній деревині по мірі зростання перетинів істотно знижуються, що підтверджує гіпотезу А.П.Павлова щодо транстропності деревини.

Випробування на тривалу міцність деревини проводились як на базі 30-60 днів, так і ускореним методом, шляхом вар'їрування швидкості навантаження зразків. Результати випробувань в цілому кореспондуються з багаторічними дослідженнями тривалої міцності деревини, що проводились у ЦНДІБК, під керівництвом Ю.М. Іванова, який встановив, що вплив масштабності на тривалу міцність для деревини незначний і їм можна знехтувати. Тому всі подальші випробування автора, у тому числі і з "старою" деревиною проводились в експресрежимах, крім ряду досліджень, зроблених до 1988 року.

У третьому розділі обмірковані результати вивчення властивостей деревини, яка проробила більше 40 років в конструкціях. Систематичних досліджень такої деревини не проводилося, за винятком ХІБІ,

ЛБІ, а також окремих вузько спрямованих робіт в інших організаціях. Деревина, як органічний матеріал зазнає процесу природного старіння. Під час обстеження цілого ряду об'єктів виявлена збільшена уламкість волокон "старої" деревини як торцевих частин, так і бокової поверхні. Існує кореляційний зв'язок між величинами поверхневої твердості та міцністю деревини, що була виявлена ще І.Л.Леонтьєвим та В.Н.Биковським. При цьому коефіцієнти варіації, що визначаються після статистичної обробки випробовувань "старої" деревини, для в'язкого зруйнування (стиснення та зминання) характеризуються меншим розкидом і складають від 6.5 до 9.5% і лише в окремих випадках мають більш високі показники. При дослідженнях на сколювання і розтягнення, де деревина руйнується хрупко, коефіцієнт варіації різко зростає, що можна пояснити наявністю внутрішніх мікротріщин, що виникають в матеріалі за рахунок циклічних атмосферних впливів (розбухання, усихання). Це характерно для досить сухої "старої" деревини з вологістю 5 - 8%, коли розкид міцносних показників особливо великий.

Оцінка пружної анізотропії "старої" деревини приведена на сполученій діаграмі (мал.1). При цьому на стиснення було випробувано беручи загалом більше 300 зразків. Легко помітити, що в діапазоні кутів скилу волокон від 0° до 45° середні показники міцності по серіях відповідають тензоріальній кривій, а для кутів від 60° до 90° наближаються до рекомендацій БНПУ.

Дослідження масштабного фактору для "старої" деревини було пов'язано з рядом складностей, подолати котрі в повній мірі не вдалося. Так малі стандартні зразки виповнювалися "чистими" без візуально помітних дефектів, в той час як для крупних зразків при відкиданні поверхносних смуг в перетин попадали серцевинні частини. Крім того, обмежені розміри сортиментів не завжди дозволяли усунути поверхносні усушечні тріщини, що безумовно перекутило загальну

картину та суттєво знизило міцності характеристики крупних зразків. Розруйнування їх у всіх випадках проходило по тріщинах з подальшим розповсюдженням їх у середвинній зоні.

При зволоженні зразків, до точки насичення волокон, варіаційні коефіцієнти знижуються пропорційно вологості за рахунок так званої "пластифікації" водою. Заміри вологості дерев'яних конструкцій в горішніх приміщеннях в зоні старої забудови м. Харківа показали, що у весняний період навіть в умовах відсутності відказів у покрівлі за рахунок великих температурних перепадів вологість крокв'яних конструкцій істотно перевершує точку насичення волокон. Кореляційні формули, прийняті в нормативних документах, справедливі лише для вологості до $W = 30\%$, відповідаючої точці насичення волокон. При цьому вважається, що подальше уволоження на міцності властивості практично не впливає. Проведені в лабораторних умовах дослідження "чистих" зразків деревини, вилучених з конструкцій, що відробили тривалий строк, показали, що навіть при 4^x часовому замочуванні вологість зразків в окремих випадках зростає до 60% і більше. Під час випробування встановлено, що коли до точки насичення волокон міцності показники знижуються відповідно до експоненціальної залежності, то при вологості більше 30% зниження міцності продовжуються і далі, але вже в наближенні до лінійного закону.

Окремі "мокрі" зразки при випробуваннях на стиск до зруйнування довести не вдалося. При цьому навантаження на манометрі преса не зростало, що звичайно відповідало граничному стану, а в торцевих частинах відбувалося видавлювання вологи з виниканням характерних плям та випинання волокон. Після природного висихання вже раніше випробувані зразки устанолювались на степд повторно, причому руйнуюче навантаження в цьому випадку переважало попереднє (для "мокрих" зразків) на 30% і більше.

Заморожування в морозильній камері "мокрих" зразків (до температури $-5, -10^{\circ}$) істотно збільшило їх міцнісні показники. Таким чином імітація весняно-осіннього температурно-вологісного циклу показало значні міцнісні резерви як нової, так "старої" деревини, особливо останньої. Дослідження міцнісних характеристик "старої" деревини на різні види напружено-деформованого стану приведені в табл.1. Тривалі випробовування, здійснені як на базі 30 днів, так і в експресрежимі, дозволили встановити величину K_e - коефіцієнтів довговічності. Їх значення, приведені в табл. 1, являються знижувочими для розрахункових опірностей, регламентованих БНіПом, у випадку повторного застосування "старої" деревини і широко використовуються нами для робіт, пов'язаних з реконструкцією та посиленням.

Середні показники межі міцності та K_e "старої" деревини

Таблиця № 1

	Вид напруженого стану	Місця виборок зразків	σ	R_n	$\frac{\sigma}{R_n}$	K_e
			Фурсов В.В. Пригунков О.В. (МПа)	БНіП П-25-80		
1	Стиснення	Крокви, балки	48,6	44	1,06	0,9
2	Розтягання уздовж волокон	Крокви, балки	78,0	100	0,78	0,55
3	Вигін	Перекриття	73,8	80	0,91	0,8
4	Сколєння	Крокви, перекриття	5,9	7	0,84	0,75
5	Модуль пружності E_a	Стиснення, вигин	11 600	10^4	1,16	0,9

В четвертому розділі розглядається облік дійсних властивостей деревини у разі її розрахунку. Проаналізовані критеріальні залежності, що дозволяють враховувати всі компоненти напруг та деформацій, які виникають в умовах складного напруженого стану. З визначеною ступінню вірогідності лише п'ять безпосередньо відповідають деревині. При цьому критерії О.К.Ашкеназі, В.З.Клименка та Ч.Норриса розглядають її як ортотропне тіло, а О.І. Світозарова, Е.М.Серов, Г.О.Генієв постулюють трансропну модель. О.К.Ашкеназі, яка проводила дослідження складного напруженого стану у реверсивній установці з малими зразками, відхилила застосування трансропної моделі і запропонувала критерій міцності, данні на використання якого до цього часу зустрічаються в періодичній літературі. В.С.Клименко, використавши цю же модель, практично прив'язав критерій Ч.Норриса до існуючого БНіПу для двохосного стиснення:

$$\frac{\sigma_c^2}{R_c^2} + \frac{\sigma_{c90}^2}{R_{c90}^2} - \frac{\sigma_c \sigma_{c90}}{\sigma_c R_{c90}} + \frac{\tau_{ck}^2}{R_{ck}^2} \leq 1. \quad (7)$$

Аналогічні за структурою формули отримані ним для інших видів напружено-деформованого стану.

Е.І.Світозаровою та Е.Н.Серовим був запропонований власний критерій, що базується на першій та другій класичних теоріях міцності.

Проаналізований також критерій Г.О.Генієва, перевірений експериментально Г.Г.Єзеповим і побудований на фіксації трьох механізмів руйнування: відрив, зминання, сколювання. Таке розділення навряд чи практично обгрунтовано, оскільки всі ці види відказів взаємопов'язані.

Експериментальне підтвердження трансропної моделі анізотропії для суцільної та клеєної деревини, отримане автором, дає можливість використовувати більш прості залежності.

Закон Гука відносно осей симетрії запишеться так:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\sigma_x}{E_s} - \mu_{ss} \frac{\sigma_y}{E_s} - \mu_{sa} \frac{\sigma_a}{E_a}; \\ \varepsilon_y &= -\mu_{ss} \frac{\sigma_x}{E_s} + \frac{\sigma_y}{E_s} - \mu_{sa} \frac{\sigma_a}{E_a}; \\ \varepsilon_a &= -\frac{\mu_{sa}}{E_s} (\sigma_x + \sigma_y) + \frac{\sigma_a}{E_a}; \\ \gamma_{xs} &= \frac{\tau_{xs}}{\sigma_{sa}}; \quad \gamma_{ys} = \frac{\tau_{ys}}{\sigma_{sa}}; \quad \gamma_{sa} = \frac{\tau_{xy}}{\sigma_{xy}}.\end{aligned}\quad (8)$$

Для плоскої задачі, враховую, що $\frac{\mu_{ss}}{E_s} = \frac{\mu_{aa}}{E_a}$ (9) ця залежність виражається декілька інакше:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\sigma_x}{E_s} (1 - \mu_{ss} - \mu_{sa}); \\ \varepsilon_a &= \frac{\sigma_a}{E_a} (1 - 2\mu_{sa}).\end{aligned}\quad (10)$$

Для експериментальної перевірки складного напруженого стану автором було досліджено більше 40 крупнорозмірних хрестів, виповнених з клеєної деревини, з перетином кожного елемента 100 см^2 та різною орієнтацією прикладення навантаження ($\alpha = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 90^\circ$), причому на кожній моделі встановлювалося від 38 до 77 тензодатчиків.

У процесі підготування до проведення основних випробувань перш за все були розглянуті модулі об'ємної деформації з проведенням оцінки пружних та міцносних характеристик в продольному та поперечному напрямках, а також під кутом 45° на 3-х серіях однооснонавантажених зразків, що є базовими. Така інформація була необхідна для призначення режимів випробувань і встановлення рівнів навантаження. Рівномірне прикладення основних зусиль в ортогональних напрямках,

яке застосовується для випробувань матеріалів ізотропного типу, для деревини не є характерним.

В цьому випадку лімітувати міцність хреста буде його опірність стисненню (розтягу) поперек волокон. Найбільш оптимальним співвідношенням навантажень вздовж волокон і в поперечному напрямку треба визнати $\frac{P_a}{P_s} = 5+10$.

Досліджувалися також різні орієнтації дошок під час випробувань хрестів.

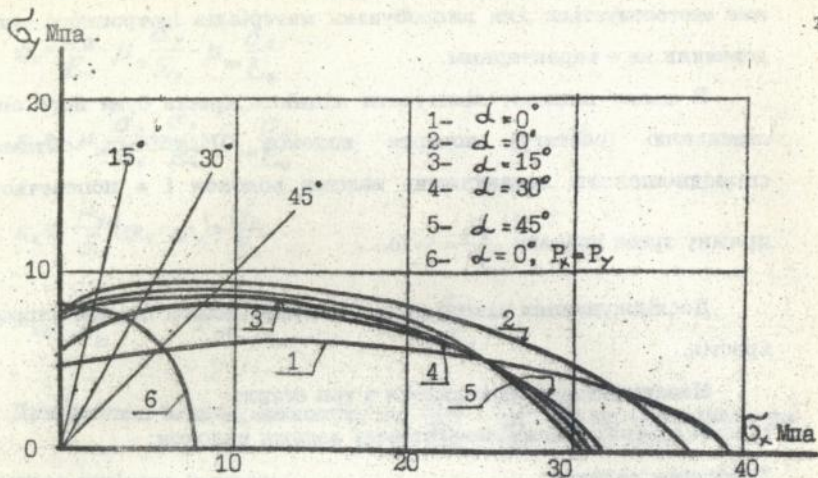
Навантаження проводилося в три етапи:

- 1) прикладення осівих навантажень вздовж волокон;
- 2) поперек волокон;
- 3) сумісне прикладення навантажень у двох площинках.

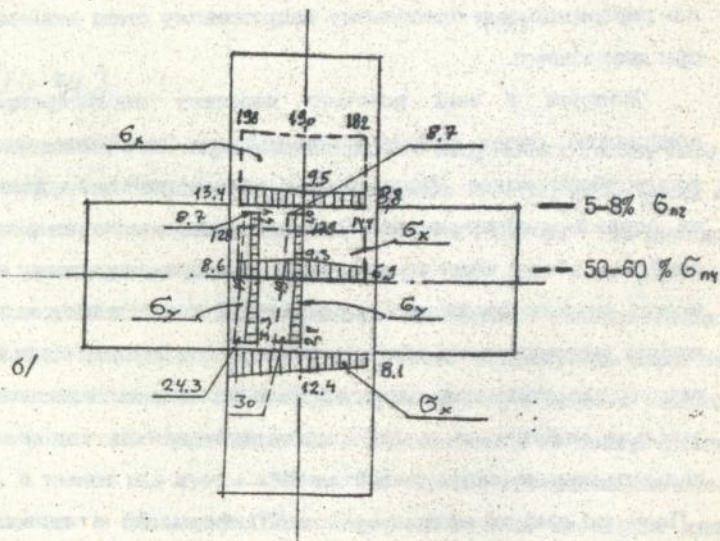
Вибіркові результати випробувань приведені на мал.3. Встановлено, що деформації при одноосному напруженому стані декілька вище, ніж при двоосному.

Надруга в зоні робочого перетину характеризується нерівномірністю, однак спільні закономірності на різних етапах навантаження зберігаються. Різко зростає перемінливість коефіцієнтів Пуасона, однак модулі пружності, особливо вздовж волокон, в достатній мірі стабільні, хоча й вище за значенням, ніж при одноосному стані, чого не можна сказати про модулі пружності в поперечному напрямку. Аналогічні закономірності зберігаються і при кутовому прикладенні поперечного навантаження, однак в цьому випадку міцність вздовж волокон декілька знижується, а деформативність зростає порівняно з ортогональним прикладенням навантаження.

Получені дані по модулях об'ємної деформації, а також пружним характеристикам деревини дозволили залучити для критеріальних оцінок міцності деревини в умовах складного напруженого стану енергетичну



а/



б/

Мал.3. Результати іспитів ортогональних зразків:

а) узагальнені результати іспитів 6 груп зразків, б) розподіл напруг в продольному та поперечному напрямках

георію міцності. В зв'язку зі значною різницею міцносних характеристик деревини вздовж та поперек волокон використовувався захід обліку не повної потенціальної енергії, а лише її частини, яка складає енергію формозмінення. Справедливість такого підходу підтверджують дослідження С.В.Айвбіндера, А.Л.Рабіновича та інших.

В областях другого роду елементарна робота внутрішніх сил являється повним диференціалом, що накладає деякі обмеження на числові значення констант.

Повна енергія формозмінення виявляється залежністю:

$$U_{\Phi} = U - U_0, \quad (11)$$

де U повна потенціальна енергія, що визначається відомим засобом шляхом інтегрування за об'ємом;

$$U_0 = \frac{1}{2} \frac{\sigma_0^2}{K_0} \quad (12) - \text{потенціальна енергія, яка характеризує змінення}$$

об'єму та визначається модулем об'ємної деформації

$$K_0 = \frac{\sigma_0}{\Delta} = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_a} = \frac{1}{\frac{1}{B_x} + \frac{1}{B_y} + \frac{1}{B_a}}; \quad (13)$$

де $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_a$ - відповідно поперечна та продольна деформації,

а B_x, B_y, B_a - компоненти модуля об'ємної деформації

$$\begin{aligned} B_x &= \frac{E_x}{1 - \mu_{xx} - \mu_{ax}} \\ B_y &= \frac{E_y}{1 - \mu_{yy} - \mu_{ay}}; \\ B_a &= \frac{E_a}{1 - 2\mu_{aa}} \end{aligned} \quad (14)$$

Розглядаючи плоску задачу та враховуючи, що при складному напруженому стані сумарні напрути, діючі в деякому об'ємі, не повинні перебільшувати граничної розрахункової опірності односного стану,

можна запропонувати записати критерій міцності в наступному вигляді:

$$\frac{\sigma_a^2}{R_c^2} + \frac{\sigma_x^2}{R_{c90}^2} K_1' - \frac{\sigma_x \sigma_a}{R_c R_{c90}} K_2' + \frac{\tau_{ax}^2}{R_{ct}^2} K_3' \leq 1 \quad (15)$$

При цьому прийнято до уваги, що рахункові опірності для кожного виду напружено-деформованого стану нормуються у БНІПу різними коефіцієнтами, що враховують свої рівні однорідності, масштабності та наявності недосконалостей. Коефіцієнти в компонентах напруженого стану можна розрахувати для любого виду навантаження за допомогою розрахункового опору та пружних характеристик, регламентованих у діючому БНІПі (табл. 2). Вони можуть бути легко уточнені у випадку змін розрахункових положень норм.

Значення коефіцієнтів для компонентів критерія міцності в різних видах напруженого стану по даних БНІПу 11-25-80

Таблиця № 2

№	Вид складного напруженого стану	Характеристика елементів	Коефіцієнти		
			K_1'	K_2'	K_3'
1	Стиснення	Суцільна деревина	0,80	0,05	0,80
2	(двоосне)	Клеєна деревина	0,75	0,05	1,12
3	Вигин з розтягом	Клеєні	0,20	0,007	0,34
4		Не клеєні	0,30	0,01	0,70
5	Вигин з стиском	Клеєні	0,60	0,05	0,80
6		Не клеєні	0,60	0,05	0,86

Проведена автором числена реалізація пропонуемого критерія показала, що використання існуючого БНІПа не забезпечує для цілого ряду задач вимог міцності.

В окремих випадках це відбувається не тільки в найбільш навантажених фібрах несучих конструкцій, але й у місцях контакту різно-

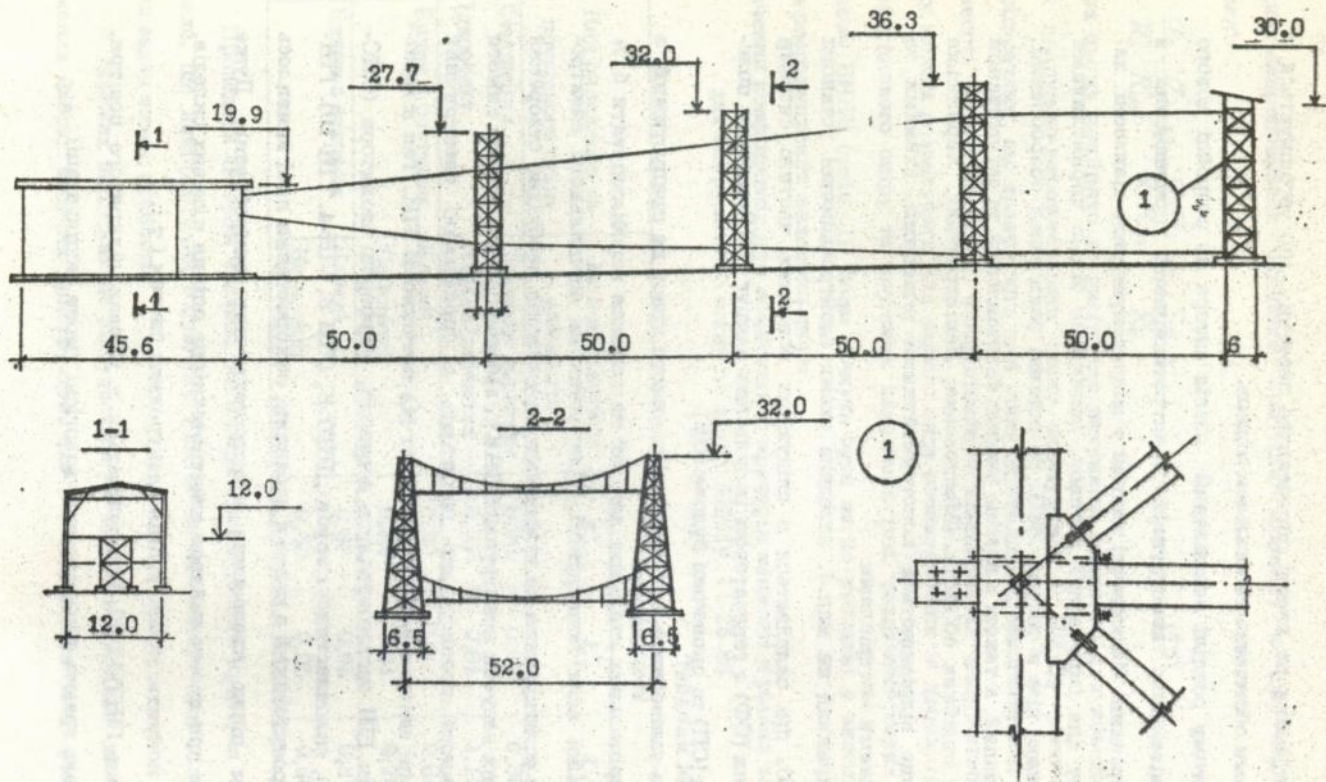
сортової деревини по висоті поперечного перетину, що узгоджується з результатами обстежень та аналізом відмов.

В п'ятому розділі викладений досвід автора по розробці нового класу будівельних конструкцій електротехнічного призначення з клеєної деревини. Електричні впливи у мікросекундному діапазоні, характерному для імпульсних установ, являються більш сприятливими для деревини, ніж в опорах ЛЕП. За останні роки нами розроблений, запроєктований, а також з нашою участю виготовлений та змонтований цілий ряд подібних об'єктів. (Московська, Ленінградська, Харківська області), що відрізняються конструктивними рішеннями, схемами та використаними матеріалами.

Як приклад на мал.4. наведена схема електрофізичної установи ГНТ-12-30, що складається з слідуєчих основних частин: системи формування (СФ) з генератором імпульсних напруг (ГН), системи полетворення (СП) та оконечної будови (ОБ).

Метал та залізобетон в конструкціях такого класу не припустимий, а процент кріпильних сталених деталей не повинен перебільшувати 5 % від загальної ваги конструкції. Для установи спеціального електрофізичного устаткування та підтримки струмоводів необхідно створення ізоляційних несучих конструкцій (ІНК), забезпечуючих основні вимоги технологічного процесу, що полягають в сприйманні електричних впливів, які змінюються в залежності від потужності ГН. Так в малогабаритних ГН застосовувалась деревина, фарфорові ізолятори (ОНС-110/1000), склопластикові труби ДШП-В₃ (ГН-3, ГН-4, ГН-10). ГН-12-30 запроєктований з клеєної деревини, використання якої виявилось можливим після проведення електротехнічних випробувань. Дуже важливим при цьому явилася електротехнічна оцінка клеєвих складів, захисних покриттів, конфігурація електродних систем і т.і.

Оскільки ГНТ-12-30 експлуатується в умовах відкритого повітря, істотну роль грають температурно-вологісні умови експлуатації.



Мал.4. Схема електрофізичної установи ГНТ - 12 - 30.

Результати електротехнічних випробувань приведені в табл. 3 та на мал. 5.

Результати електротехнічних іспитів

Таблиця №3

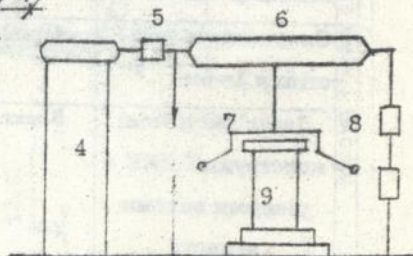
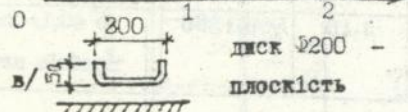
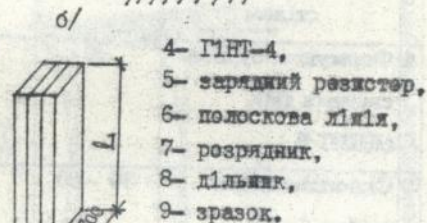
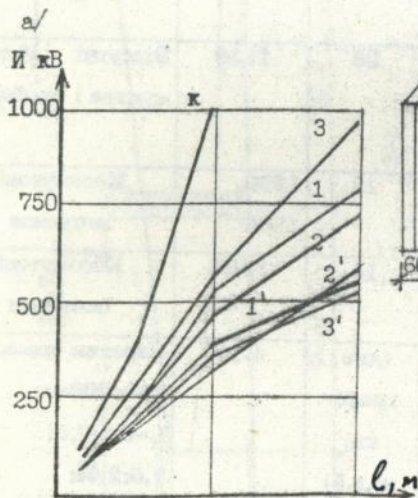
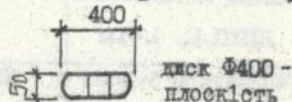
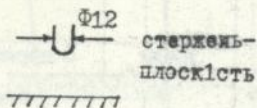
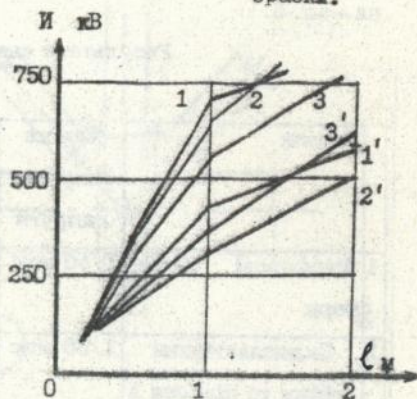
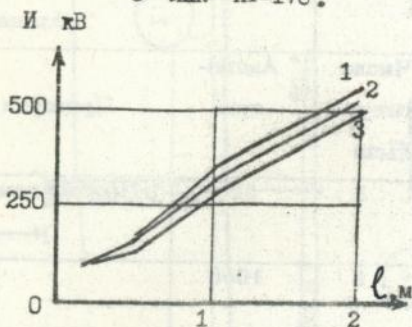
Зразок	Форма імпульса напруги	Число імпульсів	Амплітуда	Примітка
1 Фарфорові ізолятори	1/50 мкс	5	525	Пробойв немає
2 Склопластикові стійки та підкоси з ДШП-В ₂ L=1м	1/50 мкс	5	1050	
3 Формуюча будова системи ІНК з настілом	30	8	2400	6 перекриття по настілу
4 Формуюча будова системи ІНК (ДШП-В ₂)	30	20	2550	Відсутні перекриття і пробої
5 Склопластикові стійки L=3м	30 - 40	15	1000-1500	Косокутові імпульси
6 Склопластикові стійки L=5м	40-50	15	1600	Косокутові імпульси
7 Дерев'яні клеєні конструкції ДСК з різними видами захисту	6 мкс	(див. графіки, мал.5)	5-10	Перетин зразків 100x200мм L=0,1;0,5; 1,0;2,0м
8 Склопластикові ванги	6 мкс	5-10	500-1280	ф 40;L=2м; пробойв нема

1- нафтенат міді,

2- креозот,

3- лак ПЛ-170.

1', 2', 3' - зволожені зразки.



Мал.5. Схема та результати електричних випробувань:

а,б,в - різні електродні системи, г - схема іспиту.

- Встановлено, що: - кращим захисним покриттям для клеєної деревини з точки зору електротехнічної міцності являється нафтенат міді;
- склад клею (ФР-12, ФРБ-50, КБ-3) істотно впливу на електротехнічну міцність не має;
 - електричні параметри зразків (ємність, об'ємні опірності) до та після випробувань практично не змінюються;
 - конфігурація випробувальної електродної системи і розміри зразків істотно впливають на електричну міцність;
 - КДК мають значний розкид по електротехнічній міцності (до 70%), а в окремих випадках відмічено щеплення зразків;
 - розрахунковий градієнт при мікросекундному впливі може бути прийнятим 100 кВ/м, при більш коротких імпульсах його значення можна збільшити до 290 кВ/м.

ГНТ-12-30 був значно потужнішим, ніж всі попередні аналоги, та вимагав створення закритого приміщення для розрядної установи (елегазова камера), вага якої в робочому стані перевищувала 600т, в зв'язку з чим в цій зоні була прийнята двоповерхова каркасна схема.

При розробці системи полестворення (СП) як варіант обговорювався цілий ряд конструкцій: різні рами, арки, башти з вантами і т.і. Конструктивні рішення регламентувалися не тільки електротехнічними вимогами, але й наявністю значних технологічних навантажень. На перший план висувалися рішення з мінімальною деформативністю вузлових сполучень елементів, у силу чого були відкинута дво- та чотирихвірт'яні рішення компоновки стоек башт на вагелях.

З'єднання на вклеєних стержнях у зв'язку з відсутністю на той час досвіду їх вклеювання в умовах площадки укрупненої збірки було рекомендовано лише для опірних вузлів колон.

В практиці вітчизняного будівництва та експлуатації споруд з КДК аналогів, подібних ГНТ, немає. В зв'язку з цим основні принципи виготовлення, монтажу та експлуатації було необхідно закладати на

стадії проектування. Аналіз можливостей заводів-виготовлювачів встановив, що якість, габарити та надійність виготовлення можуть забезпечити в повній мірі лише ЕПЗ "Красний Октябрь" в м.Архангельську та на Коростишевському СБК. Однак останній не мав лінії для склеювання пиломатеріалів по ширині для формування масивних стояків перетином 350 x 500 мм з окремими технологічними особливостями. Так для пропуску крізь нього балок-розпорок решітки башти була розроблена методика обладнання вікон, для чого під час компоновки поперечного перетину в необхідних місцях стояків встромлялися сталеві збірно-розбірні рамки, які прибиралися після запресовки, рівень котрої досягав 1,0 МПа. Подушки та елементи решітки готувалися окремо. Кожний елемент маркувався і складався в спеціальному приміщенні заводу "Красний Октябрь". Укрупнену збірку передбачалося виконувати на будплощадці. В зв'язку з цим до роботи був залучений ЦНДІВК ім. Кучеренко як нормуюча організація для надання юридичної сили технічним умовам на збірку і монтаж, розробленим ХІВІ.

Питання монтажу вирішувалося в декількох варіантах:

1. ярусна установка (краном чи вертольотом);
2. підіймання башти цілком.

Підіймання башти висотою більше 36м цілком вимагає розборки спеціальних стяжних пристосувань та викликало певні побоювання. Використання крану "Лібхер" (виробництво ФРГ), що має високу маневровість, дозволило виконати монтаж всіх шести башт системи СП за півтори доби. Монтаж інших споруд ГНТА проводився поелементно за допомогою вітчизняних кранів з традиційною в цьому випадку організацією робіт.

Експлуатація КДК на відкритому повітрі приводить до розсушування деревини в умовах періодично змінюючихся температурно-вологісних режимів.

Найбільш ефективними міраами для запобігання розслоювань є перечне армування, або армування під кутом до волокон, для чого використовувалися не тільки сталі, але й склопластикові стержні діаметром від 14 до 20 мм.

Щорічні огляди башт та фіксація дефектів дозволяє вже на пролязі 10 років слідкувати за динамікою розвитку тріщин та своєчасно забезпечувати ремонтні заходи.

У дисертації обмірковуються вузли посилення та засоби проведення ремонтних робіт. На пролязі експлуатації встановлено, що конструкції системи формування (СФ) закриті стіновим огородженням, перебувають в доброму стані. Конструкції оконечної будови (ОБ), з односкатною покрівлею, мають незначні розслоювання та локальні гнілосні ушкодження в зонах південного торця.

Відмічається, що при нормальній поставленій експлуатації, регулярних оглядах та проведенні дрібних поточних ремонтів, елементи КДК, навіть на відкритому повітрі, в умовах їх комплексного захисту, характеризуються досить високим рівнем довговічності.

В шостому розділі приведені результати випробовувань основних несучих елементів, а також вузлових сполучень башт. Враховуючи відповідальність споруд, а також жорсткості умови їх експлуатації, дослідженням підлягали крупногабаритні зразки та моделі в натуральну величину.

Частина випробувань була проведена у ЦНДІБК ім. Кучеренка, володіючим унікальною експериментальною базою за програмами, розробленими у ХІВІ. В баштових конструкціях були прийняті основні вузлові сполучення у вигляді лобового упору з подушками. Основною неприємністю сполучення є необхідність передачі навантажень із стиснених елементів на розтягнуті за допомогою проміжних елементів-подушок. Але такі сполучення мають меншу деформативність, що й послужило як визначаючий фактор у їх виборі. При такому рішенні вузел

працює в умовах складного напруженого стану, який відрізняється в різних його зонах.

Цілком ясно, що методики розрахунку, які передбачаються БНПом 11-25-80, не відповідають дійсному характеру роботи вузлового сполучення

Випробовуванню підлягали 6 великомасштабних моделей фермочок, загальною довжиною нижнього поясу 2,42м, висотою в осях 0,7м. Примкнення верхнього поясу до нижнього здійснювалося під кутом 45° і таким чином імітувалася решітка башти.

Протягом випробовувань визначені мінімальні руйнуючі навантаження для кожної зони вузла, причому первісний розрахунок, проведений згідно існуючих норм, був покладений в основу проектування. При цьому коефіцієнт запасу складав біля 2,5. Проведення випробовувань на складний напружений стан, а також ряду додаткових досліджень: місцевого змінання під різними кутами до волокон та сколювання нестандартних зразків від внутрішньої пари сил, дозволило оцінити дійсний характер роботи та прозвести розрахунки по складному напруженому стану з використанням різних критеріїв міцності, у тому числі і запропонованого автором.

Випробовування довели, що найменша несуча здатність характерна для хвостової частини сполучення, в зв'язку з чим протягом складання башт, зони біля подушок були посилені поперечним армуванням (вклеєними склопластиковими стержнями).

Вивчення склопластика СПП-ЗА, як матеріалу, на вигин, розтяг, змінання дозволило розглянути питання використання його як нагеля в розтягнутих і розтягнуто-вигнутих елементах баштових конструкцій. Для зменшення послаблень основної стійки кріплення цих балок виконувалось шляхом виведення їх за вузол. Це рішення захищено авторським свідоцтвом № 1416683.

Розглядалося два види склопластикових нагелів: поставлені насухо, з розклинкою на клею і без неї, а також вклеєних з використанням смоли ЄД-20. Для перших отвори свердлилися одночасно через весь і кет подовженими свердлами діаметром на 0,5-1,0 мм менш, ніж діаметр нагеля. Для вклеєних стержнів діаметр отвору був на 4-5мм більше. Перед свердлінням отвору вузли розмічалися, звірялися та збиралися на цвяхах, які потім витягалися.

Випробування були проведені на малій горизонтальній машині мідністю 1500 кН, по 60 - тонній шкалі. Розтягуючі зусилля від захватів машини передавалися за допомогою спеціальної оснастки, що забезпечує рівномірну передачу зусиль на накладки.

Для виключення "пухких" деформацій у всіх моделях було проведено попереднє обтиснення зусиллям до 30 кН, після чого проводилася розгрузка до рівня 5 кН, яка приймалася за нулевий відлік. Руйнування відбувалося від розколювання з одночасним сколенням середнього елемента у створі нижнього ряду нагелів. Модулі пружності клеєвої деревини при цьому складали від 11800 до 13750 МПа. Встановлено, що при використанні вклеєних нагелів.

- різко збільшується пружна зона з відповідним знижуванням деформації;
- несуча здібність їх примірно в 1,9 раз вище, ніж для нагелів, поставлених насухо;
- обов'язковим являється герметизація швів в зоні отвору для виключення витікання клею;
- в обох видах нагелів необхідно влаштування додаткових зв'язків поперек клейових швів, як в середніх елементах, так і для накладок.

Указані заходи були здійснені на площадці укрупненої збірки перед монтажем конструкції.

Одним з основних завдань в безметалевих спорудах електротехнічного призначення є створення добре працюючих на розтяг кон-

струкцій, які можуть бути використаними як тяжі, так і як відтяжки, при вантових рішеннях.

Найбільш доцільним матеріалом в цьому випадку можуть стати різного виду склопластики, які мають високі механічні властивості, і володіють діелектричними якостями, немагнітністю і високою корозійною стійкістю.

Особливості епюр односпрямованого склопластика, який є анізотропним матеріалом, диктує згідно принципу Сен-Венана використання закону дрібності сполучень. Це може бути досягнуто за допомогою розклинки кінців склопластикових стержнів і заключення їх в циліндр-голівку. Вказане рішення було отримане після патентного розшуку і захищено авторським свідоцтвом. При цьому можливо використання як одностержневої, так і пучкової склопластикової арматури. У дисертації приведені результати випробовувань на розтяг склопластикових тяжів з різними варіантами розклинки і типами рішення голівки.

Хоч розподілення в зоні голівки анкера стержню на дві частини є менш трудомістким, перевагу слід віддавати анкеру з чотирма голівками, що забезпечує:

- більшу площу контакту клину з полімербетоном;
- більш сприятливу роботу кожної вітки;
- більш рівномірне об'ємне стиснення віток і тиснення на об'їму;
- виготовлення такого анкера не потребує спеціального устаткування і може бути реалізоване як у заводських умовах, так і на будівельній площадці.

Варіант, що пропонується, може бути використаний в розтягнутих елементах стержнів, відтяжок і вант безметалевих споруд, а також в конструкціях, що експлуатуються в умовах агресивних середовищ.

Системі формування (СФ) в зоні установлювання елегазової камери ставляться звищені вимоги діелектричності ІНК, яким в повній мірі відповідають лише склопластики і ДШП-В₀. Останні поставляють-

ся промисловістю у вигляді листового матеріалу, а єдиним засобом їх сполучення у масивний перетин є нагелі.

Для оцінки їх міцносних та деформаційних властивостей автором були проведені короточасні контрольні випробування малих зразків на стиснення, вигин, розтяг, а також оцінений вплив нахилу волокон оболонки ДШП- В_с по напрямку дії сил. Після цього були досліджені на стиснення і розтяг нагельні сполучення в натуральну величину. Варіювалася відстань між болтами, їхні діаметри, ширина та товщина зразків. Всього було випробувано 21 зразок у натуральну величину за двохшовною схемою та 12 зразків за трьохшовною схемою. Для визначення розрахункових формул була застосована методика Коченова В.М., а отримані результати передані до ЦНДІВК для використання у нормах. Руйнування у во всіх випадках відбувалося в середніх елементах від їх розколювання, яке викликалося сумісною дією зрушуючих напруг та напруг розтягування, що діють перпендикулярно волокнам зовнішніх шпів. Лінійність кривої деформація-напрута зберігається при зсувах, не перевершуючих 1мм.

Стики колон башт являються найбільш відповідальними елементами і були випробувані в натуральну величину. Колони башт, згідно проектним розробкам, випробують розтягання коло 500 кН, а проти-лежні- стискаються зусиллям 700 кН.

Виконання стиснутого стику ускладнень не викликає, в той же час розтягнутий стик потребує детального вивчення. Для рішення цієї задачі був виготовлений зразок в натуральну величину перетином 280х500мм, завдовжки 6500мм, розбитий згодом на два блоки, кожний по 2950мм.

Одночасно рішались дві задачі: дослідження монтажного стику, а також дослідження опірної п'ятової частини колони.

В торцях кожного блоку вклеєно з використанням клею ЕПЦ-1 по чотири арматурних стержня діаметром 12мм під кутом 30° до спря-

мування волокон. Для вимірювання деформацій використовувалися датчики омичної опірності (загальним числом більше 300 штук), підключені до автомату ТК-2, а також 45 індикаторів. Випробовування проводилось на осьове розтягання в горизонтальній розривній машині міцністю 2000 Кн. Використовувалися цангові захвати, з вилючним пристосуванням та каленими пальцями- фіксаторами.

Випробовування було розбито на 3 цикли:

1. завантаження моделі до 400кН з повною розгрузкою для виключення "рихлих" деформацій, усунення адгезійних зв'язків між анкерними пластинами і деревиною, і перевірки апаратури;
2. навантаження ступенями (100кН) до 1000кН і розвантажування через 200кН до 0, а далі через 100кН аж до розруйнування з витримкою на кожному етапі по 30 хвилин.
3. чотирьохступінчатє навантаження (після 35 часів відпочінку) до навантаження 1800кН.

Загальне переміщення 2мм було отримане при навантаженні 1400кН. При навантаженні 1600кН в торці клеєвого пакету під верхньою деталлю у отворі анкерних стержнів з'явилася тріщина. Після цього було проведене плавне розвантаження. Через 12 часів випробування були продовжені до повного розруйнування вже без фіксації показників приборів та датчиків. При навантаженні 1800кН трапилося хрупке розруйнування зварених швів, поєднуючих поперечний стержень з закладними деталями, що викликало одночасне висмикування нахилених анкерних стержнів з їх вигином. Обробка отриманої інформації показала, що розподіл напруг в зоні стику має надто складний характер. Найбільші величини нормальних розтягаючих напруг поперек волокон досягаються в середині висоти перетину елемента там, де закінчуються схильно вклеєні стержні . Ці напруги зменшуються по мірі наближення до торця, в безпосередній близькості від якого в ненавантажених зонах вони змінюють свій знак на стиск, на що показує та-

кож сближення анкерних пластин. Нормальні розтягаючі напруги в деревині розподіляються по всій висоті перетину досить рівномірно.

В третьому циклу навантаження після фіксації остатніх напруг другого циклу, нове навантаження розвивалося зі звищеним модулем, утворюючи гістерезисні петлі. В цьому випадку лінійна зона їх роботи виявилася дещо вища, ніж у попередньому циклі.

Виявлення ефекту Баушпінгера можна пояснювати накладанням на загальне поле напруг в деревині, напруг від сталених арматурних стержнів.

Сьомий розділ відбиває результати багаторічних робіт автора по відновленню несучої властивості дерев'яних конструкцій після тривалого періоду їх експлуатації.

Розглянуті і проаналізовані засоби обслідування та діагностики дерев'яних конструкцій з залученням даних по близько 800 об'єктах, збудованих на території СНД.

Найменш вивченим розділом в будівельній практиці є поняття випадкової події, яка складається з розруйнування конструкцій, тобто її "відмови". Основиною задачею являється створення таких конструкцій, в яких реальність відмови, як випадкового процесу, була би малоімовірною. Через те, що розруйнування або аварія не являються масовим явищем, статистичні тлумачення ймовірності для нього втрачають сенс. Виняток складають розруйнування при землетрусах та інших стихійних нещастях, де ця ймовірність досить висока. Однак побічне використання статистичних методів при створенні конструкцій і систем за малою ймовірністю руйнування очевидно.

За своєю суттю відмови можна розбити, як відомо, на дві великі групи: 1 роду - поступові, 2 роду - раптові. Як правило, ці два види відмов взаємопов'язані, що особливо характерно для дерев'яних конструкцій. Поступові відмови виникають від різного виду мікропошкоджень, збільшення деформацій, зменшення міцносних характеристик при

зміненні температурно-вологісного режиму, що попутно може стимулювати розвинення в деревині гнильних процесів, а також виявляється в життєдіяльності личинок деревоточця та інших шкідників, ослаблюючих поперечний перетин конструкцій. Відмови у вигляді розруйнування окремих елементів з-за зниження місцевої міцності, сколювання, розколювання або стійкості складених стержнів треба віднести до раптових відмов 2 роду.

Такі відмови можуть бути ініційовані сукупністю впливів, характерних для відмов 1 роду. Дані по відмовах, отримані внаслідок обстежень, систематизовані, обґрунтовані за конструктивними ознаками і розміщені в узагальнюючу таблицю.

Автоматичне перенесення архітектури проектування залізобетонних і сталених каркасів на дерев'яні без урахування їх специфіки, як показала практика, недопустима. Так багатопрогінні схеми покриття промислового і сільськогосподарчого призначення з типовим рішенням внутрішнього водовідводу і парапетами, особливо продольними, з'явилися дуже несприятливими при використанні несучих клеєвих дерев'яних конструкцій. Специфічні властивості деревини необхідно враховувати вже на початковій стадії проектування. При компоновці архітектурно-планувальних рішень треба приймати простіші форми дахів одно та двох скатними з максимально можливим схилом. Необхідно уникати розміщення на даху різноматрих споруд та надбудов. Замість слухових вікон бажано використовувати фронтонні варіанти. При конструюванні покриттів при будь-якому рішенні несучих конструкцій вони не повинні знаходитися в товщі перекриття для зручності огляду та вентиляції. Останнє положення спрощує, при необхідності, процес посилення. Відмова від стереотипів, що склалися при розрахунках, удосконалення процесу проектування приведе до підвищення довговічності і надійності дерев'яних конструкцій за різних умов їх експлуатації. Більша частина розруйнування в клеєних конструкціях

відбувається з-за недостатньої зрушуючої міцності, в першу чергу в опірних зонах.

В розділі приведені конкретні приклади відродження несучої здібності дерев'яних конструкцій різного призначення, як цільних перетинів, так і складних, у тому числі і клеєних. Для останніх необхідний особливий підхід, який відрізняється від елементів, виповнених з цільних сортиментів. Приведені рішення узагальнюють досвід подібного роду робіт, проведених в останні роки в різних організаціях та інститутах на території країн СНД.

Розглянуті різні підходи до відродження несучої здібності дерев'яних конструкцій в умовах експлуатації, що включають до себе:

- змінення розрахункових схем несучих конструкцій;
- особливості посилення окремих вузлів;
- пропозиції по ліквідації дефектів, виникаючих при розслоюваннях та розколюваннях.

В кожному з підрозділів наводяться рекомендації по удосконаленню проектування конструкцій, що виявляються з аналізу їх відмов. По цілому ряду конкретних робіт, проведених автором, в прикладеннях є відповідні документи і акти по впровадженню.

Основні результати роботи і підсумкові висновки.

Внаслідок роботи встановлено:

- 1) автоматичний переніс даних з дослідження пружної анізотропії цільної деревини на клеєну не може бути запропонований в зв'язку з тим, що остання являє собою якісно інший матеріал; ортотропна модель відповідає лише елементам з малою величиною площі поперечного перетину (до 10 см²), а для більших перетинів характерна трансропна модель; відкоректовані значення міцносних та пружних властивостей деревини при навантаженні під кутами до волокон;
- 2) на основі широких експериментальних досліджень отримані рівняння зв'язку, та відповідні коефіцієнти по врахуванню масштабного фактору

цільної та клеєної деревини. Причому для останньої слід встановити нові базові зразки (стиск, вигін);

3) встановлено, що межа міцності старої деревини на стиск та зминання з часом практично не перетерплює змін, рівно як і модуль пружності уздовж волокон; межі міцності на вигін, розтяг та сколювання істотно знижують свої показники; наявність різного виду тріщин справляє істотний вплив на модулі пружності та міцності характеристики лише при вигині та сколюванні;

4) тривалі випробування "старої" деревини на стиск та вигін показали незначну відміну нахилу кривих, що представлені у полулогарифмічній формі, від аналогічно одержаних для "нової" деревини; в зв'язку з цим (з деяким наближенням) можна не тільки прогнозувати міцність деревини, але й оцінити її початкову величину з моменту введення до експлуатації; розроблені і запропоновані поправочні коефіцієнти для різних видів напружено - деформованого стану, на які слід помножати розрахункові опірності та модулі пружності при оцінці міцності конструкцій після тривалої їх експлуатації при умові повторного використання;

5) проведені масові дослідження складного напруженого стану клеєної деревини, оцінено характер деформацій та руйнування, визначені пружні характеристики, в тому числі вперше досліджений модуль об'ємної деформації для клеєних зразків конструктивних розмірів; встановлено, що деформації знижуються порівняно з одноосним прикладенням навантаження, а найбільш небезпечними при складному напруженому стані є напруги, що діють поперек волокон, які й приводять до більшості відказів дерев'яних конструкцій;

6) розроблений та запропонований критерій міцності, заснований на обліку енергії формозмінення для деревини як трансропного тіла; коефіцієнти при різних компонентах напруженого стану в розробленому критерії прив'язані до діючого БНіПу 11-25-80, але можуть бути легко

скоректовані в очікуваному зміненні величин розрахункових опірностей, котрі потребують перегляду;

7) проведені дослідження використані при створенні нового класу К, К - об'єктів електротехнічного призначення, в яких необхідні високі діелектричні властивості деревини, що особливо виявляються в умовах електричного удару, діючого в мікросекундній зоні; розроблені різні схеми ІНК-портальні, каркасні, баштово-вантові, які змонтовані і експлуатуються в Московській, Ленінградській та Харківській областях, що являються несучою основою електрофізичних установ;

8) ряд технічних рішень основних несучих елементів та вузлів захищені авторськими свідоцтвами;

9) сформульовані закономірності відмов дерев'яних конструкцій, узагальнені типові засоби відновлення і реконструкції будов і споруд, які виконуються з цільної або клеєної деревини; оцінені питання працездатності, а також дані рекомендації при умові повторного використання "старої" деревини; запропоновані заходи, які дозволяють ще на стадії проектування істотно підвищити довговічність дерев'яних конструкцій.

Основний зміст дисертації опублікований в наступних роботах:

Монографії:

1. Гринь И.М., Фурсов В.В. и др. Проектирование и расчет деревянных конструкций. Справочник. -К. Будивельник. -1988. -278с.
2. D. Fug. und Autorecollektiv. Tragwerke im Industriebau./V.V.Fursow Ab. 2.,7.,9. -Berlin. -1989. -287 S.

Статті в наукових виданнях:

3. Фурсов В.В. Состояние вопроса использования анизотропных конструкций в строительстве. //ЦНИИСК, труды института, №23. -М. -1971. -С.145-152.

4. Фурсов В.В., Данков В.С. Уточнение методики расчета ортотропных плит в линейной постановке. //ЦНИИСК, труды института, №25, -М. -1972. -С.22-30.
5. Фурсов В.В. Изгиб ортотропных конструкций с учетом геометрической нелинейности. //ЦНИИСК, труды института, №25, М. -1972. -С.175-179.
6. Фурсов В.В. Учет физической нелинейности при расчетах на изгиб анизотропных конструкций. //Сб. Строительные конструкции, вып. ХХІХ, К. - 1977. -С. 16 - 20.
7. Данков В.С., Фурсов В.В. Выбор подкрепления настила ортотропных плит //Сб. ЦИНИС, М. - серия XVII - 1977.- вып.5 (71). -С. 26 - 30.
8. Фурсов В.В., Данков В.С. Изгиб тонкостенных плит, диагонально подкрепленных ребрами жесткости //ЦНИИС Госстроя СССР, -М. -1978. -№ 1298. -21 с.
9. Гринь И.М., Ляхин В.В., Фурсов В.В. Опоры электротехнического назначения //Информация о научно-техническом достижении. - № 85-114. -Х. -1985. -6 с.
10. Fursov V.V., Dankov V.S., Raboldt K. Zum Tragverhalten einer orthotropen Platte bei wiederholter Beanspruchung //Wissenschaftliche Zeitschrift Cottbus. - 1985. - Н.2. - S.20 - 22.
11. Fursov V.V., Dankov V.S., Saucev P.I., Raboldt K., Stenker H. Einfluss der Nachbiegigkeit der Hauptträger auf Spannungs und Verformungszustand der orthotropen Platte //Wissenschaftliche Zeitschrift Cottbus. -1986. -Н.2. -S.74 - 79.
12. Fursov V.V., Dankov V.S., Raboldt K. Experimentale Untersuchung der Ermüdungsfestigkeit orthotropen Platten //Wissenschaftliche Zeitschrift Cottbus. -1986. -Н.2. -S. 49 - 53.
13. Ворожбянов В.Н., Корчак М.Д., Фурсов В.В. //Исследование и расчет сквозных балок -Сб. "Численные методы расчета тонкостенных пространственных конструкций". -К. -1988. -С. 63 - 68.

14. J.M. Grin, H. Stenker, V.V. Fursov. Verbindungs von Elementen aus Pressschihtholz mit Sraubenbolzen fur Baukonstruktionen. //Wissenschaftliche Zeitschrift. -Cottbus. -1989. -H.11. -S.19 - 22.
15. Фурсов В.В., Слабун В.К. Экспериментальное исследование ортотропных плит с различным подкреплением //Промышленное строительство -К. №1 -1992. -С.8 - 12.
16. Фурсов В.В., Прыгунков А.В. Исследование резервов несущей способности деревянных конструкций промышленного здания в Харьковской области //Бюл. тех. информации Минобороны Украины № 4. Харьков. -1994. -С. 26-29.
17. Фурсов В.В., Турковский С.Б., Лякин В.В. Исследование основных несущих конструкций крупногабаритных изоляционных установок //ВИНИТИ. -М. -1995. № 5. -С. 14-18.
18. Фурсов В.В., Турковский С.Б. Исследование узловых соединений сооружений башенного и каркасного типа. //ВИНИТИ. М. -1995. № 5. -С. 7-10.
19. Фурсов В.В., Чередник Д.Л. Учет масштабного фактора в сжатых элементах из клееной древесины //Бюллетень тех. инф. Минобороны Украины № 2. -1995. -С. 20-22.
20. Фурсов В.В., Абдурахимов Р.Ф. Исследование клееной древесины на смятие поперек и под углом к волокнам //Бюллетень стр. инф. Минобороны Украины № 4. -1995. -С. 29-31.
21. Фурсов В.В. и др. Оценка возможности увеличения технологической нагрузки на купольное покрытие //Бюллетень тех. инф. Минобороны Украины № 4. -1995. -С. 26 - 28.
- Авторські свідотства:
22. Авторское свидетельство № 842124 "Пролетное строение разборного моста" /Данков В.С., Фурсов В.В. М. -1981. -бюл. №24

23. Авторское свидетельство № 1416633. -1986. /Узловые соединения деревянных элементов. Турковский С.В., Преображенская И.П., Дзымов В.В., Ляхин В.В., Фурсов В.В.

24. Авторское свидетельство №1470837. -1987. /Стыковое прессовое соединение, Данков В.С., Сухарев В.Е., Фурсов В.В., Ляхин В.В.,

Тези докладів:

25. Гринь И.М., Ляхин В.В., Фурсов В.В., Гринь В.И. Использование высокопрочных пластмасс для диэлектрических конструкций зданий. //Тезисы доклада Всесоюзной конференции "Пути снижения материалоемкости несущих конструкций инженерного назначения". -Хабаровск -1987. -С. 4-5.

26. Фурсов В.В., Гринь И.М., Гончаренко Е.А. Восстановление деревянного элеватора для хранения зерна в Харьковской области //Научно-техн. конф. Тезисы докладов. -Пенза. -1991. -С. 32-33.

27. Фурсов В.В. Учет анизотропии древесины в элементах несущих конструкций //Доклад II международной конференции "Материалы для строительства" Днепропетровск -1993. -С. 150-151.

АННОТАЦИЯ

Фурсов В. В. Работоспособность деревянных конструкций при различных нагрузках и эксплуатационных воздействиях.

Диссертация является рукописью на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.01. Строительные конструкции, здания и сооружения.

Полтавский технический университет, Полтава, 1996.

В работе содержатся результаты исследований цельной и клееной древесины при различных видах напряженно-деформированного состояния, позволивших уточнить упругую анизотропию древесины и ее расчетную модель. Испытания образцов и узлов с разными размерами

поперечных сечений дало возможность оценить влияние масштабного фактора на прочностные характеристики древесины.

Предложен метод расчета конструкций на сложное напряженное состояние с учетом анизотропных свойств древесины. Показана эффективность клееной древесины в сооружениях специального электротехнического назначения. Значительное число подобных объектов запроектировано, изготовлено и возведено на территории Украины и стран СНГ.

Рассмотрены вопросы работоспособности различных видов деревянных конструкций после длительной их эксплуатации. Разработана система оценки долговечности древесины зданий и сооружений различного назначения и специальные понижающие коэффициенты, вводимые в расчетные сопротивления при повторном использовании древесины после длительной ее эксплуатации. Систематизированы виды отказов конструкций и способы восстановления их работоспособности.

Ключевые слова: клееная древесина, анизотропия, масштабный фактор, механические свойства, прочностные характеристики, сложное напряженное состояние, работоспособность, диэлектричность, изоляционные конструкции.

SUMMARY

Fursov V.V. Capacity of work of wood constructions affecting by various loading and exploitation conditions.

Manuscript of thesis of dissertation
for Doctor's degree of technical sciences

(profession 05.23.01 - "Building Constructions and structure")

This work contains results of investigations of whole and glue wood with different types of strained stressed state, which allow to define more pre-

cisely elastic wood anisotropy properties and propose new calculation model. Experiments conducted in the framework of this work on the samples and units with different values of cross sections gave an opportunity to evaluate an influence of the scale factor on strength characteristics of the wood. The method of calculation of constructions with complex stressed states taking into account anisotropy properties of wood is proposed. Efficiency of glue wood in special constructions for electrotechnical purposed is shown. A great number of such constructions were projected, produced and built in Ukraine and other countries of CIS. Capacity of work of different wood constructions after their long term exploitation is investigated. A system of wood construction longevity estimation after long term exploitation is developed. It contains special reducing factors used is the calculations of wood resistance at its second hand use after long term exploitation. Types of constructions overflowing and method of reconstruction their capacity of work are systemized.

Підлясно до друку 27. 02. 96р. Формат 60x84 1/16. Папір друкарський.
Друк офсетний. Умови, друк, арк. 2. Замовлення №213. Тираж 100 прим.
Безкоштовно. Дільниця оперативного друку статистичного управління
Полтавської області. м. Полтава, вул. Пушкіна, 103.

AB 34.260