

УДК 624.011.1:691.11

Д 94

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ ВАНТ, АРМОВАНИХ СТАЛЬНИМ КАНАТОМ ЗІ З'ЄДНАННЯМ ОКРЕМИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВКЛЕСНИМИ СТЕРЖНЯМИ

Б. Г. Демчина, д-р техн. наук, проф.;

А. Р. Кравз, асп.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Анотація. Наведено методику експериментальних досліджень роботи дерев'яних вант, армованих стальним канатом зі з'єднанням окремих дерев'яних елементів вклеєними стержнями. Випробування проводились на дію рівномірно розподіленого додатного навантаження (власна вага, сніг) та нерівномірно розподіленого від'ємного навантаження (вітрового).

Ключові слова: висячі покриття, дерев'яні конструкції, жорсткі нитки, методика випробувань, навантаження.

Аннотация. Приведена методика экспериментальных исследований работы деревянных вант, армированных стальным тросом с соединением отдельных деревянных элементов на клеенных стержнях. Испытания проводились на действие равномерно распределенной положительной нагрузки (собственный вес, снег) и неравномерно распределенной отрицательной нагрузки (ветровой).

Ключевые слова: висячие покрытия, деревянные конструкции, жесткие нити, методика испытаний, нагрузки.

Abstract. The methods of experimental investigations of the operation of wooden guys armoured with the steel cable with the connection of separate wooden elements on the glued rods have been given. The tests were conducted on the influence of the positive load (dead weight, snow) distributed evenly and negative load (wind) distributed unevenly.

Keywords: suspension roofs, wooden structures, rigid fibers, testing methods, loads.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Багатий досвід будівництва висячих систем в Україні та в інших країнах і результати наукових теоретичних та експериментальних досліджень дають підставу стверджувати, що даний вид покриттів є перспективним та цікавим з точки зору як інженерної науки, так і архітектурних можливостей. Висячі покриття знайшли широке застосування при спорудженні концертних і виставкових залів, цирків, ринків, спортивних споруд, а також промислових будівель. Проте у зв'язку з великою деформативністю вантових покриттів ключовою проблемою є необхідність забезпечення їх стійкості до несиметричних та локальних навантажень, що досягається використанням складних систем стабілізації. На сьогоднішній день найширше застосування знайшли наступні методи розв'язання цієї проблеми: а) довантаження вантового покриття залізобетонними плитами; б) використання двопоясних систем та тросових ферм; в) використання розтягнутих згинально-жорстких елементів. Наведені варіанти матеріалоємні і призводять до зростання вартості покриття. Крім збільшення вартості покриття, використання залізобетонних плит призводить до значного збільшення ваги покриття, що в свою чергу ускладнює опорні конструкції. Натомість стабілізація вантових покриттів дерев'яними елементами дозволила б розв'язати проблему стійкості без суттєвих перевитрат матеріалів та збільшення ваги.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Попереднім аналізом літературних джерел установлено, що тема дерев'яних вант досліджувалась мало, а такий варіант збільшення жорсткості висячих конструкцій є досить ефективним, оскільки незначно збільшує власну вагу покриття. Методика досліджень дерев'яних вант подана в роботі [4].

МЕТА СТАТТІ – розроблення методики для вивчення характеру деформування дерев'яних армованих вант та розподілу напружень у поперечному перерізі дерев'яного елемента при різних схемах завантаження; дослідження роботи з'єднань окремих дерев'яних елементів вклеєними стержнями в тілі ванти; визначення впливу величини сили попереднього натягу каната на роботу ванти.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

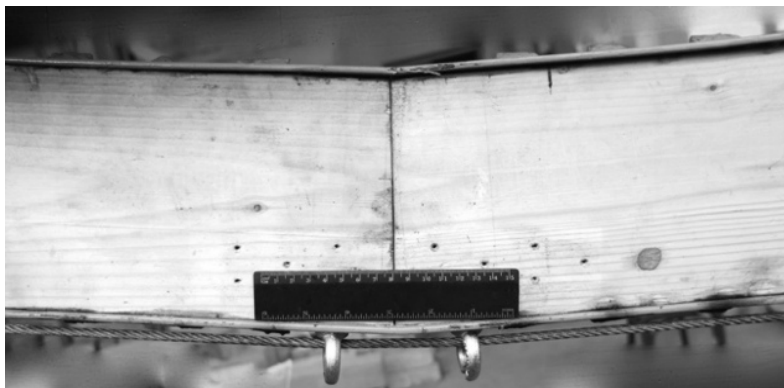
Відповідно до поставлених завдань досліджень була розроблена програма експериментальних випробувань (табл. 1). Вона передбачала проведення серії з чотирьох випробувань зразка дерев'яної вантової конструкції. Перші три випробування були проведені в пружній стадії роботи ванти, останнє – до руйнування конструкції. Зразок мав довжину 6 м, стрілу прогину 0,5 м. Рівнянням зігнутої осі ванти була квадратна парабола [3]. Зразок складався з п'яти дерев'яних дощатих секцій довжиною 1230 мм і розміром поперечного перерізу 145×32 мм. Для зразка був підібраний стальний канат типу ТК конструкції 6×19 + 1×19, діаметром 5,8 мм [5].

Таблиця 1. Програма експериментальних випробувань

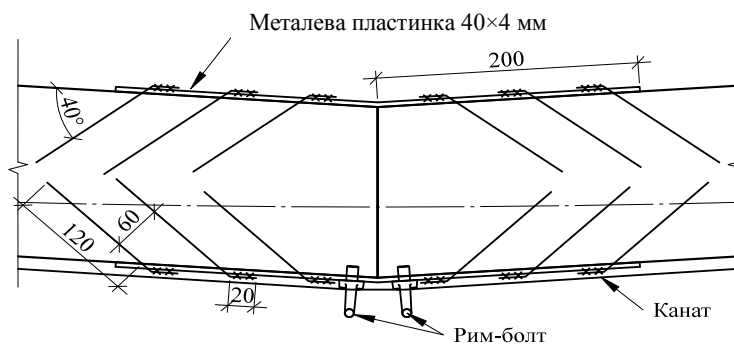
| Номер випробування | Тип з'єднання дерев'яних елементів | Вид навантаження | Армування | Попередній натяг каната, кг |
|--------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 6 | Похилі вклеєні стержні | Симетричне | Канат 5,8 мм за ГОСТ 3067-88 | 600 |
| 7 | | Несиметричне | | 600 |
| 8 | | Симетричне | | 1000 |
| 9 | | Симетричне | Відсутнє | – |

З'єднання дерев'яних елементів по довжині було виконане за системою Центрального науково-дослідного інституту будівельних конструкцій за допомогою похиловклеєних стержнів. Відповідно до розрахунку [2], по краях дощок вклеїли сталеві різьбові стержні діаметром 6 мм. Кут нахилу стержнів був прийнятий 40° , крок – 60 мм, глибина вкле-

ювання – 120 мм. Роботи по вклеюванню стержнів були виконані згідно з Додатком И СНиП II-25-80. Після цього до них приварили металеві пластини перерізом 40×4 мм, які з'єднували дерев'яні елементи між собою. Канат приєднали до дерев'яних елементів шарнірно-рухомо за допомогою рим-болтів (рис. 1).



а



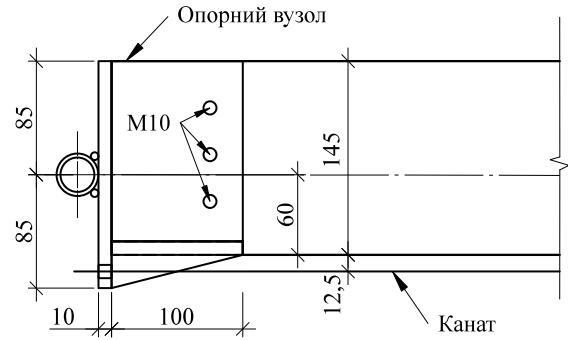
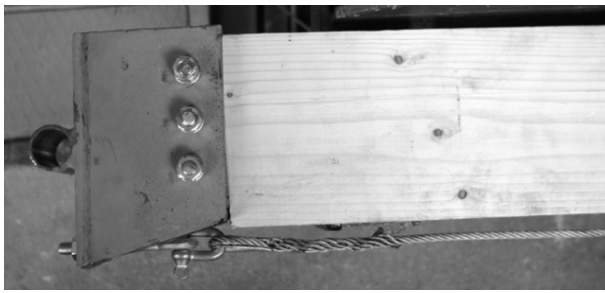
б

Рис. 1. З'єднання дерев'яних дощатих елементів та кріплення каната: а – вигляд; б – схема

Для анкерування каната та забезпечення сумісної роботи з дерев'яною частиною було запроєктовано та виготовлено металеві опорні вузли, в яких передбачалася можливість його попереднього натягу (рис. 2).

Випробування вант на міцність проводилися в лабораторії (НДЛ-23) кафедри будівельних конструкцій та мостів Національного університету «Львівська політехніка». Була запроєктована та виготовлена установка для проведення випробування вантових кон-

струкцій (рис. 3). Для проведення експериментальних досліджень була вдосконалена раніше розроблена методика випробувань дерев'яної армованої ванти [4]. Так, для забезпечення можливості прикладання навантаження більше 350 кг/м підвіски з тягарями були замінені на механічну стяжку М12, яка закріплювалась у силову підлогу. Для контролю зусилля навантаження використовувались динамометри розтягу, попередньо протаровані на розривній машині Р-10.



a

б

Рис. 2. Опорний вузол: *a* – вигляд; *б* – схема



Рис. 3. Загальний вигляд випробувальної установки

Установка для випробувань (рис. 4) складалася з таких елементів: 6 – подвійний опор, закріплених у силову підлогу; 2 – металевої опорної балки, виготовленої з двох швелерів N20; 9 – зразка ванти, що випробовувався; 10 – п'яти стяжок M12 з динамометрами розтягу для завантаження конструкції та контролю навантаження; 11 – системи забезпечення стійкості зразка з площини; 5 – динамометрів для вимірювання опорних реакцій; 4 – кільцевого динамометра для вимірювання розпору; 12 – динамометра для вимірювання сили натягу каната; 8 – мікро-

індикаторів годинникового типу для вимірювання деформацій в поперечному перерізі дерев'яного елемента посередині прогону ванти; 7 – стяжки M12 для виконання попереднього натягу каната; 3 – п'яти прогиномірів 6ПАО (Аістова), закріплених на опорній металевій балці над серединою кожної секції ванти, для вимірювання їх прогину; 1 – двох прогиномірів 6ПАО (Аістова), закріплених на першій опорі, для вимірювання зближення опор. Конструкція стенда дозволила провести випробування при різних схемах завантаження.

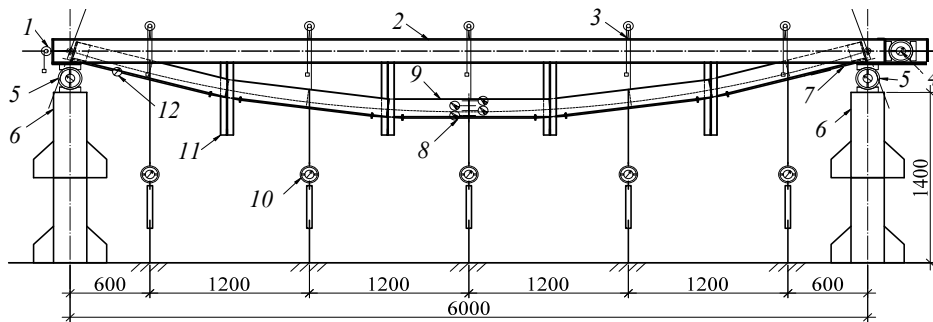


Рис. 4. Схема випробувальної установки

Випробування 6 та 8 (див. табл. 1) були проведені з попереднім натягом сталюого каната 6 та 10 кН відповідно, що складало 30 та 50 % від розривного зусилля. В останньому експерименті (випробування 9) досліджувалась дерев'яна ванга без армування. У проведених випробуваннях визначались міцність та деформативність

дерев'яної ванги при завантаженні зосередженими силами в п'яти точках, що можна вважати рівномірно розподіленим навантаженням (рис. 5).

Навантаження на ванту подавали ступенями по 50 кг на кожен секцію (250 кг на всю конструкцію за один ступінь завантаження).

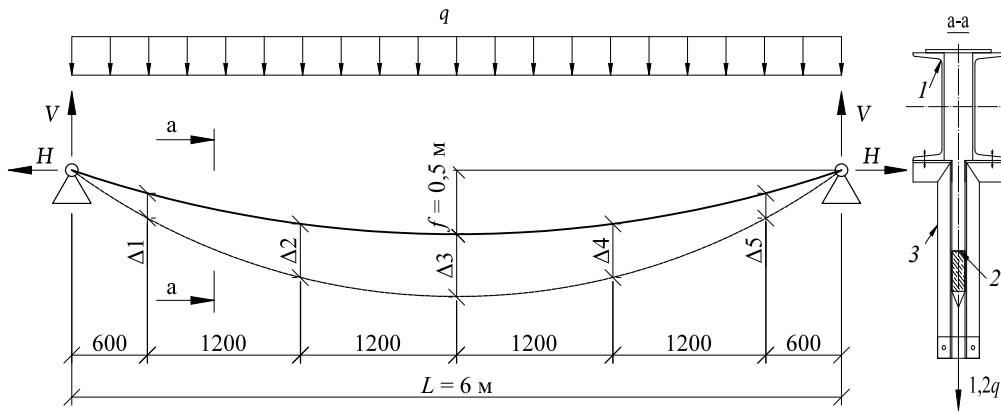


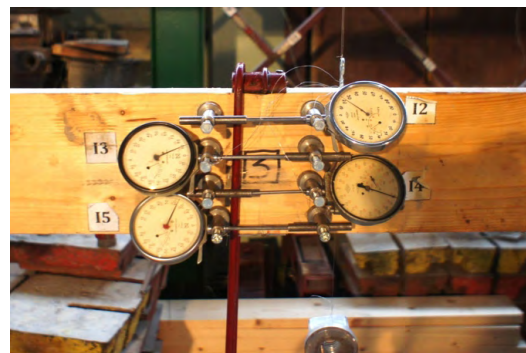
Рис. 5. Випробувальна схема на дію симетричного навантаження: 1 – опорна балка стенда; 2 – зразок ванги, що випробується; 3 – система забезпечення стійкості зразка

Показання приладів знімали після витримки на кожному ступені по 5 хв. У ході експерименту вимірювали вертикальні реакції опор, розпір конструкції (рис. 6,а), деформації деревини в поперечному перерізі дощатого

елемента (б), деформації зігнутої осі ванги (в), силу натягу троса (з) та зближення опор (д). Завантаження проводили до розрахункового значення, після чого ванту розвантажували і записували залишкові деформації.



а



б



в



з



д

Рис. 6. Вимірювання опорної реакції та розпору (а), деформацій деревини (б), прогину ванги (в), сили натягу каната (з) та зближення опор (д)

Випробування 7 (див. табл. 1) було проведене для визначення міцнісних та деформативних характеристик дощатої армованої ванти при завантаженні нерівномірно розподіленим від'ємним навантаженням (вітровим) [1]. Для прикладання від'ємного навантаження троси стяжок перекинули через блоки 4,

що були закріплені до опорної балки стенда 1 (рис. 7). Навантаження на ванту подавали ступенями по 50 кг на одну секцію і підбирали відповідно до епюри від'ємного навантаження. Після витримки 5 хв на кожному ступені завантаження знімали показання приладів [4].

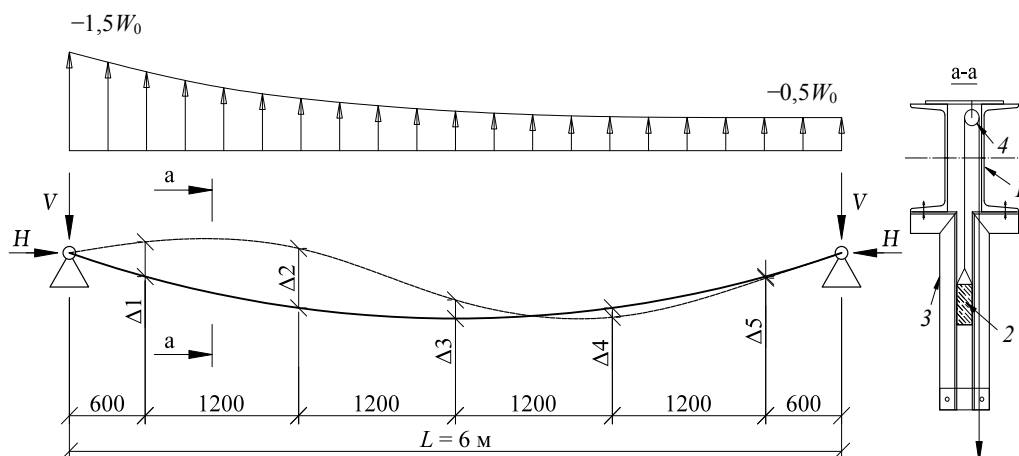


Рис. 7. Схема завантаження ванти несиметричним від'ємним навантаженням: 1 – опорна балка стенда; 2 – зразок ванти, що випробовується; 3 – система забезпечення стійкості зразка; 4 – блок для зміни напрямку прикладання навантаження

Під час даного експерименту вимірювали вертикальні та горизонтальні реакції опор, деформації деревини в поперечному перерізі дощатого елемента, деформації зігнутої осі ванти, силу натягу каната та зміщення опор (див. рис. 6). Характерною особливістю даного випробування було те, що розпір конструкції мав протилежний знак, оскільки при такому завантаженні ванта працювала як двошарнірна арка.

ВИСНОВКИ

1. Запропоновано вантову конструкцію, яка має велику жорсткість за рахунок використання дерев'яних елементів, проте залишається легкою і простою в монтажі.

2. Запроектовано і виготовлено установку для статичних випробувань вантових конструкцій на дію симетричних та несиметричних навантажень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Бабаєва, К. А. Расчетные нагрузки для основных типов висячих покрытий [Текст] / К. А. Бабаєва // Научно-техническая информация Госстроя СССР. – 1968. – № 10.
- [2] Деревянные конструкции [Текст] : СНиП II-25-80. – М. : Минрегион России, 2011. – 87 с.
- [3] Кирсанов, Н. М. Висячие и вантовые конструкции [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. М. Кирсанов. – М. : Стройиздат, 1981. – 158 с.
- [4] Методика експериментальних досліджень міцності та деформативності дерев'яної ванти, армованої сталевим тросом [Текст] / А. Р. Кравз, Б. Г. Демчина, І. І. Лукач, В. В. Волоцюга, О. В. Янко // Теорія і практика будівництва. – Л., 2012. – № 742. – С. 117–120.
- [5] Стальной канат типа ТК конструкции 6×19+1×19 [Текст] : ГОСТ 3067–88. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 5 с.

© Б. Г. Демчина, А. Р. Кравз

Надійшла до редколегії 01.04.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. О. С. Рашковський