

4. Патент № 2177825 Российская Федерация, МПК В01J 2/02, С01В 17/02. Установка для получения гранулированной серы : № 2000119417/12 ; заявл. 20.07.2000 ; опубл. 10.01.2002 / В. М. Афанасьев. – Бюл. № 1. – 6 с.
5. Шаяхмедов Р. И. Инновационный консалтинг в привитии студентам первичных навыков научно-исследовательской деятельности / Р. И. Шаяхмедов // Перспективы развития строительного комплекса : материалы XII Международной научно-практической конференции. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. – С. 130–138.
6. Купчикова Н. В. Экспериментальные исследования с ложными ограничениями при разработке способа возведения инъекционной сваи / Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 3. – С. 58–62.

© Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов

Ссылка для цитирования:

Купчикова Н. В., Шаяхмедов Р. И. Способ электростатической грануляции сероцемента // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 38–41.

УДК 624.011.14:624.078.41:624.046
DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-41-47

ПРОЧНОСТЬ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КУПолоВ ПОКРЫТИЯ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

Д. А. Животов, Ю. И. Тилинин

Животов Дмитрий Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: d.zhivotov@mail.ru;

Тилинин Юрий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: tilsp@inbox.ru

Функцию несущих элементов ферм и геодезических куполов покрытий зданий выполняет деревянный клееный брус в сочетании с различными конструктивными решениями узлов сопряжения. В статье представлены результаты экспериментального разрушения узлов сопряжения клееного бруса в целях совершенствования проектных решений рассматриваемых деревянных покрытий. Клееный из однонаправленного шпона брус в статье сокращенно называется LVL (Laminated Veneer Lumber). Исследования базируются на теоретических положениях науки о древесине. В исследовании использован аналитический, экспериментальный методы и статистический метод обработки результатов испытаний. На основании экспериментальных исследований авторами предложена методика определения расчетной несущей способности нагелей на один шов сплачивания (условный срез) для соединений элементов из LVL с фасонками из ДСП-В. Получены новые значения коэффициентов учета податливости связей в узлах и соединениях в составных элементах из LVL, которые позволяют оперативно подобрать сечения несущих стержневых элементов плоских балочных ферм.

Ключевые слова: строительство, здания, плоские деревянные фермы, клееный брус, новые узловые соединения, лабораторные испытания, узел, сопряжение деревянных элементов, несущая способность, нагель, геодезический купол, запатентованные стеклопластиковые узловые соединения.

STRENGTH OF JOINTS WOODEN ELEMENTS OF ROOF FARMS AND GEODESIC DOME COVERINGS RECONSTRUCTION OF HISTORICAL BUILDINGS

D. A. Zhivotov, Yu. I. Tilinin

Zhivotov Dmitriy Andreyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Production Technology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: d.zhivotov@mail.ru;

Tilinin Yuriy Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Production Technology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: tilsp@inbox.ru

The function of load-bearing elements of trusses and geodesic domes of building coverings is performed by glued wooden beams in combination with various design solutions of interface nodes. The article presents the results of the experimental destruction of glued laminated timber junctions in order to improve the design solutions of the considered wooden coatings. Laminated veneer lumber is abbreviated as LVL (Laminated Veneer Lumber) in the article. The research is based on the theoretical principles of wood science. The study used analytical, experimental methods and a statistical method for processing test results. Results. On the basis of experimental studies, the author proposes a method for determining the design bearing capacity of pins per one fusion seam (conditional cut) for connecting

elements from LVL with gussets from chipboard-V. New values of the coefficients for taking into account the flexibility of bonds in nodes and connections in composite elements from LVL are obtained, which allow you to quickly select the sections of the load-bearing rod elements of flat beam trusses.

Keywords: construction, buildings, flat wooden trusses, glued beams, new nodal joints, laboratory tests, nodule, wooden element conjugation, load-bearing capacity, pin, geodesic dome, patented fiberglass nodal joints.

Введение

В новом строительстве возведение зданий и сооружений с покрытиями из деревянных конструкций составляет малый объем, по сравнению с покрытиями реконструируемых исторических зданий. В большинстве случаев пролет покрытия невелик, что ограничивает сферу применения деревянных конструкций, потому что основным их элементом всегда служил деревянный брус, выпиленный из бревна, что снижает эффективность применения древесины в строительстве. Предлагается в деревянных конструкциях заменить брус из бревна на клееный брус, изготавливаемый по технологии склеивания деревянного шпона [1]. Полученный в результате склеивания брус характеризуется однотипными размерами и прочностными характеристиками, что важно при строительстве деревянных большепролетных покрытий, состоящих из арок, рам, ферм, а также геодезических куполов, собранных из клееного бруса и часто применяемых не только при новом строительстве, но и при реконструкции зданий в исторической части Санкт-Петербурга [2–6].

В контексте возведения деревянных покрытий исторических реконструируемых зданий с использованием ферм и куполов из клееного бруса в лабораторных условиях испытаны на прочность новые сопряжения клееных элементов плоских ферм и геодезических куполов. Проанализированы результаты предшествующих исследований в области сопряжения деревянных элементов.

Методы

Исследования деревянных элементов покрытия базируются на теоретических положениях науки о древесине как конструкционном материале, получаемом из стволов деревьев при распиливании их на части [8–9]. В исследовании использован аналитический, экспериментальный и статистический метод обработки результатов испытаний, полученных в лабораторных условиях при проверке на прочность новых сопряжений клееных из однонаправленного шпона элементов плоских ферм и геодезических куполов.

Клееный из однонаправленного шпона брус в статье сокращенно называется LVL (Laminated Veneer Lumber).

LVL изготавливается из шпона повышенной плотности, все слои которого имеют продольное направление волокон древесины хвойных пород [7–8].

Соединение LVL в ферме выполняется с помощью накладок и гвоздей, нагелей, шпилек (рис. 1).

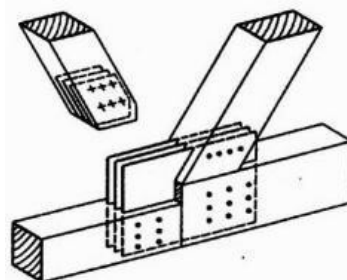


Рис. 1. Узел фермы с гвоздевым соединением элементов при помощи накладок

Вначале проводились эксперименты с целью получения коэффициента учета связей (K_c) для накладок из ДСП-В и стальных накладок.

При большом количестве связей в узлах с накладками применяется коэффициент учета связей ($K_{св}$) для накладок из ДСП-В. Вязкость соединения LVL и ДСП-В обеспечивается тягучей работой гнезд на смятие.

Исследование сопротивления выдергиванию соединительных стержней сопряжения элементов ферм при двусторонних накладках производится с учетом параметров накладки:

- n – число отверстий в накладке;
- b – ширина накладки;
- t – толщина накладки.

Напряжения в накладке от растяжения (1):

$$\sigma_N = \frac{N}{2 \times A} = \frac{N}{2 \times (b-d) \times t} \quad (1)$$

Изгибающий момент в накладке при числе связей $n = 3$ (2):

$$M_{изг} = \frac{N \times e}{2} = \frac{N \times t}{4 \times n} \quad (2)$$

Напряжение в накладке от ее изгиба (3):

$$\sigma_M = \frac{M}{W_{накл}} = \frac{6N}{4 \times n \times b \times t} \quad (3)$$

Суммарное напряжение в накладке (4):

$$\sigma_{сум} = \frac{\sigma_N}{R_p} + \frac{\sigma_M}{R_{II}} \leq 1$$

$$\text{или } \sigma_{сум} = \sigma_N + \sigma_M \frac{R_{накл p}^{накл}}{R_{накл II}} \leq R_p \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{сум} &= \frac{\sigma_N^{накл}}{R_p^{накл}} \times \left(1 + \frac{3 * R_p^{накл}}{n \times R_{II}^{накл}} \right) = \\ &= \frac{N}{2(b-d_{св}) \times t \times R_p^{накл}} \times \left(1 + \frac{3 \times R_p^{накл}}{n \times R_{II}^{накл}} \right) = \\ &= \frac{N}{2(b-d_{св})t \times R_p^{накл} \times m_o \times K_c'} \end{aligned}$$

где $K_c = \frac{1}{\left(1 + \frac{3 \times R_p^{накл}}{n \times R_{II}^{накл}} \right)}$, m_o – коэффициент, учитывающий влияние концентрации напряжений для ДСП-В $m_o = 0,9$ (кроме стали).

$\frac{R_p^{накл}}{R_{II}^{накл}}$ – усиливает роль влияния особенностей древесных материалов и учитывает воздей-

ствии на показатели длительной нагрузки и свойств материала.

Проверка предельного состояния накладок (5):

$$\frac{\sigma_{Р}^{накл}}{K_C \times R_{Р}^{накл}} \leq 1. \quad (5)$$

Приведенная формула позволяет получить значения для коэффициента учета работы связи (K_C) для накладок из ДСП-В (табл. 1).

Коэффициент учета работы связи (K_C) для накладок из стале: высокой прочности с $\sigma_T > 38,0$ кН/см² представлен в таблице 2 и обычной прочности с $\sigma_T < 38,0$ кН/см² – в таблице 3.

Таблица 1

Значения для коэффициента учета работы связи (K_C) для накладок из ДСП-В

n	1	2	3	4	6	8	10	20
Ксв	0,498	0,665	0,749	0,799	0,856	0,888	0,908	0,952

Таблица 2

Коэффициент учета работы связи (K_C) для накладок из стале высокой прочности с $\sigma_T > 38,0$ кН/см²

n	1	2	3	4	6	8	10	20
Ксв	0,268	0,423	0,524	0,595	0,688	0,746	0,786	0,880

Таблица 3

Коэффициент учета работы связи (K_C) для накладок из стале обычной прочности с $\sigma_T < 38,0$ кН/см²

n	1	2	3	4	6	8	10	20
Ксв	0,259	0,412	0,512	0,583	0,677	0,737	0,778	0,875

Полученные данные таблиц 1–3 рекомендуются для включения в нормативную литературу в части проектирования деревянных плоских ферм.

Испытание узловых соединений с помощью гидравлического и механического привода осуществлялось по схеме (рис. 2).

Целью эксперимента являлось исследование влияния типа связи на несущую способность соединения.

В ходе эксперимента рассматривались типы связей:

- тип 1 – на клею фирмы Акзонобель «Casco S9 Super» по всей пласти $S = 10$ см². Расположение соединительных элементов – LVL поперек волокон (горизонтальный), ДСП-В вдоль волокон (вертикальный);

- тип 2 – соединение на глухарях $d = 1,2$ см. Расположение соединительных элементов – LVL поперек волокон (горизонтальный), ДСП-В вдоль волокон (вертикальный);

- тип 3 – на клею + глухарь $d = 1,2$ см. Расположение соединительных элементов – LVL поперек волокон (горизонтальный), ДСП-В вдоль волокон (вертикальный);

- тип 4 – на клею + глухарь $d = 1,2$ см. Расположение соединительных элементов – LVL поперек волокон (горизонтальный), ДСП-В поперек волокон (вертикальный);

- тип 5 – на клею + глухарь $d = 1,2$ см. Расположение соединительных элементов – LVL поперек волокон (горизонтальный), ДСП-В под углом 45° к волокнам ДСП-В (вертикальный);

- тип 6 – на клею + глухарь $d = 1,2$ см + 4 самореза $d = 0,38$ см. Расположение соединительных элементов – LVL поперек волокон (горизонтальный), ДСП-В вдоль волокон (вертикальный);

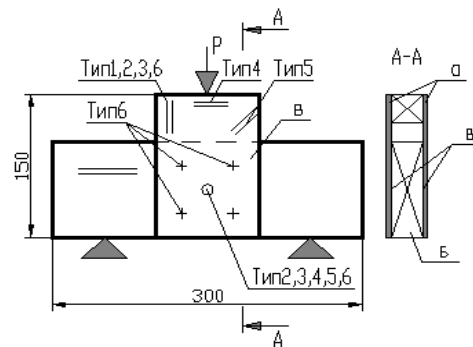


Рис. 2. Схема сопряжения элементов под углом 90°: а – ДСП-В; б – ЛВЛ; в – клей; + – направление волокон

Из построенных диаграмм следует:

1. При сравнении типов 1, 2 и 3 разрушающая нагрузка для соединения:

- на клею = 701 кгс;
- на глухарь $d.12$ мм = 1396 кгс;
- на клею + глухарь $d.12$ мм = 1882 кгс.

2. При сравнении типов 3, 4 и 5 разрушающая нагрузка для соединения, в зависимости от расположения волокон в элементах накладок, составила:

- тип 3 – накладки из ДСП-В с расположением волокон вдоль оси приложения нагрузки – 1882 кгс (клей + глухарь $d.12$ мм);
- тип 4 – накладки из ДСП-В с расположением волокон поперек оси приложения нагрузки – 1687 кгс (клей + глухарь $d.12$ мм);
- тип 5 – накладки из ДСП-В с расположением волокон под углом 45° к оси приложения нагрузки – 1528 кгс (клей + глухарь $d.12$ мм).

Проведенное исследование дает возможность сделать предположение, что расположение волокон в элементах из ДСП-В влияет на несущую способность соединения и соответствует прочностным характеристикам этого материала.

Изучение работы элементов в нагельных соединениях выполнялось по схеме (рис. 4).

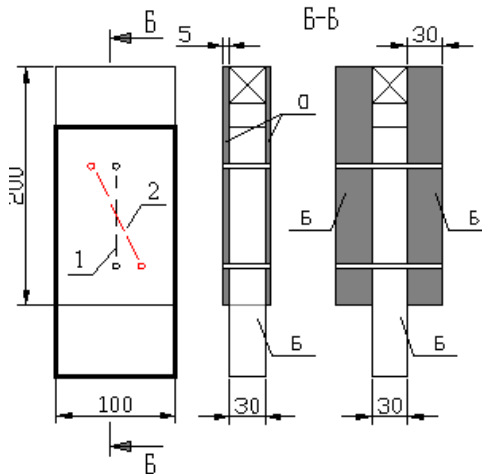


Рис. 4. Схема сопряжения элементов вдоль волокон:
а – ДСП-В; б – LVL.
1 – болты расставлены по одной оси;
2 – в шахматном порядке

Целью эксперимента являлось исследование влияния расстановки связей на несущую способность соединения для болта $d.6$ мм. Количество образцов для каждого изучаемого значения расстояния составляло 5 шт.

Изучались работы предварительно напряженного нагеля, путем закручивания с двух сторон гаек с шайбами. Цель эксперимента заключалась в исследовании теоретических предпосылок относительно увеличения прочности соединения при устройстве предварительно напряжения – распора (рис. 5). Это возможно за счет снижения температурно-влажностных деформаций LVL.

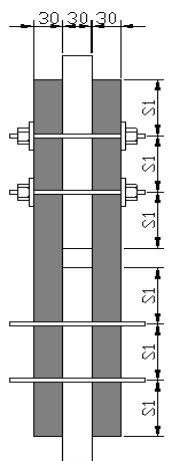


Рис. 5. Схема расстановки связей

Чтобы избежать кручения элементов, образцы изготавливались двухсрезными симметричными. Нагели – болты $d.6$ мм из стали 8,8, устанавливались с различным расстоянием вдоль волокон S_1 . Расстояние от вертикальной оси нагеля до кромки более $3d$ и составило 50 мм. Перед проведением испытаний на образцы устанавливались индикаторы часового типа (ИЧ) для измерения деформаций с ценой деления 0,01 мм

и величиной хода 10 мм. Величина ступени возрастания усилия принималась равной $0,1P_{max}$.

Расчет несущей способности нагельного соединения проводился по формулам:

- симметричные соединения:
 - смятие в средних элементах $T_{см}^c$ (6);
 - смятие в крайних элементах $T_{см}^a$ (7);
 - изгиб нагеля из стали С38/23 $T_{изг}$ (8);
- из условия скалывания $T_{ск} = R_{ск}^{cp} \times F_{ск}$ (14);

$$R_{ск}^{cp} = \frac{R_{ск}}{1 + \beta \frac{1}{e}} \quad (15);$$

$$T_{см}^c (\text{ЛВЛ}) = 0,5 \times c \times d \times R_{см, \text{ЛВЛ}} / R_{см, \text{др}} = 0,5 \times 3,0 \times 0,6 \times 2,3 / 1,4 = 1,48 \text{ кН};$$

$$T_{см}^a (\text{ЛВЛ}) = 0,8 \times a \times d \times R_{см, \text{ЛВЛ}} / R_{см, \text{др}} = 0,8 \times 3,0 \times 0,6 \times 2,3 / 1,4 = 2,37 \text{ кН};$$

$$T_{изг} (\text{табл. 19a}) 2,7d^2 = 0,972 \text{ кН};$$

$$T_{ск} = R_{ск}^{cp} \times F_{ск} = 0,189 \times 3,0 \times 2,4 = 1,36 \text{ кН};$$

$$R_{ск}^{cp} (\text{ЛВЛ}) = R_{ск} (\text{ЛВЛ}) / (1 + \beta \times (I_{ск} / e)) = 0,24 / (1 + 0,25 ((4 \times 0,6) / (0,25 (3,0 + 3,0 + 3,0)))) = 0,189 \text{ кН};$$

- коэффициент запаса ($K_{зап}$) определялся по формуле (16):

$$K_{зап} = \frac{P_{max} \times m_{дл}}{T_n} \quad (16)$$

Таким образом, расчетная несущая способность всего соединения составила $4 \times 97,2 = 389$ кгс. Величина ступени нагружения принята 150 кгс.

Испытания проводились на гидравлическом прессе ИМ-50 с измерением остаточной деформации. Скорость увеличения и уменьшения нагрузки была постоянной на протяжении всего испытания. Производился визуальный осмотр с фиксацией в журнале испытаний. После разрушения изучался характер разрушения образцов, проводилась фотофиксация (рис. 6). Построен график зависимости деформаций от нагрузки (рис. 7).

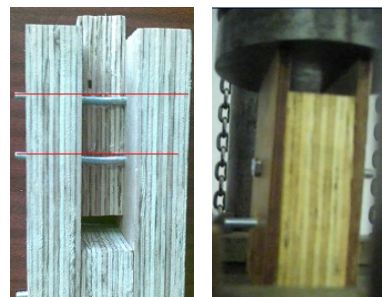


Рис. 6. Разрушенный образец

Результаты измерений заносились в протокол испытаний для материала LVL $t = 30$ мм.

Полученные данные преобразованы в диаграмму зависимости несущей способности соединения от схемы расстановки связей (рис. 8).

Эксперимент показал, что в случае защемления прочность соединения ЛВЛ увеличивается на 15 %. Однако предложение по включению данной теории в нормативную литературу требует проведения длительных испытаний, анализа состояния узлов эксплуатируемых

конструкций по прошествии нескольких сезонов (осень, весна). Это связано с влиянием влажности на прочностные свойства LVL.

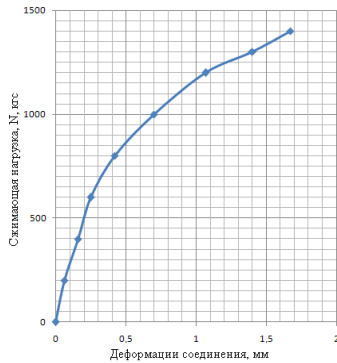


Рис. 7. График зависимости деформаций от нагрузки

Среднее значение R_{max} , кгс в соединениях с накладками из ЛВЛ и ДСП-В для $d_{св}=6$ мм

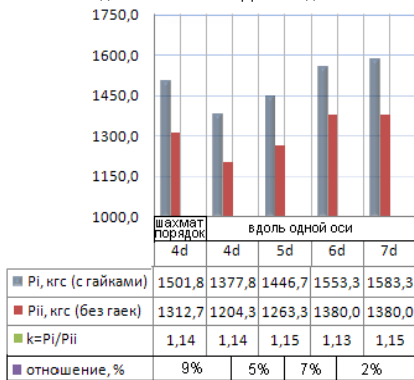


Рис. 8. Диаграмма зависимости несущей способности соединения от схемы расстановки связей

С целью исследования влияния диаметра связи на несущую способность соединения проводился эксперимент при использовании нагелей различного диаметра. Схема нагружения образца показана на рисунке 9.

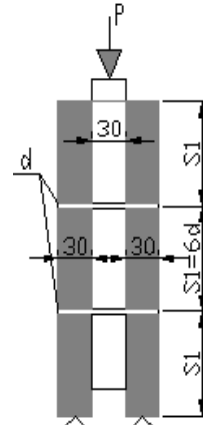


Рис. 9. Схема нагружения образца

Испытания проводились на гидравлическом прессе ИМ-50, одновременно визуальный осмотр с фиксацией в журнале испытаний.

Расчет несущей способности нагельного соединения проводился по формулам (6, 7, 8, 14, 15).

Результаты измерений заносились в протокол испытаний для материала LVL $t = 30$ мм.

Полученные данные преобразованы в диаграмму (рис. 10).

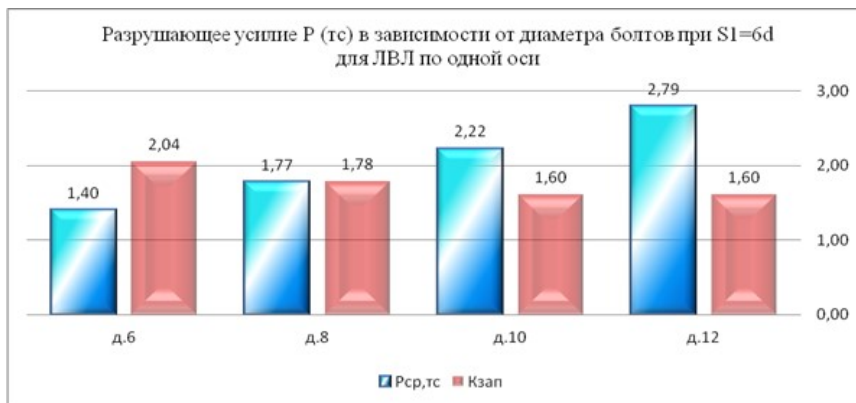


Рис. 10. Диаграмма зависимости разрушающей нагрузки P_{max} и коэффициента запаса $K_{зап}$ от диаметра связи

В связи с тем, что авторы рассматривают комбинированное покрытие здания из плоских ферм и купола, наряду с испытаниями сопряжения бруса плоских ферм проведены опыты по проверке прочности нового узлового соединения геодезического купола, собираемого из клееного бруса.

В статье приводятся запатентованные новые стеклопластиковые узловое соединения [10], подвергшиеся испытаниям в лабораторных условиях. Элементы узла изготовлены из пластика TOTAL GF-30 (N) и собраны в узел, который подвергся испытанию максимальной

нагрузкой 8,56 кН на разрывной машине Instron 5998 (рис. 6–8).

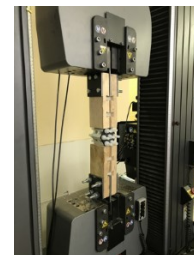


Рис. 6. Образец в захватах разрывной машины Instron 5998

Животов обр. №1

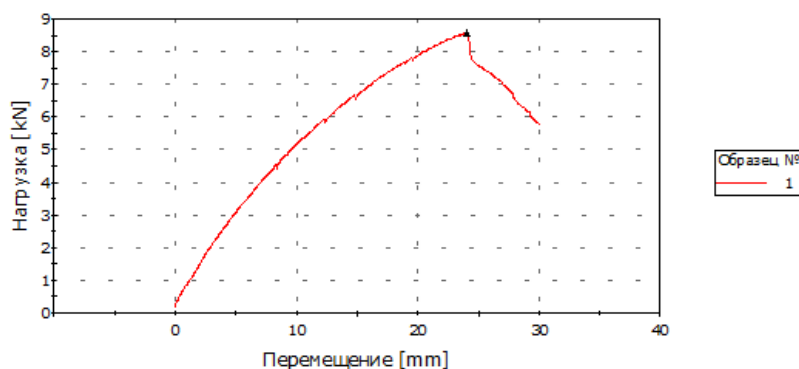


Рис. 7. Зависимость перемещений от прилагаемой нагрузки

На рисунке 8 показан разрушенный образец, элементы которого изготовлены аддитивным методом.



Рис.8. Узел после испытания на разрыв

Результаты

На основании исследований авторами предложена методика определения расчетной несущей способности нагелей на один шов сплачивания (условный срез) для соединений элементов из LVL с фанонками из ДСП-В с учетом коэффициента учета работы связи (K_c) для накладок из ДСП-В. Результаты представлены диаграммами зависимости несущей способности соединения от схемы расстановки связей и зависимости разрушающей нагрузки R_{max} и коэффициента запаса $K_{зап}$ от диаметра связи.

Испытания новых узлов геодезического купола находятся в стадии продолжения исследований и носят пробный характер.

Обсуждение

Полученные положительные результаты испытания узловых соединений плоских ферм и

пространственных конструкций в форме деревянных геодезических куполов из клееного бруса применимы при проектировании деревянных покрытий в виде купола диаметром 24 м, опирающегося на возвышенный край односкатных ферм длиной 24 м, таким образом образуется круглое в плане здание с покрытием диаметром 72 м.

Предложены формулы для расчета соединений элементов из ЛВЛ с фанонками из ДСП-В и накладками из ЛВЛ.

Выявлены закономерности, отражающие влияние разрушающей нагрузки R_{max} от типа, диаметра и способа расстановки связей в сопряжениях элементов из ЛВЛ.

Предложено новое конструктивное решение узлов. Проверенные на реальных конструкциях статические испытания подтвердили эффективность предложенных конструктивных решений устройства фанонки из ДСП-В при воздействии различных агрессивных сред.

Основным направлением дальнейших исследований являются базисные наработки по созданию программного обеспечения для выполнения расчетов узловых соединений ферм, направленных на применение унифицированных элементов с целью сокращения расхода материалов и уменьшения затрат по себестоимости конструкций, а также продолжение экспериментальных исследований нового узлового соединения геодезического купола.

Список литературы

1. Животов Д. А. Плоские балочные фермы с применением ЛВЛ / Д. А. Животов // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 8. – С. 52–53.
2. Golovina S. G. Architectural and constructive concept of the historical residential development of St. Petersburg in the XVIII – early XX centuries / S. G. Golovina // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 164, № 05006. – Режим доступа: https://www.e3s-conferences.org/~articles/e3sconf/abs/2020/24/-e3sconf_tpacee2020_05006/e3sconf_tpacee2020_05006.html, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
3. Yudina A. Enhancing technological processes in building construction and reconstruction by means of new technologies / A. Yudina // Asian Journal of Civil Engineering. – 2019. – № 20 (5). – Pp. 727–732. – DOI:10.1007/s42107-019-00139-9.
4. Selection of criteria for comparative evaluation of house building / A. Yudina, Yu. Tilinin // Architecture and Engineering. – 2019. – Vol. 4, № 1. – Pp. 47–52.
5. Юдина А. Ф. Развитие технологий жилищного строительства в Санкт-Петербурге / А. Ф. Юдина, С. А. Евтюков, Ю. И. Тилинин // Вестник гражданских инженеров. – 2019 – № 1 (72). – С. 110–119.
6. Гайдо А. Н. Методические подходы к выбору тем магистерских диссертаций по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство», профилю «Технологии и организация строительства» / А. Н. Гайдо, А. Ф. Юдина, В.В. Верстов // Строительство и техногенная безопасность. КФУ им. В. И. Вернадского. – 2020. – № 18 (70) – С. 35–42. – DOI: 10.37279/2413-1873-2020-18-35-42.
7. Животов Д. А. Определение прочностных характеристик LVL / Д. А. Животов // 62-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых (аспирантов, докторантов) и студентов. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2009. – С. 55–56.

8. Chernykh A. Qualification tests of adhesive systems, the assessment of the durability of glued wooden structures / A. Chernykh, T. Kazakevich, S. Kiryutina, D. Korolkov, D. Nizhegorodtsev // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 896 (1). Pp. 012036. – DOI:10.1088/1757-899X/896/1/012036.
9. Chernykh A. Determination of Deformability of LVL Structures with Toothed Plates Connectors / A. Chernykh, S. Mironova, E. Danilov, Sh. Mamedov, T. Kazakevich, P. Koval // Proceedings of MPCPE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering. – Cham : Springer, 2022. – Vol. 182. – Pp. 75–83.
10. Patent № 170483 Russian Federation. Assembly of bearing rods for geodesic dome and other spatial structures / V. I. Bushin, D. A. Zhivotov, D. M. Podolskiy. – 2017.
11. Инжутов И. С. Формообразование большепролетных покрытий общественных зданий и сооружений с применением двухскатных клеодощатых элементов / И. С. Инжутов, М. С. Барков, В. М. Никитин, В. Н. Ермолин // Вестник томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 1. – С. 100–105.
12. R. Bucky Fuller // LiveInternet. – 2020. – Режим доступа: <http://eldisblog.com/post198737504/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. Guan Y. Structural behavior of shallow geodesic lattice domes / Y. Guan, L. N. Virgin, D. Helm // International Journal of Solids and Structures. – 2018. – № 155. – Pp. 225–239. – DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2018.07.022.
14. Zhivotov D. Construction of geodesic domes made of wood and composite materials during restoration and conservation of cultural heritage objects / D. Zhivotov, O. Pastukh // Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering : E3S Web of Conferences, TPACEE, 2019. – 2020. – Vol. 164. – Pp. 02020. – DOI: 10.1051/e3sconf/202016402020.
15. Zhivotov D., Latuta V. Using geodesic domes of wood and thermoplastics for rotational camps in the arctic and northern territories / D. Zhivotov, V. Latuta // Architecture and Engineering. – 2020. – № 5 (3). – Pp. 22–28. – DOI:10.23968/2500-0055-2020-5-3-22-28.
16. Животов Д. А. Возведение геодезических куполов из древесины и пластика / Д. А. Животов, Ю. И. Тилинин // Инновации в деревянном строительстве : материалы 11-й Международной научно-практической конференции, 22–23 апреля 2021 г. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2021. – Pp. 262–268.
17. Zhivotov D. A. Architectural and spatial planning solutions of spherical shape buildings / D. A. Zhivotov, O. A. Pastukh, Yu. I. Tilinin // Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, ICCPAC 2020. – 2021. – Pp. 91–96.
18. Zhivotov D. A. Experimental studies of the strength of nodal joints of geodesic domes made of wood and fiberglass made on a 3D-printer for the Arctic and Northern territories / D. A. Zhivotov, Yu. I. Tilinin // The Publication Series of LAB University of Applied Sciences. – Lappeenranta, Finland, 2020. – Part 2. – Pp. 57–65. – Режим доступа: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/335985/LAB_2020_02.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

© Д. А. Животов, Ю. И. Тилинин

Ссылка для цитирования:

Животов Д. А., Тилинин Ю. И. Прочность узлов сопряжения деревянных элементов стропильных ферм и геодезических куполов покрытия реконструируемых исторических зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУАОВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 41–47.

УДК 69.01
DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-47-52

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ И СОХРАННОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАМЕННОЙ КЛАДКИ ФУНДАМЕНТОВ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ XIX ВЕКА ПОСТРОЙКИ

С. В. Леонтьев, А. А. Талейко

Леонтьев Степан Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация, тел.: +7 (342) 219-83-52; e-mail: n1306cl@yandex.ru;

Талейко Андрей Алексеевич, магистрант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация, тел.: +7 (965) 575-40-86; e-mail: taleyko.99@mail.ru

Актуальной проблемой современных крупных промышленных городов является реновация объектов их индустриального наследия. Для реконструкции необходимо проведение обследования с целью установления категории технического состояния здания, несущей способности его конструктивных элементов и характеристик применяемых материалов. В статье рассмотрены результаты комплексного исследования конструкций каменных фундаментов складских зданий бывшего завода имени А. А. Шагина в г. Перми. Представлены результаты визуального и инструментального обследования фундаментов, в том числе определения характерных дефектов, физико-механических свойств каменных блоков, а также вида горной породы, из которой они изготовлены. Установлено, что фундаментные блоки каждого из объектов выполнены из различных видов гранита: лейкогранита, двуслюдяного и биотитового. Определено, что наиболее предпочтительным для использования в фундаментах с точки зрения долговечности и сохранности физико-механических свойств является лейкогранит, что объясняется его более плотной структурой и низким значением величины водопоглощения.

Ключевые слова: оценка технического состояния фундаментов, каменные конструкции, фундаменты из природного камня, определение прочности каменной кладки, петрографический анализ горных пород.