

## **В ЛАБОРАТОРИЯХ ВУЗОВ**



УДК 624.011.1

**Г.И. ГРЕБЕНЮК, В.В. ПУРТОВ, А.В. ПАВЛИК**

### **НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИНАХ И ДЮБЕЛЯХ, УСИЛЕННЫХ ШТАМПОВАННЫМИ ЗУБЧАТЫМИ ШАЙБАМИ**

Принимая во внимание богатейшие лесные запасы в России, перспективность использования древесины в качестве строительного материала не вызывает сомнений. На эволюционном пути деревянных конструкций одним из основных является направление, посвященное развитию и совершенствованию узловых соединений. В большинстве случаев прочность деревянных конструкций в целом обусловлена именно узловыми сопряжениями отдельных элементов. Таким образом, разработка и исследование новых вариантов соединений элементов деревянных конструкций, обладающих большей несущей способностью и меньшей деформативностью, – актуальная задача, имеющая несомненный практический интерес. Статья посвящена экспериментальному исследованию напряженно-деформированного состояния соединений элементов деревянных конструкций на металлических пластинах с дюбелями, усиленных штампованными зубчатыми шайбами. Исследуется работа опорных узлов сегментной клеодошотой фермы, выполненных при помощи вышеназванных зубчатых пластин. Анализируются результаты статических кратковременных испытаний опорных узлов сегментной клеодошотой фермы пролетом 24 м, выполненных в натуральную величину.

**Ключевые слова:** натурные испытания, соединения деревянных элементов, несущая способность, нагельные соединения, соединения деревянных элементов на металлических пластинах, зубья-дюбели, усиленные штампованной зубчатой шайбой, зубчатая пластина, кратковременные испытания, прочность, деформативность.

DOI 10.32683/0536-1052-2019-724-4-128-137

В России реализуются программы, направленные на эффективное использование древесины для различных видов строительства [1]. Поставлены задачи увеличения несущей способности и надежности узловых соединений деревянных конструкций, в том числе с использованием когтевых шайб [2–4], нагелей [5, 6] и нагельных пластин [7, 8]<sup>1</sup>. Так, известны

<sup>1</sup> ANSI/TPI 1–2014: National design standard for metal plate connected wood truss construction. Truss Plate Institute, 2014. 112 p.

© Гребенюк Г.И., Пуртов В.В., Павлик А.В., 2019

соединения на металлических пластинах и дюбелях, предложенные профессором П.А. Дмитриевым и доцентом В.В. Пуртовым в НГАСУ (Сибстрин) [9]. Для их изготовления применяются широкодоступные материалы: листовая сталь и термически упрочненные дюбели-гвозди. Как показывает практика, с помощью таких пластин можно выполнять узловые соединения брусчатых конструкций, устанавливаемые, как правило, с шагом не более 2 м. Несмотря на очевидные достоинства пластин с дюбелями, существует возможность увеличения их несущей способности. На основе анализа зубчатых пластин были разработаны и предложены нагельные пластины нового типа, в которых штампованные зубчатые шайбы из листовой стали плотно установлены на зубья-дюбели [10]. На данный крепежный элемент получен патент на полезную модель РФ [11]. Для определения прочности и деформативности разработанных соединений были проведены испытания предложенных соединений при действии кратковременных нагрузок вдоль и поперек волокон [12].

Важным является изучение работы таких соединений в узлах реальных конструкций. С целью изучения особенностей работы узловых соединений на металлических пластинах и дюбелях, усиленных штампованными зубчатыми шайбами, были проведены испытания образцов опорных узлов фермы, выполненных в натуральную величину. Опытный образец серии УФС представляет собой фрагменты опорного узла клеодощатой сегментной фермы пролетом 24 м ( $h/l=1/6$ ), рассчитанной под равномерно распределенную нагрузку, равную 3,84 кН/м. Для экспериментальных исследований был изготовлен опытный образец треугольной формы, металлические детали для которого произведены на машиностроительном заводе ОАО «Труд». Нижний и два верхних клеодощатых пояса сечением 110×156 и 110×364 мм соответственно изготавливали из сосновых досок с влажностью 8 % на деревообрабатывающем предприятии ОАО «Большевик». Точность длины и угла резания элементов обеспечивалась с помощью специальных приспособлений финской пилорамы фирмы «RENAV».

Присоединение сжатых верхних поясов к нижнему растянутому выполняли на металлических пластинах толщиной 3 мм и дюбелях длиной  $l = 60$  мм, диаметром  $d = 4,5$  мм (исполнение 1 по ТУ 14-4-1731–2007<sup>2</sup>). Дюбели были усилены плотно установленными на них штампованными зубчатыми шайбами из листовой стали С245<sup>3</sup> толщиной 2 мм, диаметр шайбы 38 мм, длина зубьев шайбы 19 мм [12]. Металлические пластины, закрепленные на нижнем поясе дюбелями и зубчатыми шайбами, с других концов устанавливались на опорном металлическом сварном башмаке с помощью валика. Верхний клеодощатый пояс с прикрепленной к его нижнему концу пластиной с переменной изгибной жесткостью соединялся со сварным башмаком и металлической пластиной при помощи того же стального валика.

<sup>2</sup> ТУ 14-4-1731–2007. Дюбели-гвозди с насаженными шайбами с цинковым покрытием для поршневых монтажных пистолетов. М., 2008. 6 с.

<sup>3</sup> ГОСТ 27772–2015. Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. М., 2016. 18 с.

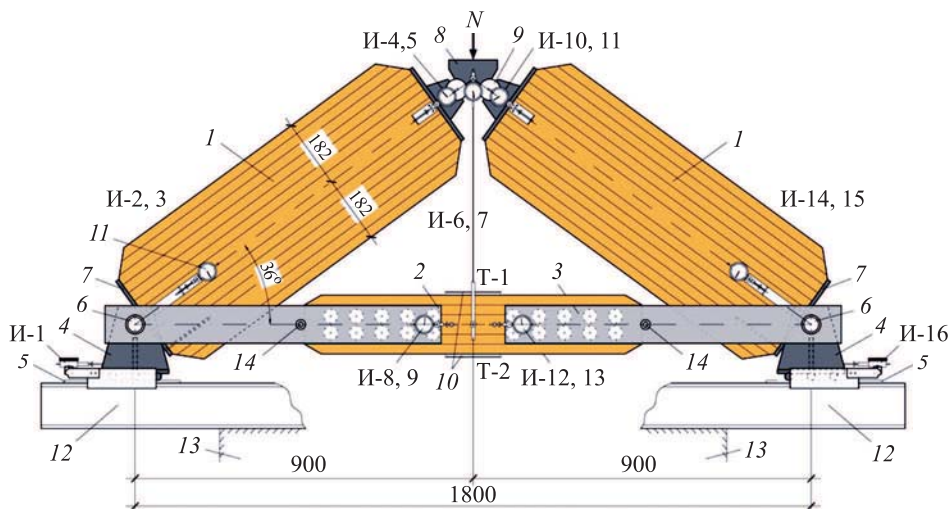


Рис. 1. Схема расстановки приборов и приспособлений при испытании образца серии УФС

1 – верхний пояс фермы; 2 – нижний пояс фермы; 3 – металлическая пластина с зубьями-дюбелями, усиленными зубчатыми шайбами и без усиления; 4 – сварной башмак; 5 – опорная пластина; 6 – валик; 7 – пластина с переменной изгибной жесткостью; 8 – нагружающий балансир; 9 – распределительный балансир; 10 – механические тензометры Н.Н. Аистова; 11 – индикаторы часового типа ИЧ-10; 12 – опорная балка, сваренная из двух двутавров; 13 – подвижная траверса; 14 – стяжные болты (шпильки)

В результате чего получался треугольный по форме образец, позволяющий одновременно испытывать два опорных узла (рис. 1, 2).

Отверстие в пластинах сверлили (без раззенковки) на координатно-сверлильно-фрезерном станке с числовым программным управлением сверлами, диаметр которых меньше диаметра дюбеля на 0,1 мм. С дюбелей предварительно сбивали заводские направляющие шайбы.



Рис. 2. Подготовленный для испытаний образец серии УФС, установленный на испытательную машину

Сборку опытных образцов осуществляли в мастерских НГАСУ (Сибст-рин) в соответствии с требованиями СНиП III-19-74<sup>4</sup>. Заранее изготовленные металлические пластины с зубьями-дубелями, усиленными штампованными зубчатыми шайбами, запрессовывали в древесину по направляющим на испытательной машине УИМ-50. После установки металлических зубчатых пластин с обеих сторон узлов ставили стяжные болты.

Образец серии УФС (см. рис. 1, 2) испытывали на сжатие на универсальной испытательной машине УИМ-50 с установкой шкалы в 25 т. Нагружение образца осуществляли при помощи специального распределительного башмака, размещаемого между элементами верхнего пояса в его коньке. Передачу нагрузки с распределительных балансиров на верхние пояса образцов обеспечивали через массивные металлические пластины, перед постановкой которых на торцы деревянных элементов наносили слой клеевой композиции (клей ЭПЦ) с пониженной вязкостью. После прижима металлической пластины клеевая композиция заполняла все неплотности в упоре, а затвердев, обеспечивала равномерную передачу усилий по всей площади торцов деревянных элементов. Следует отметить, что распределительные металлические пластины для их беспрепятственной съёмности и повторного использования прижимали к торцам верхних поясов через полиэтиленовые прокладки.

С целью увеличения информации о работе зубчатых пластин в древесине и узле испытывали образец до его полного разрушения, учитывая требования техники безопасности. При испытании образец устанавливали одним концом на шарнирно-подвижную, другим концом на шарнирно-неподвижную опоры.

Опорные реакции на торцы элементов верхнего пояса передавали при помощи сварных металлических башмаков и прикрепленных к ним металлических пластин с переменной изгибной жесткостью. Сварные башмаки устанавливали на массивные, полированные, стальные пластины (сталь У8), прикрепленные к балке, сваренной из двутавров и закрепленной на подвижной траверсе. С целью недопущения выхода испытываемого образца из плоскости приложения усилия была предусмотрена постановка прокатных уголков по краям массивных металлических пластин.

В ходе испытаний измеряли вертикальные и горизонтальные перемещения узлов образца, а также взаимные сдвиги и деформации в узловых соединениях. Для этих целей на опытный образец устанавливали 16 индикаторов часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм (см. рис. 1). В процессе эксперимента усилие в нижнем поясе образца, возникающее в процессе нагружения, контролировали по результатам изменения деформаций. Деформации замеряли при помощи механических тензометров Н.Н. Аистова. Влажность древесины определяли электронным влагомером типа ЭВ-2М. На момент испытаний она составляла 9 %. Температура воздуха в помещении была в пределах 20–22 °С при постоянной относительной влажности 70 %. Начальные неплотности в узлах и сопряжениях устраняли предварительным нагружением образцов нагрузкой, равной 0,01 от его расчетного значения.

Отсчеты по приборам снимали по команде с пульта через каждые 10 кН (примерно 0,20  $P_{расч}$ ) без остановки нагрузки. Скорость нагружения была

<sup>4</sup> СНиП III-19-74. Правила производства и приемки работ. Деревянные конструкции. М.: Стройиздат, 1981. 48 с.

**Значения деформаций образца УФС в соединениях в зависимости от уровня нагрузок, мм**

№ узла	Нагрузка, доли от расчетной				
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
1	0,01–0,02	0,03–0,05	0,08–0,10	0,16–0,18	0,28–0,29
	0,03	0,06	0,11	0,22	0,33
2	0,01–0,03	0,03–0,08	0,07–0,16	0,13–0,31	0,23–0,52
	0,10	0,11	0,13	0,13	0,13

Пр и м е ч а н и е. В числителе приведены значения деформаций, полученные по показаниям индикаторов на оси нижнего пояса; в знаменателе – по индикаторам, установленным на массивных пластинах, упертых в платформу сварного башмака.

принята равной 7,5 мм/мин. Продолжительность нагружения одной ступени и снятие отсчетов составляли 1–2 мин, а выдерживание постоянной величины ступени нагрузки происходило в течение 4–5 мин. В ходе экспериментов наблюдали за поведением испытуемых образцов.

**Результаты.** Наибольшие перемещения конька при нагрузке, близкой к расчетной на 5-й ступени загрузки, составили 0,95 мм (для двадцати дюбелей, усиленных штампованными зубчатыми шайбами и установленных с двух сторон на нижнем поясе образца, прочность при стандартной влажности составит  $P_{расч} = 20 \cdot 2,34 = 46,8$  кН).

Полученные по показаниям приборов данные свидетельствуют о том, что обмятие древесины в узлах образца происходило равномерно и максимальные значения деформаций при расчетной нагрузке во всех случаях не превышали 0,02 мм. Значения деформаций в соединениях в зависимости от уровня нагрузок приведены в таблице. Средние деформации по показаниям

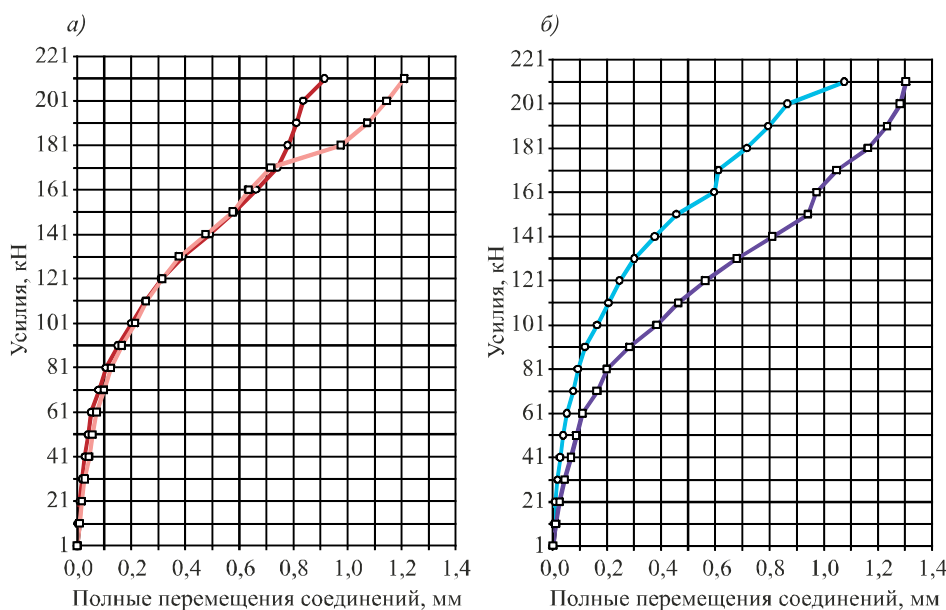


Рис. 3. График полных перемещений соединений на левой опоре (узел № 1 (а)) и на правой опоре образца (узел № 2 (б))

приборов, установленных на оси нижнего пояса (см. рис. 2), при расчетной нагрузке составили всего 0,04–0,06 мм и через семь ступеней загрузки ( $2,5 P_{\text{расч}}$ ) увеличились до 0,29–0,38 мм.

**Обсуждение.** Анализируя результаты, следует отметить, что деформации в соединениях при расчетной нагрузке во всех случаях оказались значительно меньше допускаемых. Диаграммы полных перемещений соединений в зависимости от уровня нагрузок приведены на рис. 3.

Заметим, что соединения испытанного образца работали упруго до  $1,335 P'_{\text{расч}}$  (см. формулу (1)), о чем свидетельствуют графики на рис. 4.

$$\frac{P_{\text{I-II}}}{P'_{\text{расч}}} = \frac{71}{53,18} = 1,335 > 1,3, \quad (1)$$

где  $P_{\text{I-II}}$  – нагрузка, соответствующая началу интенсивного роста деформаций, равная  $P_{\text{I-II}} = 71$  кН;

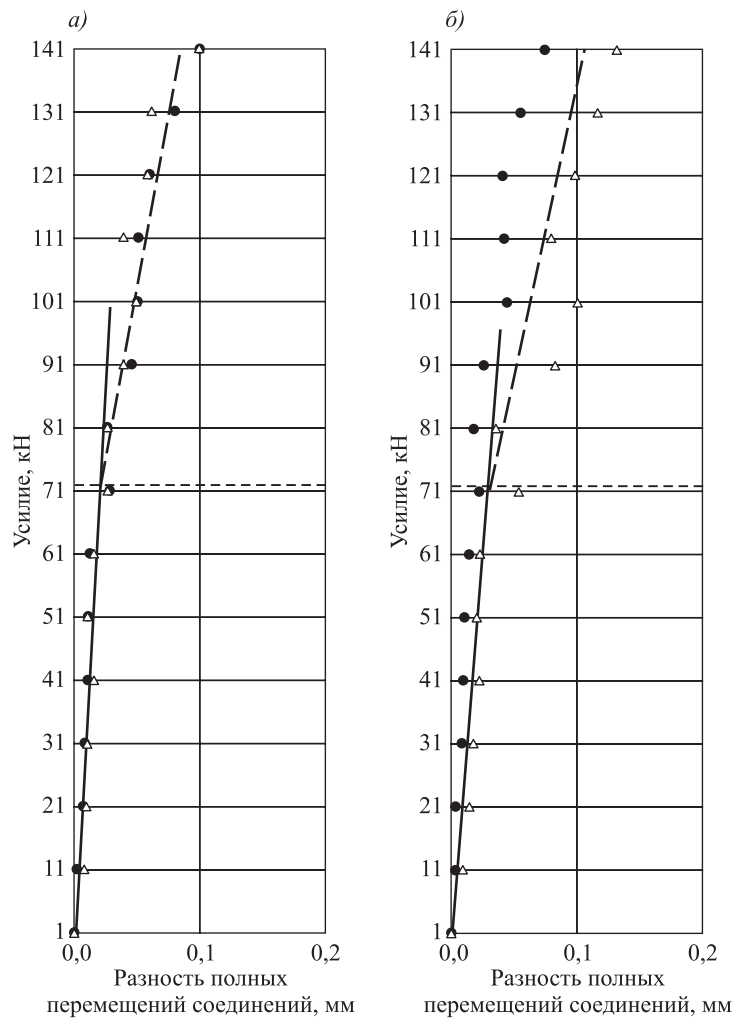


Рис. 4. Графики разности полных перемещений соединений на левой опоре узла (узел № 1 (а)) и на правой опоре узла (узел № 2 (б))



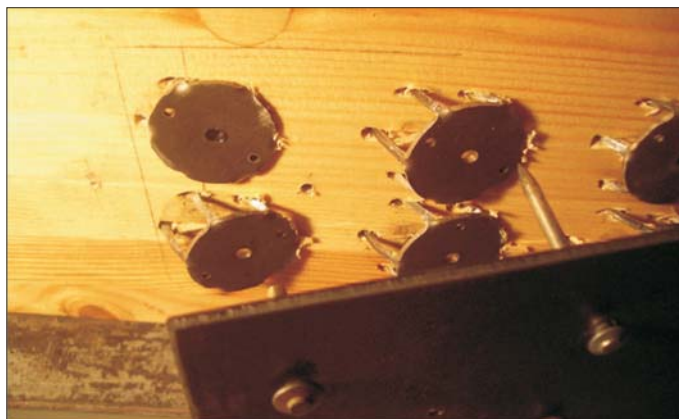


Рис. 5. Разрушение натурального образца с отгибом зубчатой пластины

$P'_{\text{расч}}$  – аналитически вычисленная несущая способность, приведенная к экспериментальной 9%-й влажности, равная  $P'_{\text{расч}} = 53,18$  кН.

Полученное в результате испытаний значение  $P_{I-II}$  составляет  $1,335 P'_{\text{расч}}$ , что выше нормативного ( $1,3 P'_{\text{расч}}$ ) и свидетельствует о достаточной точности расчетных формул, принятых при проектировании узловых соединений.

Разрушение опытного образца носило вязкий характер (рис. 5) и произошло после 21-й ступени загрузки при суммарной нагрузке 211 кН, которая превысила расчетную нагрузку в 4,51 раза. Причиной разрушения явилось обмятие древесины в нагельных гнездах, изгиб дюбелей и зубьев штампованных зубчатых шайб. После достижения разрушающей нагрузки наблюдался также отгиб металлической пластины и выход ее из плоскости образца. К моменту разрушения деформации сдвига металлических пластин не превышали 1,3 мм.

**Заключение.** Полученные в ходе испытаний данные свидетельствуют о достаточной несущей способности и жесткости узловых соединений на металлических пластинах и дюбелях, усиленных штампованными зубчатыми шайбами. Разработанные конструкции узловых соединений обладают необходимой несущей способностью и жесткостью. Испытанные опорных узлов фермы пролетом 24 м, выполненные в натуральную величину, работали упруго до требуемой нормативной величины ( $1,335 P'_{\text{расч}}$ ), что говорит о достаточной точности расчетных формул, принятых при проектировании узловых соединений.

*Авторы выражают глубокую благодарность инженеру Нине Валентиновне Павлик за большую помощь и поддержку при подготовке и проведении эксперимента.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Украинченко Д.А., Жаданов В.И., Лихненко Е.В., Пинайкин И.П. Состояние и перспективы деревянного малоэтажного домостроения // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 5. С. 13–17.
2. Лабудин Б.В., Римшин В.И., Мелехов В.И., Попов Е.В., Рощина С.И. Соединения элементов деревянных конструкций на шпонках и шайбах // Вестн. МГСУ. 2016. № 9. С. 35–50.

3. Лабудин Б.В., Попов Е.В., Мелехов В.И. Испытание на сдвиг элементов деревянных конструкций, соединенных с применением зубчатых шайб «BULLDOG» // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: Материалы международных академических чтений. Курск, 2015. С. 189–198.
4. Rimantas C. Slip of “Bulldog”-type toothed-plate connectors in steel-timber joints of open-web girders // Journal of civil engineering and management. Vilnius, 2004.
5. Аркаев М.А., Жаданов В.И. Расчет односрезных соединений на витых крестообразных нагелях при усилении деревянных конструкций путем увеличения поперечного сечения // Изв. вузов. Строительство. 2017. № 2. С. 92–100.
6. Whale L.R.J., Smith I. Hils on B.O. Behavior of nailed and bolted joints under short-term lateral load // Conclusions from some recent research. Paper 19-7-1, Proceedings CIB-W18 meeting, Italy, 1986.
7. Федосов С.В., Котлов В.Г., Иванова М.А. Некоторые особенности методов расчета стропильных конструкций с соединениями на металлических зубчатых пластинах с учетом явлений тепломассопереноса // Строит. материалы. 2016. № 5. С. 52–59.
8. Сюй Юнь. Повышение несущей способности соединений элементов деревянных конструкций на металлических накладках с использованием металлической зубчатой пластины: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2015. 27 с.
9. Пуртов В.В. Легкие деревянные стропильные фермы с соединениями на стальных пластинах и дюбелях: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск: Изд-во НИСИ, 1987. 22 с.
10. Павлик А.В. Прочность соединений деревянных элементов на металлических пластинах и дюбелях, усиленных штампованными зубчатыми шайбами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2018. 25 с.
11. Пат. 40772 Российская Федерация, МКИ 7 F 16 B 13/00. Крепежная деталь для соединения деревянных элементов (варианты) / П.А. Дмитриев, В.В. Пуртов, А.В. Павлик; заявитель и патентообладатель НГАСУ. № 2004114426; заявл. 14.05.2004; опубл. 27.09.2004; Бюл. № 27.
12. Гребенюк Г.И., Пуртов В.В., Павлик А.В., Кулешова Н.И. Экспериментальные исследования соединений деревянных элементов на металлических пластинах и дюбелях, усиленных штампованными зубчатыми шайбами при действии кратковременных нагрузок // Изв. вузов. Строительство. 2017. № 4. С. 92–109.

**Гребенюк Григорий Иванович**, д-р техн. наук, проф.; E-mail: Greb@sibstrin.ru  
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)  
**Пуртов Вячеслав Васильевич**, канд. техн. наук, доц.; E-mail: NSKsert@mail.ru  
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)  
**Павлик Андрей Владимирович**, канд. техн. наук, доц.; E-mail: APSert@mail.ru  
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Получено после доработки 15.03.19

**Grebenyuk Grigoriy Ivanovich**, DSc, Professor; E-mail: Greb@sibstrin.ru  
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia  
**Purtov Vyacheslav Vasilievich**, PhD, Ass. Professor; E-mail: NSKsert@mail.ru  
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia  
**Pavlik Andrey Vladimirovich**, PhD, Ass. Professor; E-mail: APSert@mail.ru  
Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia



## **FULL-SCALE TESTS OF SUPPORT NODES OF WOODEN STRUCTURES ON METAL PLATES AND DOWEL TEETH, STRENGTHENED WITH STAMPED GEAR WASHERS**

Pay attention to the richest forest reserves in Russia, the prospect of using wood as a building material is beyond doubt. On the evolutionary path of wooden structures one of the main ones is the direction dedicated to the development and improvement of nodal joints. In most cases the strength of wooden structures as a whole is due precisely to the nodal mates of individual elements. Thus the development and study of new variants of the connections of the elements of wooden structures with greater bearing capacity and lower deformability is an urgent task that has undoubted practical interest. The article is devoted to the experimental study of the stress-strain state of the steel-to-timber connections of wooden structures on metal plates with dowel teeth strengthened with stamped gear washer. The work of the support nodes of the segment glued-edge truss made using the above-mentioned nail plates is investigated. The obtained results of static short-term tests of support nodes of a segmented glue-sturdy truss with a span of 24 m made in full size are analyzed.

**Key words:** full-scale tests, timber-to-timber connections, bearing capacity, dowel-type fasteners, steel-to-timber connections, dowel teeth strengthened with stamped gear washer, nail plate, short load action tests, strength, deformability.

### REFERENCES

1. Ukrainchenko D.A., Zhadanov V.I., Likhnenko E.V., Pinajkin I.P. Sostoyanie i perspektivy derevyannogo maloetazhnogo domostroeniya [State and prospects of wooden low-rise housing construction]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil engineering]. 2018. No. 5. Pp. 13–17. (in Russian)
2. Labudin B.V., Rimshin V.I., Melekhov V.I., Popov E.V., Roshchina S.I. Soedineniya ehlementov derevyannykh konstruktsiy na shponkakh i shaybakh [Connections of elements of wooden structures on the keys and washers]. Vestnik MGSU [Vestnik MGSU]. 2016. No. 9. Pp. 35–50. (in Russian)
3. Labudin B.V., Popov E.V., Melekhov V.I. Ispytanie na sdvig ehlementov derevyannykh konstruktsiy, soedinennykh s primeneniem zubchatykh shayb "BULLDOG" [Test for shearing of elements of wooden structures connected with the use of toothed washers "BULLDOG"]. Bezopasnost' stroitel'nogo fonda Rossii. Problemy i resheniya: Materialy mezhdunarodnykh akademicheskikh chteniy [Safety of a building fund of Russia. Problems and solutions. Materials of international academic readings]. Kursk, 2015. Pp. 189–198. (in Russian)
4. Rima C. Slip of "Bulldog"-type toothed-plate connectors in steel-timber joints of open-web girders. Journal of civil engineering and management. Vilnius, 2004.
5. Arkhev M.A., Zhadanov V.I. Raschet odnosreznykh soedineniy na vitykh krestobraznykh nagelyakh pri usilenii derevyannykh konstruktsiy putem uvelicheniya poperechnogo secheniya [Calculation of single shear joint on twisted cross-shaped dowels with the reinforcement of wooden structures by increasing the cross-section]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2017. No. 2. Pp. 92–100. (in Russian)
6. Whale L.R.J., Smith I., Hilsen B.O. Behavior of nailed and bolted joints under short-term lateral load. Conclusions from some recent research. Paper 19-7-1, Proceedings CIB-W18 meeting, Italy, 1986.

7. Fedosov S.V., Kotlov V.G., Ivanova M.A. Nekotorye osobennosti metodov rascheta stropil'nykh konstruksiy s soedineniyami na metallicheskih zubchatykh plastinakh s uchetom yavleniy teplomassoperenosa [Some features of methods for calculating truss structures with compounds on metal toothed plates with regard to heat and mass transfer phenomena]. Stroitel'nye materialy [Construction materials]. 2016. No. 5. Pp. 52–59. (in Russian)
8. Syuj Yun'. Povyshenie nesushchey sposobnosti soedineniy ehlementov derevyannykh konstruksiy na metallicheskih nakladkakh s ispol'zovaniem metallicheskoj zubchatoj plastiny [Increasing the bearing capacity of the joints of wooden structures on metal plates using a truss plate: PhD abstract]. St. Petersburg, 2015. 27 p. (in Russian)
9. Purto v V.V. Legkie derevyannye stropil'nye fermy s soedineniyami na stal'nykh plastinakh i dyubelyakh [Light weight wooden rafter trusses with connections on steel plates and dowel teeth: PhD abstract]. Novosibirsk, 1987. 22 p. (in Russian)
10. Pavlik A.V. Prochnost' soedineniy derevyannykh ehlementov na metallicheskih plastinakh i dyubelyakh, usilennykh shtampovannymi zubchatymi shaybami [The strength of the joints of wooden elements on metal plates and dowel teeth strengthened with stamped gear washer: PhD abstract]. Tomsk: Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, 2018. 25 p. (in Russian)
11. Pat. 40772 Russian Federation MKI 7F 16 B 13/00. Krepezhnaya detal' dlya soedineniya derevyannykh elementov (varianty) [The fastener for connection of wooden elements (variants)/P.A. Dmitriev, V.V. Purto v, A.V. Pavlik; applicant and patentee of NGASU. No. 2004114426; appl. 14.05.2004; publ. 27.09.2004, Bull. No. 27. (in Russian)
12. Grebenyuk G.I., Purto v V.V., Pavlik A.V., Kuleshova N.I. Ehksperimental'nye issledovaniya soedineniy derevyannykh ehlementov na metallicheskih plastinakh i dyubelyakh, usilennykh shtampovannymi zubchatymi shaybami pri deystvii kratkovremennykh nagruzok [Experimental investigation of wooden elements joints on metal plates and dowel teeth, strengthened with stamped gear washers under a short load action]. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2017. No. 4. Pp. 92–109. (in Russian)