

ПОЛТАВСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

САГАН Олександр Ємільянович

УДК 624.072.33.011.1:674.028.9

МЕТАЛОДЕРЕВ'ЯНА ДВОКШАРНІРНА РАМА
З ЗАТЯЖКОЮ В РІВНІ КАРНИЗНИХ ВУЗЛІВ

05.23.01 - Будівельні конструкції, будівлі та споруди

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

Полтава - 1992

Робота виконана в Московському Інженерно-будівельному Інституті Ім. Куйбішева.

ЛННБ України ім. В. Стефаніка



00814405 (M)

- | | |
|-------------------|---|
| науковий керівник | - кандидат технічних наук,
професор К.В.Сліцкоухов |
| фізичні опоненти | - доктор технічних наук,
професор Е.М.Серов |
| | - кандидат технічних наук,
доцент В.В.Фурсов |
| влада організації | - Полтавське обласне об'єднання
агропромислового будівництва |

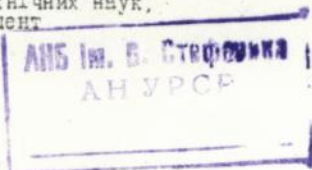
Захист відбудеться "22" грудня 1992 р. в 14 год.
на засіданні спеціалізованої Ради К.068.46.01 при Полтавському Інженерно-будівельному Інституті за адресою: 314601, Полтава, Першотравневий проспект, 24.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Полтавського Інженерно-будівельного Інституту.

Автореферат розісланий "21" листопада 1992 р.

Вчений секретар
спеціалізованої Ради,
кандидат технічних наук,
доцент

Д.С.БОНДАРЬ



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Розвиток сучасного будівельного виробництва йде в напрямку подальшої його Індустріалізації, удосконалення структури використовуваних будівельних матеріалів та конструкцій, розширення застосування прогресивних конструкцій, в тому числі і клеєдерев'яних (КДЖ), зменшення маси конструкції, скорочення термінів введення в експлуатацію будівельних об'єктів.

Одним із перспективних напрямків розвитку клеєдерев'яних конструкцій є розробка статично невизначених конструкцій, які відрізняються більш високою жорсткістю і меншою матеріаломісткістю в порівнянні з аналогічними статично визначеними системами.

Основний напрямок даної роботи - розробка більш ефективної (в порівнянні з використовуваними в сільськогосподарському будівництві) рамної конструкції. Вибір такого напрямку визначився з таких міркувань: по-перше, на сучасному етапі сільськогосподарське будівництво є основним споживачем КДЖ; по-друге, використовувані при будівництві на селі конструкції мають ряд істотних недоліків, основним з яких є висока їх матеріаломісткість; по-третє, рамні конструкції в найбільш повній мірі задовольняють вимогам габаритних схем саме сільськогосподарських будівель.

Актуальність роботи визначається напрямом на зниження матеріаломісткості та вартості будівництва, скорочення термінів введення об'єктів в експлуатацію.

Виконана робота проводилася у відповідності до координаційного плану секції "Дерев'яні конструкції" науково-координаційної Ради Держбуду СРСР по розділу 2.3.1 "Розробка та удосконалення клеєних дерев'яних конструкцій на базі уніфікованих елементів та нових вузлових з'єднань".

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є дослідження діючої роботи двохшарової клеєдерев'яної рами з затяжков в рівні карнизних вузлів та розробка практичних рекомендацій щодо її розрахунку та конструювання.

Для досягнення поставленої мети виникла необхідність вирішення таких задач:

1. Розробити конструкцію рами.
2. Розробити методику визначення модуля пружності та зсуву клеєної деревини при роботі на згин та встановити їх розрахункові значення.
3. Розробити практичний метод розрахунку з урахуванням відмінностей, властивих статично невизначеним системам з використанням деревини. Встановити залежності для визначення розмірів поперечних перерізів елементів рами та вибору оптимального матеріалу для затяжки.
4. Розробити програму розрахунку на ЕОМ для використання її в системі автоматизованного проектування.
5. Здійснити експериментальне дослідження натурних фрагментів карнизних вузлів рами з горизонтальним монтажним стиком, встановити їх напружено-деформований стан, міру податливості, порівняти одержані результати з теоретичними значеннями.
6. Здійснити випробування рами, встановити міру відповідності експериментальних результатів теоретичним.
7. Виконати техніко-економічний аналіз, виявити рекомендовані галузі використання двохшарнірних рам з затяжкою в рівні карнизних вузлів у будівництві.

Наукова новизна роботи полягає:

- в розробці конструкції рами та вузлів з'єднання її елементів;
- в результатах теоретичних досліджень напруженого стану рами;
- в отриманні експериментальних даних щодо несучої здатності та деформативності рами I II карнизних вузлів;
- в розробці рекомендації щодо практичного розрахунку, конструювання та прогнозування довготривалої міцності по результатах короткотривалих випробувань.

Практична цінність роботи полягає:

- в розробці на основі результатів досліджень методики практичного розрахунку двохшарнірних рам з затяжкою в рівні карнизних вузлів;
- в розробці з використанням результатів досліджень проектної документації на будівництво сільськогосподарських будівель площею 9 та 12 м для 1-го та II-го сільських районів.

- в можливості використання отриманих результатів досліджень Іншими організаціями.

Впровадження результатів. Результати досліджень використані при розробці проектної документації на будівництво сільськогосподарських будівель прольотом 9 і 12 м в проектному Інституті "Полтаваагропроект".

На захист виносяться:

- конструктивні рішення двохшарнірних рам з затяжкою в рівні карнизних вузлів та вузлових з'єднань її елементів;
- результати теоретичних досліджень напруженого стану рами;
- методика та результати експериментальних досліджень напружено-деформованого стану фрагментів карнизних вузлів з горизонтальним монтажним стиком;
- методика та результати експериментального дослідження рами;
- методика прогнозування довготривалої міцності по результатах короткочасних випробувань;
- практичний метод розрахунку.

Апробація роботи. Результати роботи були повідомлені та обговорені:

- на XXXIX ... XLIV науково-технічних конференціях Полтавського Інженерно-будівельного Інституту, 1987-1992 р.р.;
- на II Республіканській науково-технічній конференції "Використання пластмас в будівництві та міському господарстві", Харків, 1987 р.

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, основних висновків, списку літератури. Вона вміщує 142 сторінки, в тому числі 110 сторінок машинописного тексту, 9 таблиць, 53 малюнка, 6 фотографії та список літератури із 119 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступній частині обґрунтовано актуальність теми та доцільність розробки і впровадження в практику проектування і будівництва двохшарнірних рам з затяжкою в рівні карнизних вузлів.

Перша глава вміщує опис особливостей проектування і будівництва сільськогосподарських будівель; питання використання

для них клеєних дерев'яних конструкцій та напрямки їх удосконалення; обґрунтування вибраного напрямку досліджень; аналіз особливостей розрахунку статично невизначених конструкцій з використанням деревини.

Розглядаються роботи пов'язані з розробкою та дослідженням жорстких вузлових з'єднань дерев'яних елементів на клеєних арматурних стержнях, як найбільш прийнятних для статично невизначених конструкцій (автори Турковський С.Б., Фролов О.Ю., Овчинникова І.Г., Колпаков С.В., Пінаєв І.П., Халтурін Ю.В. та Ін.), роботи по розробці та впровадженню нових типів конструкцій, в тому числі і статично невизначених (автори Деев В.П., Турковський С.Б. та Ін.).

В обґрунтуванні вибраного напрямку досліджень приводиться пояснення вибору конструктивної форми, виду вузлових з'єднань, економічне обґрунтування. На основі цього, а також з врахуванням аналізу особливостей, властивих статично невизначеним системам з використанням деревини, сформульовано мету та задачі дисертаційної роботи.

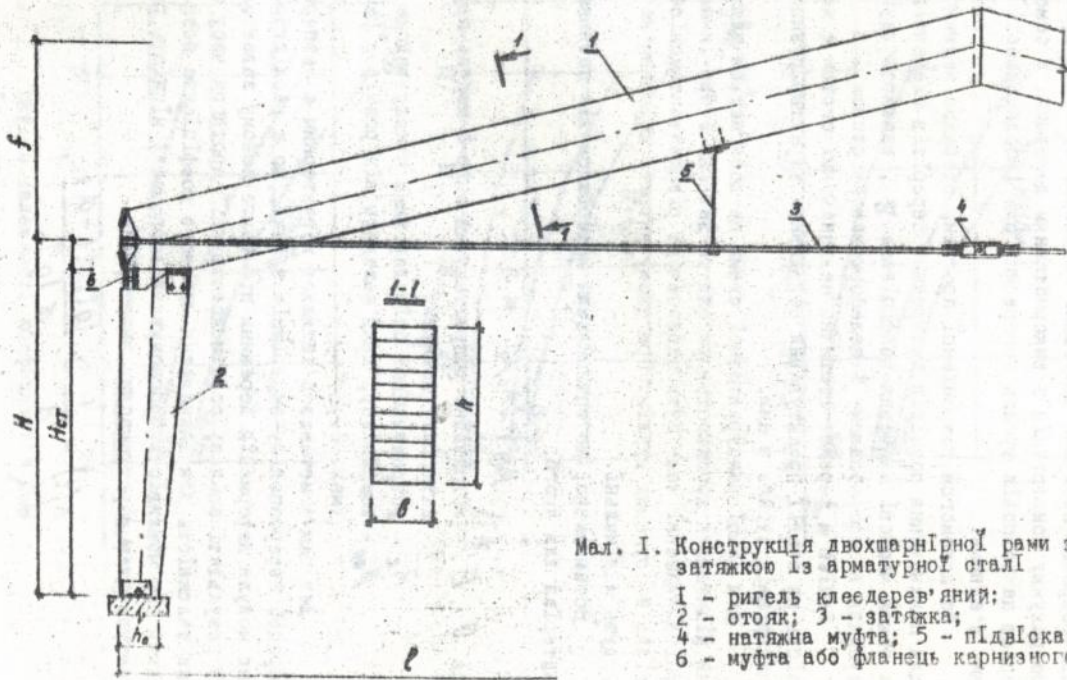
Друга глава вміщує опис конструкції рами, теоретичні дослідження її напружено-деформованого стану, практичний метод розрахунку.

Конструкція рами розроблена у двох варіантах: з суцільним стояком (мал. 1) та із стояком скрізного перетину.

В рамках із суцільним стояком карнизний вузол вирішується за допомогою горизонтального збірно-розбірної стика, в якому зусилля розтягу передається через клеєні в ригель та стояк арматурні стержні, а зусилля стиску - через клеєні в ригель стержні і простий упор в стояк. Таке рішення стика дає можливість застосувати для з'єднання клеєних в ригель та стояк стержнів прості з'єднувальні деталі (муфти або фланці), а також передати розпір на зтяжку простим лобовим упором в неї торців ригеля. Для запобігання розшарувань деревини рекомендується стержні розтягнутої зони клеєвати в ригель на всю висоту його поперечного перерізу, а стояк армувати у поперечному напрямку клеєним стержнем.

У статичному відношенні рама є двічі статично невизначеною системою. Для її розрахунку використовується метод сил.

Точний розрахунок з врахуванням геометричної нелінійності



Мал. 1. Конструкція двохшарнірної рами з
затяжкою із арматурної сталі
1 - ригель клеєдерев'яний;
2 - отояк; 3 - затяжка;
4 - натяжна муфта; 5 - підвіска;
6 - муфта або фланець карнизного вузла.

реалізовано на ЕОМ. Розроблена програма розрахунку базується на методі послідовних наближень і дозволяє визначати внутрішні зусилля та розміри, поперечних перерізів елементів рами. При розробці програми враховані особливості, характерні для розрахунку конструкції з використанням деревини, а саме: вплив на розподіл зусиль поперечних сил і податливості вузлових з'єднань.

За допомогою розробленої програми одержано залежності для призначення розмірів поперечних перерізів елементів рами, а також числові значення коефіцієнта β , взаємозв'язуючого зусилля в деформованому і недеформованому станах.

Однією з переваг статично невизначених систем є можливість на стадії проектування регулювати характер розподілу внутрішніх зусиль в них.

Для даної конструктивної схеми це досягається шляхом зміни відношення жорсткостей ригеля та затяжки і при їх певному співвідношенні може бути забезпечена рівнозавантаженість найбільш напружених вузлів. При цьому витрати деревини на раму будуть мінімальні.

Встановлено, що оптимальним матеріалом для затяжки буде матеріал для якого:

$$\beta_{np} \sqrt{\beta R_c / q} \leq R / E,$$

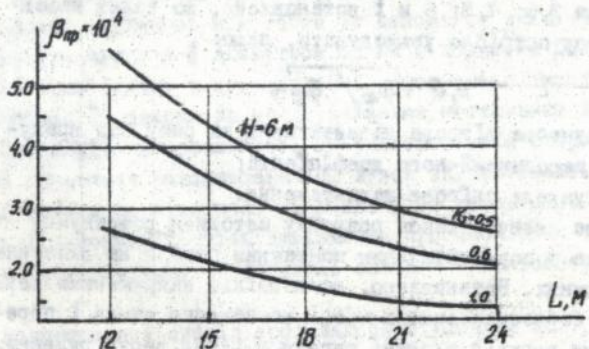
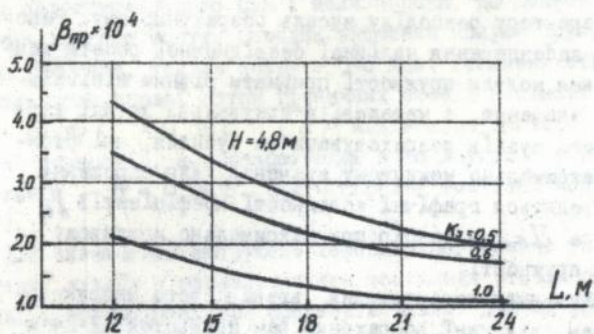
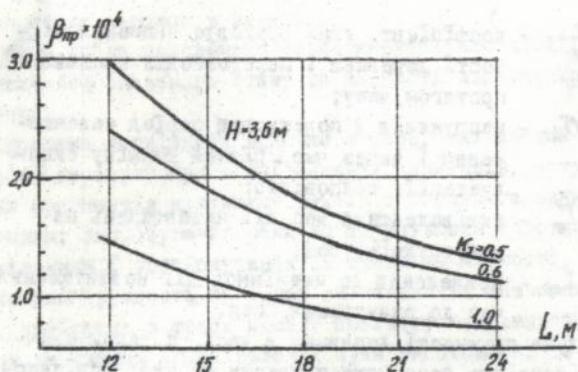
де R, E - відповідно розрахунковий опір і модуль пружності матеріалу затяжки;

R_c - розрахунковий опір деревини стиску вздовж волокон;

β_{np} - коефіцієнт, який залежить від розмірів рами (мал. 2).

Для рам з металевих затяжок характерним є безперервний процес перерозподілу внутрішніх зусиль, що є наслідком змінення модуля деформації деревини при довготривалому завантаженні. В результаті аналізу роботи конструкції протягом часу отримана залежність для визначення часового коефіцієнта безпеки, який дає можливість прогнозувати довготривалу міцність рами по результатам короткотривалих випробувань:

$$k(t) = \frac{1}{\alpha} - \frac{\lg t_{np} (1 - \alpha)}{\alpha \lg T_3},$$



Мал. 2. Графіки залежності коефіцієнтів $\beta_{пр}$ від розмірів рами

де $\alpha = m_{дл} \frac{\sigma_{ар}}{\sigma_{дл}}$ - коефіцієнт, який враховує зниження міцності деревини і перерозподіл зусиль протягом часу;

$\sigma_{ар}, \sigma_{дл}$ - напруження у початковий період навантаження і через час, рівний терміну експлуатації, відповідно;

$T_{з}$ - еквівалентний час дії навантажень на конструкцію, сек;

$t_{пр}$ - приведений до незмінної дії навантаження час до руйнування, сек.

Змінення модуля пружності деревини в часі, а також значна статистична мінливість його може привести до невідповідності фактичного характеру розподілу зусиль розрахунковому. Рекомендується, для забезпечення надійної безвідмовної роботи конструкції, значення модуля пружності приймати рівним мінімальному ймовірному значенню, а металеві з'єднувальні деталі карнизного і опорного вузлів розраховувати на зусилля, які отримані при його максимально можливого значенні. Для спрощення розрахунків приводяться графічні залежності коефіцієнтів $\mu_u = \sigma_{Emax} / \sigma_E$, де σ_{Emax} - розп'ір при максимально можливого значенні модуля пружності.

Для виявлення виду навантаження, визначачого напружено-деформований стан, виконані розрахунки рам прольотом 12-24 м з висотой стояка 3,6; 4,8; 6 м і встановлено, що вплив навантаження від вітру потрібно ураховувати, якщо:

$$t < 9,6 \sqrt{q_w / q_s},$$

де q_w - розрахункове вітрове навантаження на раму без врахування аеродинамічного коефіцієнта;

q_s - розрахункове снігове навантаження.

Друга глава вклячає також розробку методики розрахунку карнизного вузла з горизонтальним монтажним стиком на вклеєних арматурних стержнях. Встановлено, що найбільш напруженими перерізами вузла є горизонтальний в місці монтажного стика і переріз, паралельний верхній площині ригеля в рівні верху вклеєних з зони розтягу стержнів. Із сумісного рішення рівнянь рівноваги та нерозривності деформації отримані залежності для визна-

чення зусиль в стержнях, напруження зминання в стояку та розтягу упоперек волокон в ригелі.

Третя глава присвячена експериментальним дослідженням напружено-деформованого стану та міцності двохшарнірних рам з затяжкою.

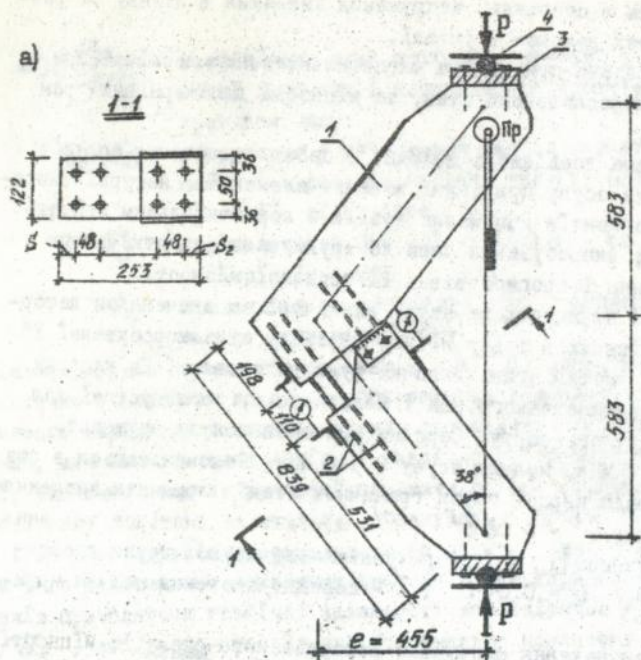
Програма досліджень включає в себе: визначення модулів пружності та зсуву при згині клеєних елементів, натурні випробування фрагментів карнизних вузлів з горизонтальним монтажним стиком; випробування рами до зруйнування короткочасним навантаженням і прогнозування її тривалої міцності.

Модулі пружності та зсуву визначені за значеннями деформації, замічених в трьох місцях прольоту при випробуванні 25 балочок на чистий згин. Балочки були виготовлені із клеєних блоків Коростиневського СБК і мали пороки, що допустимі для деревини другого сорту. Середні значення модуля пружності склали 8520 МПа, модуля зсуву - 340 МПа. Рекомендується в розрахунках щодо першої групи граничних станів приймати значення модуля зсуву $G^I = 0,06 E^I$ (E^I - мінімальне ймовірне значення модуля пружності), а в розрахунках щодо другої групи граничних станів - $G = 0,04 E$ (E - середнє значення модуля пружності).

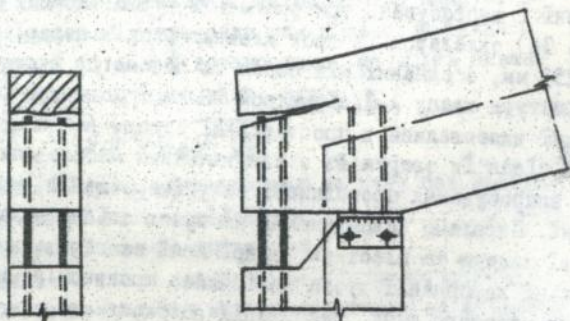
Для визначення напружено-деформованого стану та міцності карнизних вузлів з горизонтальним монтажним стиком були виготовлені і випробувані три фрагменти вузла. Кожен фрагмент (мал. 3а) складався із двох клеєних блоків перерізом 122x253 мм, з'єднаних між собою за допомогою клеєних стержнів із арматури класу А-III діаметром 16 мм і довжиною 160-190 мм. Стержні вклеювались в просвердлені отвори на епоксидному клеї ЕПЦ-4 після їх зварки із з'єднувальними металевими деталями.

Випробування проводилось на універсальній випробувальній машині. Передача навантаження на вузол здійснювалась через металеві валики та пластини, закріплені на дерев'яних елементах. Загальні деформації вузла замірялись прогиномірами та індикаторами часового типу, деформації волокон - тензометричним методом.

Навантаження вузлів проводилось ступенями по 7,5 кН рівномірно на протязі 3 хв. Після навантаження на протязі 12 хв. здійснювалась витримка. Руїнування всіх фрагментів вузлів від-



б)



Мал. 3. Схема випробування фрагмента вузла (а)
і характер руйнування (б)

1 - клеєні блоки; 2 - вклеєні арматурні стержні
діаметром 16 мм; 3 - розподільні прокладки;
4 - валики діаметром 36 мм

булося від розриву деревини уперек волокон в перерізі, який проходить через верх клеєних в розтягненій зоні стержнів (мал. 3б). При подальшому незначному збільшенні навантаження в двох вузлах відбулося сколивання деревини в напрямку перпендикулярному осі стержнів, а в третьому - утворення складки в зоні стиску і розрив вздовж волокон деревини в зоні розтягу.

Для всіх вузлів відношення руйнівного навантаження до розрахункового більше нормованого коефіцієнта безпеки, що свідчить про достатню несучу здатність та відповідність прийнятих в розрахунках передумов дійсної роботи.

Експериментальні деформації вузлів відповідають теоретичним. При розрахунковому навантаженні для вузлів № 1 і № 2 вертикальні переміщення менше теоретичних, обчислених з врахуванням податливості з'єднань, відповідно на 45 і 18%, а для вузла № 3 більше на 12%.

В цілому, результати експерименту підтвердили теоретичні передумови, показали надійність з'єднань дерев'яних елементів на клеєних арматурних стержнях, їх мінімальну податливість, обумовили напрямок конструктивного удосконалення вузлів.

Таблиця 1

№ вузла	Розрахункове навантаження, кН		Руйнівне навантаження, кН	Коефіцієнт безпеки	
	по втискуванню стержнів	по розриву уперек волокон		нормований	фактичний
1	31,8	28,6	66,4	2,32	2,32
2	31,8	25,6	64,5	2,32	2,52
3	28,2	23,2	56,8	2,32	2,45

Для виявлення характеру розподілу внутрішніх зусиль, деформативності і фактичної несучої здатності двохшарнірних рам з затяжкою в рівні карнизних вузлів проведено випробування рами прольотом 4,5 м (мал. 4). Рама виготовлена із соснових брусів другого сорту перерізом після обстругування 90х146 мм. З'єднання елементів ригеля в гребні та ригеля зі стійками виконано за допомогою клеєних стержнів із арматурної сталі кла-

су А-Ш діаметром 12 мм на епоксидному клеї ЕПШ-І (мал. 5). Для опорних вузлів рами використані сталеві деталі з призматичними шарнірами. Сприйняття розпору забезпечено жорстким з'єднанням опорної плити шарніру з траверсою випробувального обладнання.

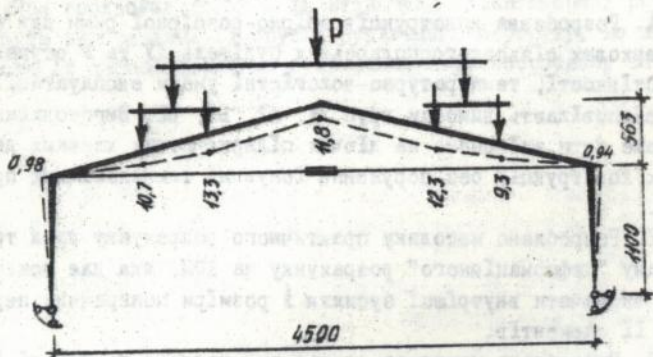
Випробування рами проведено в горизонтальному положенні, для чого було використано обладнання, яке включало опорну, завантажувальну, дві розподільні траверси, гідравлический дократ та насосну станцію. В процесі випробування проводились заміри прогинів в п'яти місцях щодо довжини ригеля та загальних деформацій затяжки за допомогою прогиномірів ПАО-6. Для визначення внутрішніх зусиль були наклеєні на ригель, стояк і натяжну муфту тензорезистори з базою 50 мм.

Руїнування рами відбулося при навантаженні 69 кН від відриву клеєного стержня в зоні розтягу гребінного вузла. В карнизних вузлах ніяких ознак руїнування не спостерігалось. Відношення фактичного руїнного навантаження до довготривалої несучої здатності виявилось рівним 2,9, що більше інтегрального коефіцієнта безпеки для гребінного вузла на 9%.

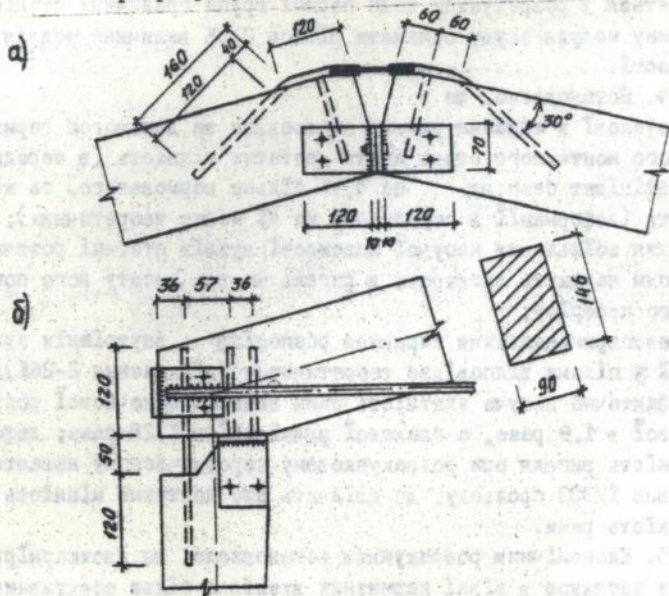
По результатам замірів відносних деформацій волокон втраховані величини розпору та зусилля в затяжці для кожної ступені навантаження. Відхилення експериментальних даних від теоретичних склали: для розпору 12-17%, для зусилля в затяжці 2-26% в залежності від величини навантаження.

В четвертій главі приводяться результати техніко-економічного порівняння двохшарнірних рам розробленої конструкції та стояково-ригельних систем з типовими безрозкісними фермами трикутного обрису. Конструкції для порівняння запроєктовані прольотом 12, 18, 24 м під навантаження 10 та 20 кН/м; внутрішній габарит прийнято рівним 3,6 та 4,8 м; крок конструкції 3 та 6 м. Вартість клеєної деревини в розрахунках прийнято рівною 302 крб/м³, вартість металу 700 крб/т.

Приведені затрати та економічний ефект щодо варіантів обчислені у відповідності до рекомендації ЦНДІБХ Ім. Кучеренко. У всіх випадках двохшарнірні рами виявились більш економічними ніж стояково-ригельні системи (ефект від 1,4 до 16%). Витрати металу в двохшарнірних рамах в порівнянні з стояково-ригельними системами можуть бути зменшені на 20-25%.



Мал. 4. Схема випробування рами та деформації при розрахунковому навантаженні



Мал. 5. Конструкція вузлів рами
а) гребінного; б) карнизного

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблена конструкція збірно-розбірної рами для однопверхових сільськогосподарських будівель ІУ та У ступенів вогнестійкості, температурно-вологістні умови експлуатації яких відповідають вимогам груп А1, А2, Б1, Б2. Виготовлення рам може бути здійснено на діючих підприємствах клеєних дерев'яних конструкцій без порушення існуючих технологічних процесів.

2. Розроблено методику практичного розрахунку рами та програму "деформаційного" розрахунку на ЕОМ, яка дає можливість визначати внутрішні зусилля і розміри поперечних перерізів її елементів.

3. Розроблена методика визначення модулів пружності і зсуву клеєних елементів при згині та встановлені їх нормативні значення, які склали відповідно 6950 МПа і 400 МПа. Рекомендується в розрахунках щодо першої групи граничних станів величину модуля зсуву приймати рівною 0,06 величини модуля пружності.

4. Встановлено, що

- вузлові з'єднання ригеля зі стояком за допомогою горизонтального монтажного стика мають достатню міцність (в середньому коефіцієнт безпеки на 4,7% більше нормованого) та жорсткість (деформації в середньому на 4% менше теоретичних);

- для збільшення несучої здатності вузлів стержні розтягнутої зони належить вклеювати в ригель на всю висоту його поперечного перерізу;

- експериментальний характер розподілу внутрішніх зусиль в рамі в цілому відповідає теоретичному (відхилення 2-26%);

- фактична несуча здатність рами вище короточасної розрахункової в 1,9 раза, а планової руйнівної в 1,28 раза; деформативність ригеля при розрахунковому короточасному навантаженні рівна 1/302 прольоту, що свідчить про достатню міцність і жорсткість рами.

5. Економічним розрахунком встановлено, що двохшарнірні рами з затяжков в рівні карнизних вузлів є більш ефективними, аніж стояково-ригельні системи з типовими безрозвісними фермами (МДА). Впровадження розроблених рам в практику будівництва

дає можливість знизити витрату металу (до 25%), трудозатрати на монтаж (на 20-35%), приведені затрати (до 16%).

6. При прольотах до 12 м та незначних навантаженнях рами можуть бути виготовлені із брусів суцільного перерізу, що дає можливість їх виготовлення на будь-якому деревообробному заводі.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ
ОПУБЛІКОВАНО В СЛІДУЮЧИХ РОБОТАХ:

1. Саган А.Э. Двухшарнирная металлодеревянная рама с затяжкой в уровне карнизных узлов /Полт. ИСИ. - М., 1988. - 12 с. Деп. во ВНИИИСе 15.02.88, № 8648.
2. Андреико Н.Т., Саган А.Э. Перспективы использования древесно-слоистого пластика в узлах клеодощатых рам //Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Тез. докл. II Республиканской научно-технической конференции. Часть II. Харьков: ХИИКС, 1987. - С. 49.
3. Саган А.Э. Исследование прочности и деформативности карнизных узлов клеодощатых рам с горизонтальным монтажным стыком //Тез. докл. 42 науч. конф. проф., преп., науч. работников, асп. и студентов ин-та. Полтава: Полт. ИСИ, 1990. - С. 100.
4. Саган А.Э. Брусчатая металлодеревянная рама для сельскохозяйственных зданий //Тез. докл. 43 науч. конф. проф., преп., науч. работников, асп. и студентов ин-та. Полтава: Полт. ИСИ, 1991. - С. 128.
5. Саган А.Э. Экспериментальное исследование прочности и деформативности металлодеревянной двухшарнирной рамы //Тез. докл. 43 науч. конф. проф., преп., науч. работников, асп. и студентов ин-та. Полтава: Полт. ИСИ, 1991. - С. 129.
6. А.Э.Саган. Эффективность применения двухшарнирных рам с затяжкой в уровне карнизных узлов в сельскохозяйственном строительстве //Снижение материалоемкости и трудовых затрат в строительстве: Сб. науч. тр. - К.: УМК ВО, 1991. - С. 78-83.

468831

№ 20.005
АВ 26.065

Подписано к печати 19.11.92г. Формат 60x84 1/16. Бумага белая писчая.
Печать офсетная. Объем 1 п. л. Тираж 102. Заказ №1591. Бесплатно.
Подразделение оперативной полиграфии управления статистики Полтавской области
г. Полтава, ул. Нушкина, 103.