

УДК 624.011.17

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МЕТАЛОДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТИСК

*Т. Боднарчук, к.т.н., О. Коваль, асистент
Львівський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Під час проектування конструкцій із стисненими елементами доводиться часто збільшувати розміри поперечного перерізу для забезпечення їх стійкості. Особливо це відчутно в металевих стрижнях, де міцність можна забезпечити відносно невеликою площею, а для збільшення жорсткості доводиться збільшувати їх переріз, що приводить до перевитрат дорогого матеріалу. Якщо поєднати такі матеріали, як метал та дерево, то можна отримати конструкцію з оптимальними показниками ціна-якість.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання стійкості вивчене досить глибоко, та, зважаючи на зміну модуля пружності матеріалу за роботи на стиск, в інженерних розрахунках використовують спрощені методи, які не такі трудомісткі, але забезпечують задовільні результати. Проведеними експериментально-теоретичними дослідженнями Ф. Шенлі [1] та Ф. Енгессера [2] було виявлено, що в середині перерізу стрижня від прикладеного навантаження метал самозміцнюється. Це явище характерне для всіх металів із чітко вираженою ділянкою текучості. А отже, конструктивне рішення зі збільшенням жорсткості за допомогою поєднання металу та дерева фактично може дозволити роботу сталюого профілю у пластичній стадії без втрати стійкості.

Постановка завдання. Наше завдання – розробити конструкцію та провести експериментально-теоретичні дослідження стиснутих металодерев'яних елементів та запропонувати новий підхід для оцінки їх несучої здатності. Поєднання металу та деревини у стиснутих елементах дасть змогу максимально ефективно використати міцнісні характеристики металу, а деревина слугуватиме лише для забезпечення стійкості. Складність розрахунку таких конструкцій полягає в поєднанні матеріалів з різними механічними властивостями, необхідності врахування перерозподілу зусиль між металом і деревиною, додаткових зусиль зсуву, які виникають.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження були законструйовані та виготовлені металодерев'яні взірці, в центрі перерізу яких була розташована тонка металева пластина 4×50 мм (ВСтЗкп2-1) з дерев'яними накладками (сосна 1 сорт). Розміри брусків накладок – 50×44 мм. Кріплення накладок до металевого листа здійснювали за допомогою шпильок, шайб та гайок (рис. 1).

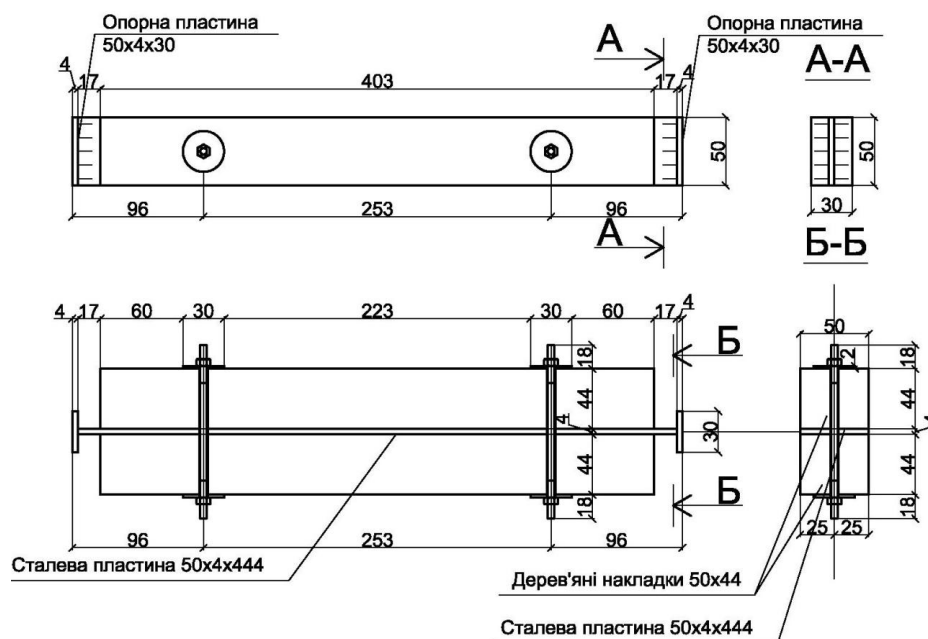


Рис. 1. Дослідний взірець

Також, для порівняння, випробовували окремо металеву пластину без накладок та дерев'яні накладки без металевої пластини. Схему станда та розміщення вимірювальних приладів для випробовувань показано на рис. 2. Навантаження прикладали за допомогою гідравлічного десятитонного домкрату. Величину прикладеної сили контролювали динамометром. Деформації стрижня визначали за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки $0,01$ мм, які кріпилися до штативів (рис. 2).

Металева полоса, як і очікували, дуже швидко втратила стійкість. Фактично вже за навантаження $0,3$ кН вона почала її втрачати, а за $0,7$ – «зруйнувалася».

Дерев'яні бруски без металевої полоси зруйнувалися за навантаження 50 кН від зминання волокон деревини. Слід відзначити, що їх гнучкість була меншою за 70 і втрати стійкості не відбулося.

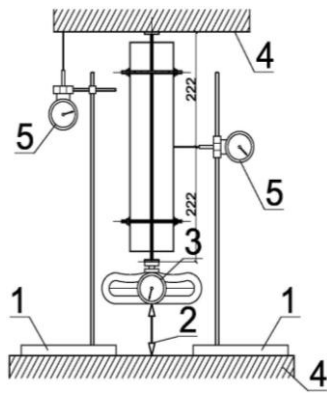


Рис. 2. Схема станда та розміщення вимірювальних приладів для випробовування металодерев'яного стрижня: 1 – прогиномір; 2 – тритонний гідравлічний домкрат; 3– динамометр Айстова; 4 – нерухомі опори-пластини

Випробування взірців, виконаних із металевої полоси та дерев'яних накладок (рис. 1), показало, що за передачі навантаження лише через металеву полосу вона на ділянці 17 мм починала втрачати стійкість. Отже, гнучкі елементи необхідно посилювати накладками по всій довжині, для запобігання виникненню синусоїдоподібних хвиль навіть на незначних ділянках [3]. Практично всі зразки, з випуском металевої полоси на 17 мм, зруйнувалися за навантаження 2.5-3,5 кН саме від втрати стійкості цих випусків. Тому конструкцію дослідного взірця було змінено – металеву пластину та дерев'яні накладки виготовили однакової довжини. У цих зразках навантаження прикладалося одночасно до металевої пластини та дерев'яних накладок. У результаті випробувань такі металодерев'яні елементи витримали навантаження 60-62,5 кН. Руйнування відбувалося від пластичних деформацій металу в місцях опирання. Оскільки навантаження передавалося і на дерев'яні накладки, вони також працювали, і їх деформації відповідали деформаціям металу.

Згідно з теоретичною оцінкою, навантаження, що відповідає текучості металу, для сталевих пластин, без врахування стійкості, становить 34,5 кН, а руйнування відбулося за 60-62,5 кН. Тобто напруження в металевій пластині було більшим за межу текучості. Відбулося локальне самозміцнення пластини. Фактично було використано повну міцність матеріалу. Дерев'яні накладки забезпечили стійкість металевих пластин. Руйнування відбулося від зминання опорної частини металевих пластин з одночасною втратою її стійкості. Часткова втрата стійкості металевих пластин відбулася, оскільки на приопорній ділянці завдовжки 60 мм не було болтового з'єднання (рис. 3). Позаяк навантаження передавалося не по всій площі пластини, зминання металу мало локальний характер.

Методики розрахунку металодерев'яних елементів у нормативних документах не передбачено. Такі науковці, як Г.Г. Карлсен, Ю.В. Слицкоухов, В.Е. Шишкін, В.Є. Клименко [4] у різний час запропонували свої підходи для розв'язання цих задач. Спроби оцінити несучу здатність, запропонованих металодерев'яних елементів, за цими методиками не забезпечили позитивного результату. Це пов'язано з тим, що фактично

втрати стійкості металевої пластини не відбувається. Метал працює у пластичній стадії, тому повністю використовується його міцність. Дерев'яні накладки забезпечують лише стійкість металевої полоси, і в розрахунку на міцність їх можна не враховувати. Підбір перерізу накладок проводять з умови забезпечення гнучкості. Гнучкість елемента, порахована за приведеним перерізом, не повинна перевищувати 70. Відповідно до теоретичних розрахунків міцність металевої пластини на стиск (без урахування стійкості) у пластичній стадії роботи становить 54 кН. Отже, такий, на перший погляд, простий спосіб оцінки несучої здатності запропонованого ефективного перерізу металодерев'яного елемента, добре описує й оцінює його несучу здатність.



Рис. 3. Характер руйнування металодерев'яного елемента від зминання та втрати стійкості металевої пластини

Висновки. 1. У проектуванні ефективних металодерев'яних елементів необхідно надійно закріпити накладки до металевого профілю в опорних частинах, а вузли передачі зусиль до інших елементів конструкції необхідно проектувати жорсткими, оскільки металева пластина слугуватиме шарніром. Найпростішим способом забезпечити жорсткість вузлів з'єднань таких металодерев'яних елементів є влаштування накладок з листових фанерних матеріалів.

2. Площу дерев'яних накладок необхідно підбирати з умови, щоб гнучкість елемента не перевищувала 70.

3. Для оцінки несучої здатності елементів запропонованого перерізу враховують лише міцність металевого профілю на стиск, використовуючи його граничну міцність. Стійкість при цьому не враховують.

Бібліографічний список

1. Shanley F. Inelastic column theory / F. Shanley // JAS. – 1947. – 14; № 5. – P. 261-267.
2. Engesser F. Uber Knickfestigkeit / F. Engesser // Scheiz. Bauzeitung. – 1895. – P. 26.

3. Продольный изгиб и выпучивание / В. И. Ванько, Е. С. Перелыгина // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2014. – Вып. 12 (183). – С. 78-89. – (Серия : Математика. Физика).
4. Слицкоухов Ю. В. Конструкции из дерева и пластмасс : учебник для вузов / Ю. В. Слицкоухов. – М. : Стройиздат, 1986. – 543 с.

Боднарчук Т., Коваль О. Експериментально-теоретичні дослідження роботи металодерев'яних елементів на стиск

Наведено результати експериментально-теоретичних досліджень металодерев'яних стрижнів ефективного перерізу, що працюють на стиск, та запропоновано методику оцінки їх несучої здатності.

Ключові слова: дерев'яні конструкції, стійкість, несуча здатність, деформації, з'єднання, розрахунок несучої здатності.

Bodnarchuk T., Koval O. Experimental and theoretical studies of metal-wooden elements in compression

It is shown the results of experimental and theoretical researches of metal-wooden effective section rods which behave in compression and proposed the method of evaluation of their carrying capacity.

Key words: wooden structure, durability, bearing capacity, deformation, joint bearing capacity computation.

Боднарчук Т., Коваль О. Экспериментально-теоретические исследования металлодеревянных элементов на сжатие

Приведены результаты экспериментально-теоретических исследований металлодеревянных стержней эффективного сечения, работающих на сжатие, и предложено методику оценки их несущей способности.

Ключевые слова: деревянные конструкции, устойчивость, несущая способность, деформации, соединения, расчет несущей способности.