

Расчет строительных конструкций

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ БРУСКОВ С ТОНКОЙ СТАЛЬНОЙ ПЛАСТИНОЙ

В.П. СИНЦОВ, к.т.н., доцент

Л.В. ЛЮТОВ, аспирант

Крымский федеральный университет им.В.И. Вернадского

РК, г.Ялта, пгт. Краснокаменка, пер. Виноградный, д.9, 298646, odie@i.ua

В связи с ростом спроса на индивидуальные жилые деревянные дома возникает необходимость в новых экономических элементах деревянных каркасов. Исходя из этого, была разработана новая конструкция комбинированной балки, в качестве стенки в которой используется тонкий стальной лист. Деревянные пояса со стенкой стыкуются при помощи нагельного соединения, расчет которого требует уточнения при помощи введения в него расчетных коэффициентов. В статье, исходя из результатов эксперимента для формул определения несущей способности нагельных соединений тонких стальных листов с деревянными брусками при работе на срез, из условий изгиба нагеля, смятия среднего или крайних элементов нагельного соединения при кратковременной нагрузке выведены значения расчетных коэффициентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: составная комбинированная балка, стальная стенка, деревянные бруски, стальной нагель, симметричное нагельное соединение, средний элемент металла.

Постановка задачи.

Деревянное строительство в России с каждым годом набирает все большую популярность. У некоторых предприятий увеличение объемов производства в 2014 году составило до 30% к аналогичному периоду 2013-го года.

Всего в 2013 г. в РФ по данным Росстата введено в действие более 225 тыс. индивидуальных домов общей площадью 30,7 млн. кв.м., из них на дома из древесины приходится почти 80 тыс. и 7,4 млн. кв. метров соответственно [1].

Здание с несущим каркасом – одна из характерных конструктивных схем, используемых при строительстве малоэтажных деревянных зданий. Роль несущих элементов в каркасном здании выполняют деревянные стойки и балки. С

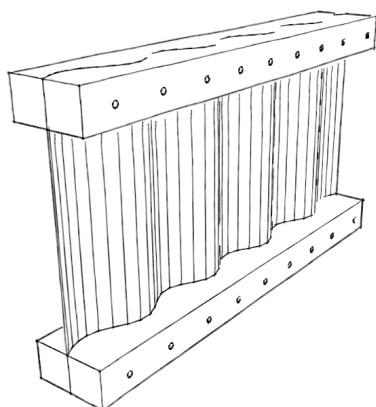


Рис. 1. Балка комбинированная
двухтавровая

целью повышения несущей способности элементов каркаса в качестве стоек и балок применяются составные сечения, а если быть более точным – двухтавровые. Самая распространенная конструкция двухтавра состоит из поясов, выполняемых из деревянных брусков и плоской стенки из листа OSB (oriented strand board) [7], вклеенной в паз в поясной брус.

На кафедре МДК КФУ им. В.И. Вернадского АСА разработана конструкция составной двухтавровой комбинированной балки, в которой в качестве стенки применен волнистый стальной лист, а крепление поясных брусков к стенке осуществлено при помощи соединения на стальных нагелях (рис.1)[2,11].

Прочность и деформативность такой составной двухтавровой балки определяется не только механическими характери-

стиками материалов составляющих балку, но и несущей способностью нагельного соединения.

Цель работы:

Определить несущую способность и характер работы нагельного соединения деревянных брусков и тонкого стального листа, как элемента составной комбинированной двутавровой балки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести экспериментальное исследование опытных образцов последующим анализом их работы.

Экспериментальные образцы.

Для исследования работы нагельного симметричного соединения было подготовлено 10 образцов, выполненных из деревянных брусков сечением 50 × 50 мм сосны первого сорта и двух оцинкованных стальных пластин из стали марки 08ПС (рис. 2). Соединение деревянных брусков со стальными пластинами осуществлялось посредством двух стальных нагелей – саморезов диаметром 5мм из низкоуглеродной стали марки С1022 (классификация согласно стандарту AISI в России аналогов не имеет).

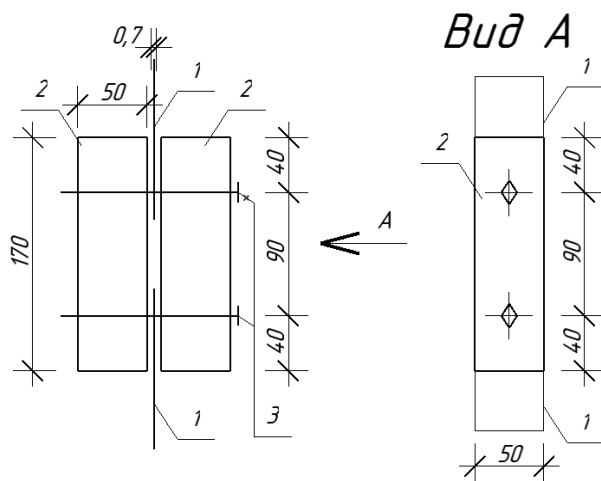


Рис. 2. Экспериментальный образец
1 - стальная пластина; 2- деревянный брусок; 3- стальные нагели

Испытательная установка.

Испытания проводились на разрывной машине Р-20 предназначенной для статических испытаний образцов металлов, сплавов и изделий из них на растяжение. Универсальная машина на растяжение Р-20 оснащена торсионным блоком измерения нагрузки. Исполнение машины – двухколонное с двумя зонами проведения испытаний: нижняя на разрыв; верхняя на сжатие. В разрывной машине применен принцип клиновых гидравлических захватов, обеспечивающий надежное крепление образцов. Наименьшая цена деления шкалы – 8 кг. Максимально допустимая нагрузка – 20 т. Деформации образцов в процессе испытаний замерялись при помощи прогибомера 6-ПАО, который позволяет определять деформации в строительных конструкциях при нагружении их статическими нагрузками. При помощи данного прогибомера можно измерять перемещения с точностью до сотых долей миллиметра.

Программа проведения испытаний.

Экспериментальные образцы закреплялись в захватных приспособлениях разрывной машины Р-20 (рис. 3). Заранее для испытуемых образцов была приближенно определена разрушающая нагрузка, которая составила 240 кг. Исходя

из этого, было принято решение прикладывать нагрузку ступенями равными десятой доле разрушающей нагрузки и равной соответственно 24 кг. После каждого шага нагружения снимались показания с прогибомеров.

Образцы загружались до разрушения.

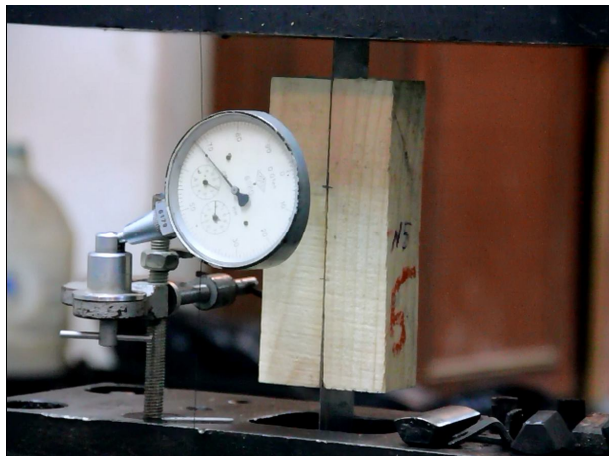


Рис. 3. Образец в испытательной машине Р - 20

Анализ работы нагельного соединения.

При нагрузке на испытуемый образец в среднем до 160 кг, в соединении наблюдалась относительно упругая работа элементов, составляющих соединение. При этом абсолютная деформация растяжения составила $\delta = 2$ мм;



Рис. 4. Разрушенный образец

После того как деформации в образцах достигали 2 мм происходило изменение характера работы соединения, что свидетельствовало о его переходе в зону пластических деформаций.

Образцы разрушались вследствие смятия, а затем среза стальных пластин нагелем. Разрушающая нагрузка составила в среднем 290 кг с деформацией 10мм. Определение верхних границ упругих деформаций и максимальной нагрузки производилось графоаналитическим методом профессора В.М. Коченова [5] по построенным зависимостям «нагрузка - деформация» (рис. 5). Для каждого образца были получены значения несущей способности нагелей F_{I-II} и верхней границы упругих деформаций δ_{I-II} . Значения максимальной F_{I-II} нагрузки определялись в момент падения нагрузки на датчике разрывающей машины.

Учет длительности действию внешней нагрузки был произведен приведением фактической средней несущей способности F_{I-II} , соответствующей верхней границе упругих деформаций, к длительной в соответствии с [7]:

$$T_{cp} = F_{I-II} / K_{nl} = 78,4 \text{ кг}; \quad (1)$$

где $K_{nl} = 2,04$ – коэффициент безопасности, учитывающий длительность действия нагрузки (по [6, 8]).

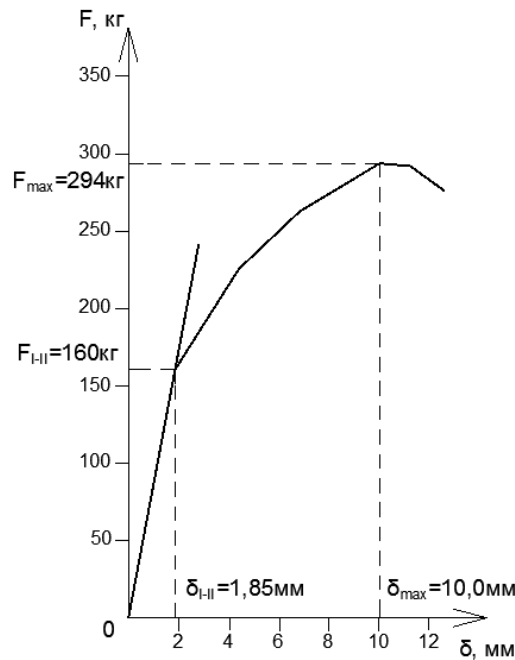


Рис. 5. Диаграмма зависимости « $F - \delta$ » испытуемых образцов.

В результате обработки данных экспериментов получены значения расчетных коэффициентов:

- из условий изгиба нагеля для одного среза:

$$K_u = \frac{T_{cp}}{d_n^2 n \sqrt{R_u R_{cm}^{cm}}} = 0,1; \quad (2)$$

- из условий смятия среднего элемента - стального листа для одного среза:

$$K_{cm} = \frac{T_{cp}}{R_{cm}^{cm} d_n t_{cm} n} = 0,49; \quad (3)$$

- из условия смятия крайних элементов деревянных брусков для одного среза:

$$K_o = \frac{T_{cp}}{R_{cm}^o d_n t_o n} = 0,18. \quad (4)$$

Заклучение

На основании результатов исследования экспериментально– теоретическим методом профессора В.М. Коченова определена несущая способность нагельных соединений стальных листов с деревянными брусками при работе на срез. Для формул определения несущей способности нагельных соединений тонких стальных листов с деревянными брусками при работе на срез при кратковременной нагрузке выведены значения коэффициентов:

- из условия изгиба нагеля для одного среза - $k_u = 0,1$;
- из условия смятия стального среднего элемента для одного среза – $k_{cm} = 0,49$;
- из условия смятия деревянного крайнего элемента для одного среза – $k_o = 0,18$.

Л и т е р а т у р а

1. Как обыграть рынок, инвестируя в деревянные дома [Электронный ресурс] // Ассоциация деревянного домостроения.2005-2015.URL:www.npadd.ru.
2. Балка складена комбінована двотаврова Патент України на полезную модель № 89781 от 25.04.2014, бюл.№8, 2014.

3. Слищкоухов, Ю.В. Расчет нагельных соединений с применением нелинейных зависимостей [Текст] / Ю. В. Слищкоухов, Е.В. Буров, А.В. Зворыгин // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1986. – №5. – С. 18 - 21.
4. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1986.
5. Коченов, В. М. Экспериментально – теоретические исследования деревянных конструкций [Текст] / В. М. Коченов. - М.: ОНТИ, 1938. - 276 с.
6. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций [Текст] / ЦНИИСК им. Кучеренко. - М.: Стройиздат, 1981. - 40 с.
7. *Smith I. Design Method for Connections in Engineered Wood Structures/ Ian Smith, Andi Asiz, Monica Snow/ Faculty of Forestry and Environmental Management University of New Brunswick, Frederictonh, 2006. 80 с*
8. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1996.
9. Конструкции из дерева и пластмасс. Учебник для вузов / Под редакцией проф. Карлсена Г.Г. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с.
10. Стоянов В.В. Экспериментальные исследования двутавровых деревянных балок // Сб. научных трудов 5, Ч.1. – Одесса, 2005, стр. 208-213.
11. Лютов Л.В. Применение составных комбинированных балок в конструкциях малоэтажных деревянных домов // Сб. научных трудов Motrol – Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of Science.-Lublin, 2013. – Vol. 15. – № 5.

References

1. *Kak obygrat' rynok, investiruja v derevjannye doma [Elektronnyj resurs],* Asociacija derevjannogo domostroenija, 2005-2015. URL: www.npadd.ru.
2. *Balka skladena kombinovana dvotavrova: Patent Ukrainy na poleznuju model' № 89781 ot 25.04.2014,* Bjul. № 8, 2014.
3. *Slickouhov, Ju.V., Burov, E.V., Zvorygin, A.V.* (1986). Raschet nagel'nyh soedinenij s primeneniem nelinejnyh zavisimostej, *Izv. Vuzov. Str-vo i Arhitektura*, №5, p. 18 - 21.
4. *Posobie po Proektirovaniju Derevjannyh Konstrukcij* (k SNiP II-25-80), TzNIISK im. Kucherenko, M.: Strojizdat, 1986.
5. *Kochenov, V.M.* (1938). *Jeksperimental'no – Teoreticheskie Issledovanija Derevjannyh Konstrukcij*, M.: ONTI, 276 p.
6. *Rekomendacii po ispytaniu soedinenij derevjannyh konstrukcij*, TzNIISK im. Kucherenko, M.: Strojizdat, 1981, 40 p.
7. *Smith, Ian, Asiz, Andi, Snow, Monica* (2006). *Design Method for Connections in Engineered Wood Structures*, Faculty of Forestry and Environmental Management University of New Brunswick, Frederictonh, 80 p.
8. *SNiP II-25-80.* Derevjannye konstrukcii. Normy proektirovanija, M.: Strojizdat, 1996.
9. *Konstrukcii iz Dereva i Plastmass.* Uchebnik dlja vuzov, Pod redakciej prof. Karlsena G.G., M: Strojizdat, 1986, 543 p.
10. *Stojanov, V.V.* (2005). Jeksperimental'nye issledovanija dvotavrovnyh derevjannyh balok, *Sb. nauchnyh trudov 5, Ch. 1, Odessa*, p. 208-213.
11. *Liutov, L.V.* (2013). *Primenenie sostavnyh kombinirovannyh balok v konstrukcijah malozhaznyh derevjannyh domov, Sb. nauchnyh trudov Motrol – Commission of Motorization and Energetics in Agriculture: Polish Academy of Science, Lublin, Vol. 15, №5.*

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THIN STEEL PLATE-TO-TIMBER JOINTS

V.P. Sintsov, L.V. Liutov,
V. I. Vernadsky Crimean Federal University

There is a need of new cost-effective elements of timber structures due to increasing demand for individual residential houses. Accordingly, we developed a new design of the composite beam with corrugated steel web. Timber flanges with the steel web fit together by the dowel joint, the calculation of which requires clarification by means of the introduction of a design coefficient. The paper presents the main results of an experimental research on thin steel plate-to-timber symmetrical dowel joints. The paper concluded with design coefficients for formulas for determining the bearing capacity of thin steel plate-to-timber dowel joints under short term loads which obtained from results of the experiment.

KEYWORDS: composite timber beams, steel web, timber flanges, steel dowel, symmetrical dowel connection.