

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЖЕСТКИХ НАГЕЛЬНЫХ ПЛАСТИНАХ

ЖУК В. В., ШЕВЧУК В. Л., АНТИПОРОВИЧ А. В.
Брестский государственный технический университет
Брест, Беларусь

Введение. В последнее время широкое применение получили деревянные конструкции рамного типа в качестве несущих каркасов зданий животноводческих ферм. Рамы проектируют из ригелей, стоек и подкосов, выполненных из цельной древесины. Применение местного материала (запасы древесины в республике составляют 1.3-1.4 млрд. м³) позволяет уменьшить стоимость строительства до 30% по сравнению с объектами, возведенными из железобетонных и металлических конструкций [4]. Анализ конструктивных решений животноводческих зданий рамного типа [6] показывает, что ригели рам выполняют из двух составных по высоте брусьев, соединённых между собой стяжными болтами.

В России разработаны несущие деревянные конструкции с соединениями на нагельных пластинах [1], устанавливаемых в зазор между соединяемыми по высоте брусьями. Нагельные пластины имеют основу из материала различной жесткости и конструктивной формы, к которым прикреплены цилиндрические нагели различного диаметра и длины. Применение нагельных пластин вместо стяжных болтов в несущих конструкциях на податливых связях позволяет уменьшить расход металла.

Анализ литературных источников показал, что работа соединений на нагельных пластинах изучена недостаточно. При определении расчетного сопротивления нагеля изгибу, рекомендуется учитывать стесненность развития пластических деформаций при изгибе в зависимости от способа закрепления нагеля путем введения коэффициента K_H : при плотной посадке $K_H = 1.1$; при закреплении на сварке $K_H = 1.2$ [3]. По данным [5], при расстановке нагелей с минимально допустимым шагом, относительная прочность соединения

на нагельных пластинах близка к расчетному сопротивлению цельной древесины на скалывание при изгибе (1.6-1.8 МПа), а относительная сдвиговая прочность ещё более высока, так как несущая способность на один срез нагеля увеличивается до 40%.

Всё это свидетельствует о необходимости уточнения несущей способности соединения деревянных элементов на нагельных пластинах путем проведения экспериментальных исследований.

Характеристика объекта исследования

С целью изучения несущей способности и деформативности соединений деревянных элементов на жестких нагельных пластинах были изготовлены и испытаны на воздействие кратковременной статической нагрузки три серии образцов: серия С-1 – соединения на нагельных пластинах, установленных с зазорами между крайними и средним деревянными элементами (зазоры равны толщине основы нагельной пластины); серия С-2 – соединения на нагельных пластинах, установленных без зазоров между крайними и средним деревянными элементами (зазоры устранены посредством выборки древесины на ширину и толщину пластины в местах их установки); серия С-3 – соединения на цилиндрических нагелях с заостренными концами (контрольные образцы).

Нагельные пластины были изготовлены из листовой стали толщиной 6 мм (жесткая основа) и цилиндрических нагелей диаметром 8 мм. В пластине рассверливались отверстия диаметром 8 мм, в которые вставлялись два цилиндрические нагеля. Объединение элементов нагельных пластин выполнено с помощью электродуговой сварки (рис. 1). Для соединения деревянных элементов серии С-3 использовались цилиндрические нагели диаметром 8 мм и длиной 106 мм.



Рис. 1. Жесткие нагельные пластины

Назначение размеров образцов и нагельных пластин производилось с учетом действующих норм по расстановке нагелей [7] и требований [3]. В результате образцы всех серий имели следующие размеры: крайние элементы $t_1 \times b \times h = 90 \times 70 \times 350$ мм, средние элементы $t_2 \times b \times h = 180 \times 70 \times 350$ мм. Образцы были изготовлены из сосны 1 сорта. В момент испытания влажность образцов оказалась в пределах 13 – 17%.

Сборка соединений деревянных элементов выполнялась в 2 этапа: на первом этапе цилиндрические нагели устанавливались в предварительно рассверленные отверстия диаметром 6 мм в деревянных элементах; на втором этапе производилась запрессовка нагельных пластин и цилиндрических нагелей при помощи направляющих с использованием испытательной машины П250. Запрессовку осуществляли при скорости вдавливания 10 мм/мин и прекращали при полном внедрении нагелей в древесину.

Деформации взаимного сдвига элементов измеряли индикаторами часового типа ИЧ-10, установленными с противоположных сторон образца. Во избежание возможного при испытаниях перекоса элементов соединения были установлены поперечные соединительные планки в верхней и нижней части образца.

Методика экспериментальных исследований и анализ результатов испытания

Образцы соединений деревянных элементов устанавливали на плиту основания универсальной испытательной машины «Controls 50-C1400». Сжимающее усилие от машины к образцу передавалось через распределительную стальную пластину. Образцы испытывались с непрерывно возрастающей нагрузкой со скоростью 70 Н/сек до полного разрушения соединений по методике [2]. На рис. 2 приведён общий вид испытания нагельных соединений.



Рис. 2. Общий вид испытания

После разгрузки проводился осмотр и фотографирование разрушенных образцов. Разрушение всех образцов происходило от изгиба цилиндрических нагелей и смятия древесины в нагельном гнезде (рис. 3).

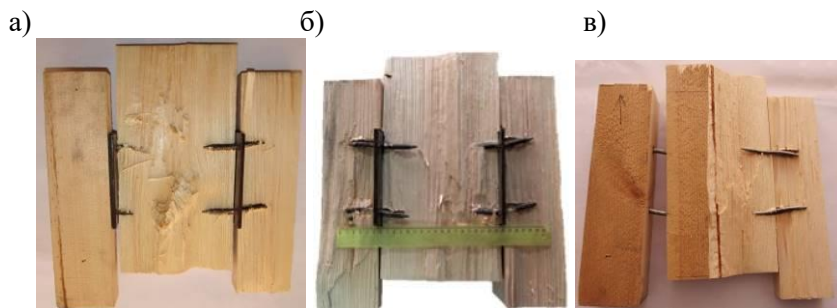


Рис. 3. Характер разрушения образцов:
а) серии С-1; б) серии С-2; в) серии С-3

По результатам испытаний были построены диаграммы зависимости « $F - \delta$ » испытываемых образцов, которые приведены на рис. 4.

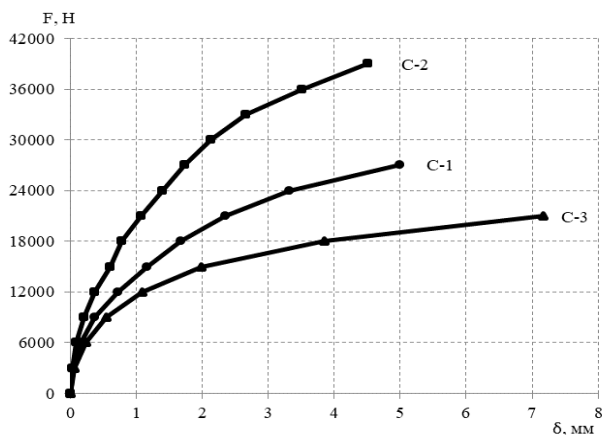


Рис. 4. Результаты испытаний образцов

Как видно из графиков, диаграммы деформаций представляют собой кривые с самого начала нагружения с протяженными, почти горизонтальными, конечными участками. Также, с ростом нагрузки, увеличивается разность полных деформации, особенно для образцов серии С-1 и С-3.

Анализ диаграмм разности полных деформаций, показал, что точка перелома, разграничивающая области I и II, соответствует значениям $F / F_{вр}$, равным: серия С-1-0.44, серия С-2-0.61, серии С-3-0.31.

Установка нагельных пластин без зазора (серия С-2) позволила увеличить несущую способность соединений почти на 50% по сравнению с образцами серии С-1 за счёт включения в работу древесины на смятие вдоль волокон в зонах контакта крайних и среднего деревянных элементов с металлической основой нагельных пластин.

При деформации сдвига $\delta = 2$ мм несущая способность образцов серии С-1 и С-2 соответственно в 1.30 и 1.97 раза выше по сравнению с контрольными образцами серии С-3.

Заключение

На основании выполненных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Кратковременная несущая способность соединений деревянных элементов на жёстких нагельных пластинах при деформации

сдвига $\delta = 2$ мм образцов серии С-1 и С-2 в 1.30 и 1.97 раза соответственно выше, чем в соединениях на цилиндрических нагелях.

2. Установка жестких нагельных пластин без зазора (серия С-2) позволяет увеличить несущую способность соединения почти на 50% по сравнению с образцами серии С-1.

3. В формулу 5 [3] для определения расчетного сопротивления нагеля изгибу, необходимо помимо коэффициента, учитывающего стесненность развития пластических деформаций при изгибе в зависимости от способа закрепления нагеля, ввести коэффициент, учитывающий способ установки жестких нагельных пластин в сплавляемых элементах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пискунов, Ю.В. Несущие деревянные конструкции с соединениями на нагельных пластинах и элементах / Ю.В. Пискунов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1988. – № 6 – С. 13–17.

2. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций. – М.: Стройиздат, 1980. – 40 с.

3. Рекомендации по проектированию и изготовлению деревянных конструкций с соединениями на пластинах с цилиндрическими нагелями (системы КирПИ – ЦНИИСК) / им. В.А. Кучеренко. – М.: 1988. – 77 с.

4. Рубашевский, Ю. Эксплозивным объектам – рациональные проекты / Ю. Рубашевский // Вечерний Брест. – 2007. – 30 мая. – С.1.

5. Соединения деревянных конструкций. Обзорная информация. Вып. 3. Строительные конструкции / С.Б. Турковский [и др.]. – М.: ВНИИИС, 1988. – 44 с.

6. Строительство МТФ на 545 голов с выращиванием ремонтного молодняка в д. Песочня Горецкого района ОАО «Коптевская Нива» 06/‘2020-01-АС ОАО Государственный проектный институт «Могилевагропромпроект».

7. Технический кодекс установившейся практики. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования. ТКП 45–5.05–146–2009(02250). – Введ. 01.01.2010. – Минск.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 63 с.