

УДК 694.14

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-2\(41\)-29-39](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-2(41)-29-39)

EDN: FSOHRC

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ ШАЙБ В СОЕДИНЕНИЯХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

И.В. ВАНИН[✉]

М.В. АРИСКИН, канд. техн. наук

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ул. Германа Титова, д. 28, г. Пенза, 440028, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Одним из перспективных видов соединений деревянных конструкций является соединение с применением вклеенных стальных шайб. Вместе с тем применение клеевых составов по ряду признаков менее технологично по сравнению с резьбовым соединением. Учитывая актуальность разработки новых технологичных видов соединений конструкций, необходимо изучить узловое соединение деревянных элементов на резьбовых шайбах без применения клеевых составов.

Цель: изучить характер работы соединения с применением резьбовых шайб посредством проведения натурного эксперимента серий образцов с различными параметрами резьбовых шайб для оценки перспективы дальнейшего изучения рассматриваемого соединения и его внедрения в практику строительства.

Материалы и методы. Методика исследования рассматриваемого соединения включает в себя изготовление серии образцов и проведение эксперимента для определения разрушающих нагрузок и предельных деформаций с последующим визуальным исследованием образцов после разрушения.

Результаты. На основании экспериментального исследования двенадцати образцов, составляющих четыре серии образцов с различными параметрами резьбовых шайб по три образца в каждой, получены значения разрушающих нагрузок и построены графики деформаций. Исследован характер работы рассматриваемого соединения, выявлены его достоинства и недостатки с точки зрения несущей способности, технологичности изготовления и надежности.

Выводы. Соединение деревянных конструкций на резьбовых шайбах обладает высокой несущей способностью и технологичностью. Несмотря на такой недостаток, как влияние влажности древесины на прочность и надежность данного соединения, его достоинства делают перспективным дальнейшее изучение и его применение в практике строительства.

Ключевые слова: деревянные конструкции, соединения, резьбовые шайбы, технологичность, скорость сборки

Для цитирования: Ванин И.В., Арискин М.В. Применение резьбовых шайб в соединениях деревянных конструкций. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2024;41(2):29–39. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-2\(41\)-29-39](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-2(41)-29-39)

Вклад авторов

Ванин И.В. – подготовка оборудования, изготовление образцов, описание методики эксперимента, проведение экспериментального исследования, анализ результатов, написание статьи.

Арискин М.В. – разработка идеи, написание выводов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 30.01.2024

Поступила после рецензирования 21.03.2024

Принята к публикации 28.03.2024

USE OF THREADED WASHERS IN THE JOINTS OF WOODEN STRUCTURES

I.V. VANIN 

M.V. ARISKIN, Cand. Sci. (Engineering)

Penza State University of Architecture and Construction, Hermana Titova str., 28, Penza, 440028, Russian Federation

Abstract

Introduction. One of the promising types of joints in wooden structures is the joint using glued steel washers. However, the use of adhesive compounds is, for a number of reasons, characterized by lower manufacturability as compared to a threaded connection. Given the relevance of developing new technological types of joints in structures, it is necessary to study the threaded washer connection of wooden elements without the use of adhesives.

Aim. To study the performance of a threaded washer connection by conducting a full-scale experiment of specimens exhibiting different parameters of threaded washers in order to assess the prospects for further study of the joint in question and its implementation in construction practice.

Materials and methods. The procedure for studying the joint under consideration involves making a series of specimens and conducting an experiment to determine the failure loads and ultimate strains, followed by the visual inspection of these specimens after failure.

Results. The experimental study of twelve specimens (four series of specimens exhibiting different parameters of threaded washers, with three specimens in each) yielded failure loads, and graphs showing their deformation were constructed. The performance of the joint in question was examined; its advantages and disadvantages in terms of bearing capacity, manufacturability, and reliability were identified.

Conclusions. Threaded washer joints in wooden structures are characterized by high bearing capacity and manufacturability. In spite of such a disadvantage as the effect of wood moisture on the strength and reliability of this joint, its advantages make it promising for further study and use in construction practice.

Keywords: wooden structures, joints, threaded washers, manufacturability, assembly speed

For citation: Vanin I.V., Ariskin M.V. Use of threaded washers in the joints of wooden structures. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2024;41(2):29–39. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-2\(41\)-29-39](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-2(41)-29-39)

Authors contribution statement

Vanin I.V. – preparation of equipment; production of specimens; description of the experimental procedure; conducting of the experimental study; analysis of results; writing of the article.

Ariskin M.V. – idea development; writing of conclusions.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 30.01.2024

Revised 21.03.2024

Accepted 28.03.2024

Введение

Одним из актуальных направлений в исследовании строительных структур является разработка новых видов соединений деревянных конструкций [1–3]. Ввиду особенностей древесины как строительного материала к узловым соединениям деревянных элементов предъявляются определенные требования. Многие из них обусловлены такой особенностью древесного материала, как анизотропность [4, 5]. По причине отличия друг от друга физико-механических характеристик материала в разных геометрических направлениях соединения деревянных конструкций получили большое разнообразие как по способам передачи внутренних усилий между элементами, так и по типу соединительных деталей [6–8]. Одним из перспективных способов соединения деревянных конструкций является соединение с применением круглых шайб, заподлицо вклеиваемых или вкладываемых в заранее выбранные гнезда в деревянных элементах. Шайба позволяет распределить усилия, передаваемые через стяжную шпильку на большую площадь, тем самым уменьшая концентрацию напряжений в месте передачи усилий. Вклеенные шайбы обладают высокой несущей способностью [9], однако попытка усилить их дополнительно резьбовым соединением со шпилькой приводит к значительному снижению несущей способности [10]. Вместе с тем вклеивание шайб требует определенных навыков и условий для работы с клеевыми составами, что увеличивает трудоемкость изготовления конструкции. Резьбовое же соединение менее требовательно к данным факторам, что создает интерес к его применению в соединениях деревянных конструкций с применением круглых стальных шайб [11, 12].

Цель исследования – изучить характер работы соединения деревянных конструкций с применением резьбовых шайб (ШР), определить влияние параметров шайб на несущую способность соединения.

Задачи исследования – провести натурный эксперимент серий образцов для определения разрушающих нагрузок и предельных деформаций, а также для изучения механизма работы соединения.

Методика проведения экспериментального исследования

В целях исследования характера работы рассматриваемого соединения и влияния параметров резьбовых шайб на несущую способность проведено экспериментальное исследование 4 серий по 3 образца в каждой. Для исследования использовались шайбы с максимальными и минимальными параметрами, принятыми по аналогии с соединениями на вклеенных шайбах [9, 13]: диаметр шайбы, $D_{ш}$, 60 и 100 мм, толщина шайбы, $t_{ш}$, 6 и 10 мм. Размеры деревянных элементов приняты в соответствии с параметрами шайб и требуемым шагом привязки (рис. 1).

Параметры образцов и маркировка серий приведены в табл. 1.

В качестве основного материала образцов выбрана древесина сосны 2-го сорта ввиду своей доступности и широкой области применения. Стальные элементы изготовлены из стали С255.

Технология изготовления образцов соединения на резьбовых шайбах включает в себя выборку гнезд под шайбы, сверление отверстия под шпильку и завинчивание шайб на шпильке. Гнезда под шайбы выбираются специальными фрезами с направляющим наконечником,

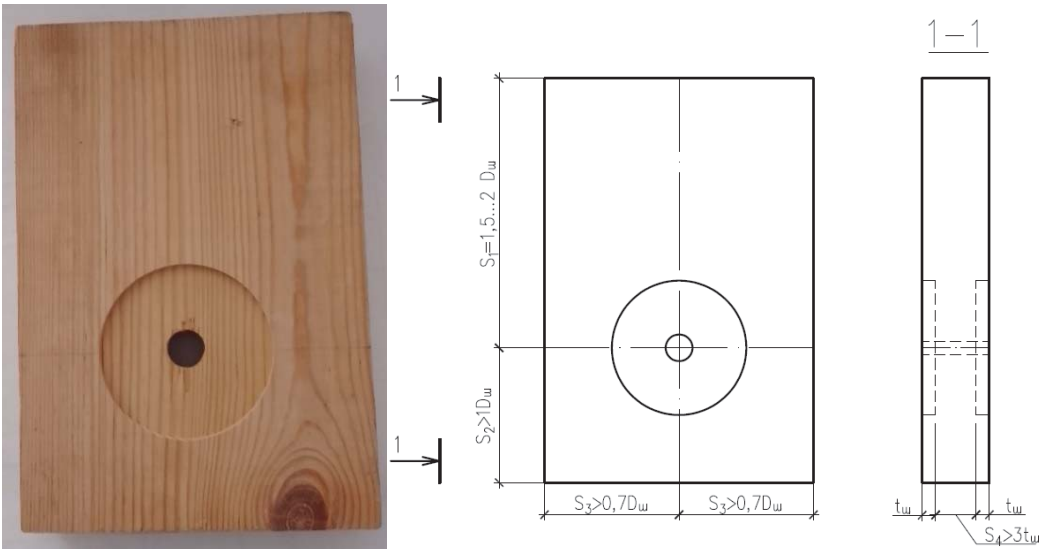


Рис. 1. Размеры испытываемых образцов
Fig. 1. Dimensions of the test specimens

Таблица 1

Параметры образцов

Table 1

Parameters of the specimens

№ п/п	Серия образцов	Количество образцов в серии, шт.	Длина образца, а, мм	Ширина образца, b, мм	Толщина образца, h, мм	Диаметр шайбы, Dш, мм	Толщина шайбы, tш, мм
1	ШР 60-6	3	200	150	50	60	6
2	ШР 60-10	3					10
3	ШР 100-6	3	300	200		100	6
4	ШР 100-10	3					10

обеспечивающим соосное расположение гнезд. Отверстие под шпильку высверливается на 1–2 мм больше диаметра шпильки для обеспечения передачи усилий на деревянный образец только через шайбы. Ввиду отсутствия соответствующей нормативной базы за- винчивание шайб осуществлялось в соответствии с СТО НОСТРОЙ 2.10.76-2012 [14], как в соединениях, не требующих обеспечения контроля натяжения. При диаметре стяжной шпильки 20 мм затяжка шайб должна осуществляться ключом с длиной рычага не менее 35 см до отказа. Данный способ сборки позволяет собирать соединение в кратчайшие сроки без применения специального оборудования.

После сборки образец устанавливается в сборную раму, имитирующую передачу нагрузок через стальные накладки (рис. 2). Готовый образец в раме помещается в испытательный стенд (рис. 3).

Для загрузки опытных образцов использовался гидравлический пресс П-500 со встроенным оборудованием для определения вертикальных перемещений. Данные о результатах



а (a)



б (b)

Рис. 2. Составные части испытываемого образца:

а – сборная рама; б – деревянный образец, шпилька и шайбы

Fig. 2. Components of the test specimen:

а – prefabricated frame; б – wooden specimen, stud, and washers

исследований (вертикальная нагрузка, деформации) записываются в журнал испытаний.

Образцы испытываются воздействием кратковременной нагрузки при скорости нагружения 4 кН/мин до их разрушения. За разрушающую нагрузку принималась та, при которой значительно увеличивается рост деформаций при относительно небольшом увеличении нагрузки.

Результаты испытаний

Разрушение образцов происходило без резких щелчков в древесине, однако наблюдались короткие проскальзывания шайб, которые можно отнести к так называемым «рыхлым деформациям», так как в дальнейшем наблюдался рост разрушающей нагрузки без явных признаков разрушения образцов. Кроме того, при дальнейшем нагружении проскальзывания шайб не наблюдалось. Данные о результатах испытаний представлены в табл. 2.

На рис. 4, 5 представлены графики зависимости разрушающей нагрузки от параметров шайб и образцы после разрушения.



Рис. 3. Образец, готовый к испытанию

Fig. 3. Specimen ready for testing

Таблица 2

Результаты испытаний образцов соединения ШР

Table 2

Results of testing the SHR joint specimens

№ п/п	Марка образца	Средняя разрушающая нагрузка, кН
1	ШР 60-6	67,65
2	ШР 60-10	78,12
3	ШР 100-6	78,4
4	ШР 100-10	101,14

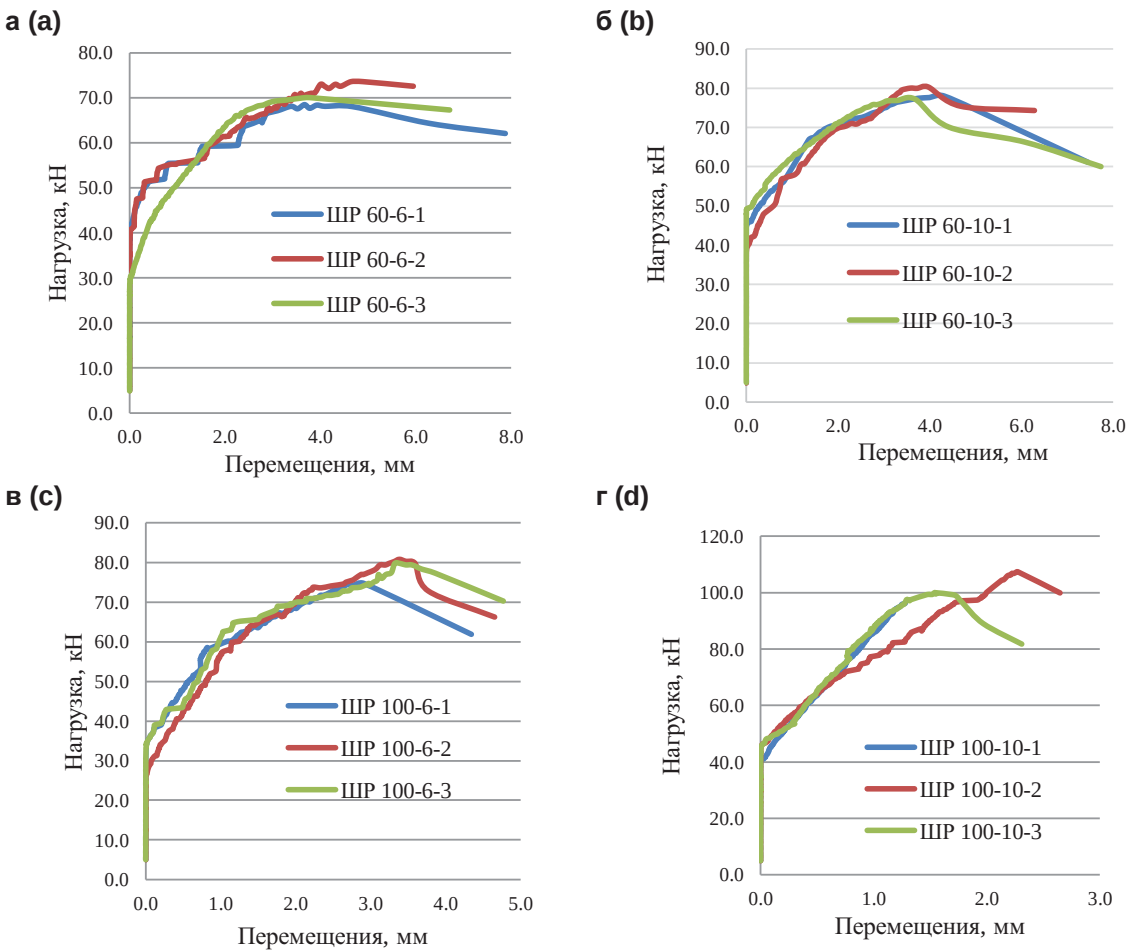


Рис. 4. Графики деформаций образцов: а – серия ШР 60-6; б – серия ШР 60-10; в – серия ШР 100-6; г – серия ШР 100-10

Fig. 4. Graphs showing specimen deformations: а – SHR 60-6 series; б – SHR 60-10 series; в – SHR 100-6 series; д – SHR 100-10 series



Рис. 5. Образцы после испытаний
Fig. 5. Specimens after testing

Исследование показало, что резьбовые шайбы обладают высокой несущей способностью, незначительно уступающей несущей способности клеиваемых шайб. К достоинствам данного соединения бесспорно можно отнести его скорость сборки, которая составляет 10–20 минут по сравнению с 7 днями [9]. Также нельзя не отметить, что монолитное соединение шайб и шпильки в узле позволяет перераспределить усилия между шайбами, тем самым увеличив надежность работы соединения.

В ходе нагружения образцов наблюдалось уплотнение шайб в гнездах, о чем свидетельствуют проскальзывания шайб, сопровождаемые громким звуком и соответствующими ступенями на графиках (ступени наиболее выражены на рис. 4а). Также можно сделать вывод, что несущая способность резьбовых шайб складывается из смятия древесины под ребром шайбы и силой трения между пластью шайбы и деревянным элементом, при этом, судя по характеру разрушения образцов, влияние первого фактора значительнее. Данное явление можно отнести как к достоинствам, так и к недостаткам разрабатываемого соединения.

В соединениях на клеенных шайбах после разрушения клеевого шва вся несущая способность шайб будет состоять из смятия древесины под ребрами шайб. Резьбовые шайбы, помимо того, что остаются монолитно связанными друг с другом через шпильку посредством резьбы, с ростом нагрузки только плотнее прилегают к деревянному элементу, тем самым делая разрушение образца более пластичным.

Вместе с тем силы трения между деревом и металлической шайбой значительно зависят от силы затяжения шайб [15, 16], шероховатости контактных поверхностей и влажности древесины. Как было сказано выше, для контроля затяжения целесообразно воспользоваться рекомендациями СТО НОСТРОЙ 2.10.76-2012 [14], выполнения требований которых достаточно для создания требуемого затяжения и сохранения технологичности сборки соединения. Механическое увеличение трения между шайбой и древесиной приведет к увеличению усилий, требуемых для затяжения шайб, что приведет к снижению технологичности соединения и может повлиять на снижение усилия затяжения шайб. При этом, учитывая, что основная часть несущей способности складывается из усилий смятия под ребрами шайб, увеличение несущей способности соединения будет не столь значительно [17, 18].

Влажность древесины играет значительную роль во всех видах соединений деревянных конструкций. В рассматриваемом соединении высокая влажность древесины может сильно повлиять на трение между шайбой и древесиной, а после усушки значительно уменьшится

усилие затяжения шайб, что критично снизит несущую способность соединения [19, 20]. Влияние влажности древесины на несущую способность соединения на резьбовых шайбах необходимо исследовать дополнительно.

Выводы

Экспериментальное исследование соединения на резьбовых шайбах показало, что данное соединение обладает высокой несущей способностью и технологичностью. За счет изменения способа фиксации шайб в деревянном элементе, а именно замены клеевой композиции резьбовым соединением, значительно ускоряется изготовление и сборка соединения и конструкции в целом при практически незначительном уменьшении несущей способности.

Аналогично вклеенным шайбам несущая способность резьбовых шайб складывается из сопротивления смятию древесины под ребрами шайб и усилий, возникающих под пластинами шайб. Отличие заключается в том, что эти усилия являются силами трения между шайбами и деревянным элементом. Кроме того, существенным отличием является тот факт, что резьбовые шайбы монолитно связаны друг с другом, что приводит к равномерному распределению усилий между шайбами.

Вместе с тем применение резьбовых шайб в узлах деревянных конструкций может быть сопряжено с таким недостатком, как влияние влажности древесины, что требует дополнительного изучения.

Тем не менее соединение на резьбовых шайбах обладает большим рядом достоинств, которые предлагают перспективы для дальнейшего изучения данного соединения и его применения в практике строительства.

Список литературы

1. Жаданов В.И., Лисицкий И.И., Пересыпкина В.А. Вклеенные плоские пластины в узлах сквозных деревянных конструкций. В: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). Оренбург: Оренбургский государственный университет; 2021, с. 135–140.
2. Сибен А.В. Клееные деревянные конструкции в строительстве: эффективность и проблемы применения. В: Новые технологии - нефтегазовому региону. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Т. 3. Электроэнергетика, электро- и теплотехника. Экономика и управление предприятиями, отраслями, комплексами. Инвестиционно-строительный инжиниринг. Строительные материалы и изделия. Промышленное и гражданское строительство, реконструкция и эксплуатация. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов. Инженерные системы и сооружения. Тюмень; 2022, с. 180–183.
3. Orlov A.O., Rimshin V.I., Labudin B.V., Melekhov V.I., Kurbatov V.L. Improvement of strength and stiffness of components of main struts with foundation in wooden frame buildings. ARPN Journal of engineering and applied sciences. 2018;13(11):3851–3856.
4. Михайленко О.А. Численные исследования объемного напряженно-деформированного состояния древесины опорных и коньковых узлов большепролетной трехшарнирной дощатоклееной арки. В: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции Рубцовский индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». Барнаул: Рубцовский индустриальный институт; 2021, с. 226–233.

5. Федченко В.Ю., Федченко А.А., Маскайкина С.Е., Юфкин Ю.Г., Бурьянов И.В., Дронин А.М., Петякшев А.Д. Проблемы расчета и конструирования малогабаритного оборудования. В: XLIX Огаревские чтения. Материалы научной конференции. Ч. 1. Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева; 2021, с. 595–600.
6. Жаданов В.И., Гарипов В.С., Лисицкий И.И. Оценка влияния различных факторов на несущую способность соединений клеенных стальных пластин с массивом древесины. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022;(6):15–29. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2022-762-6-15-29>
7. Москов С.А., Черных А.Г., Глухих В.Н. Расчет несущей способности соединения деревянных конструкций с МЗП на металлических накладках. В: Инновации в деревянном строительстве. Материалы 11-й Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; 2021, с. 156–162.
8. Лукин М.В., Чибрикин Д.А., Рощина С.И. Численные исследования модифицированных композитных балок с учетом физической нелинейности древесины. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2023;(5):5–19. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2023-773-5-5-19>
9. Вдовин В.М., Арискин М.В. Несущая способность соединений на клеенных шайбах при передаче усилий вдоль волокон древесины. Приволжский научный журнал. 2009;(4):21–27.
10. Ванин И.В., Арискин М.В. Соединение деревянных конструкций с применением клеенных стальных шайб с внутренней резьбой. Вестник НИЦ «Строительство». 2022;35(4):30–39. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4\(35\)-30-39](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4(35)-30-39)
11. Тодышев С.С., Шатобин И.А. История возникновения винтовой резьбы. В: Студент: наука, профессия, жизнь. Материалы IX Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. Ч. 4 (естественные и формальные науки). Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения; 2022, с. 177–184.
12. Юзбашиев Б.Р., Паньшина Е.В. Резьбовые соединения. В: Теоретические и практические аспекты развития современной науки: теория, методология, практика. Сборник научных статей по материалам IX Международной научно-практической конференции. Уфа: Научно-издательский центр «Вестник науки»; 2022, с. 90–95.
13. Арискин М.В., Мартышкин Д.О. Соединения на клеенных стеклопластиковых шайбах в деревянных конструкциях. Региональная архитектура и строительство. 2022;(2):96–103. https://doi.org/10.54734/20722958_2022_2_96
14. Письмо Ростехнадзора от 14.08.2012 N 00-02-05/2054 «О стандартах СПО, разработанных НОСТРОЙ» [интернет]. Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/pismo-rostekhnadzora-ot-14082012-n-00-02-052054-o/>
15. Арискин М.В., Ванин И.В. Соединение деревянных конструкций на стальных шайбах с внутренней резьбой. Региональная архитектура и строительство. 2022;(4):84–89. https://doi.org/10.54734/20722958_2022_4_84
16. Юдаев Н.В., Денисов Р.А., Елисеев И.И. К определению силы затяжки резьбового соединения. В: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы XXXV Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова. Вып. 35. Саратов: Амирит; 2022, с. 141–146.
17. Сергеева В.В., Тимченко Н.А., Новеченок А.П. Влажность древесины как физический фактор. В: Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития. Материалы всероссийской научно-практической конференции. Т. 2. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет; 2022, с. 359–364.
18. Шмидт А.Б., Груничев Д.В., Груничев В.С. Применение шпильки с метрической резьбой по всей длине в качестве нагеля в нагельных соединениях деревянных конструкций. В: Инновации в деревянном строительстве. Материалы 12-й Международной научно-технической конференции. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; 2023, с. 18–27.
19. Турковский С.Б., Погорельцев А.А., Стоянов В.О. Опыт эксплуатации большепролетных клееных деревянных конструкций с узлами системы ЦНИИСК. Строительная механика и расчет сооружений. 2022;(6):61–68. <https://doi.org/10.37538/0039-2383.2022.6.61.68>
20. Стородубцева Т.Н., Недорезова А.Р. Влияние воды на прочностные и упругие характеристики древесины сосны. В: Научные механизмы решения проблем инновационного развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ч. 2. Уфа: Омега Сайнс; 2017, с. 80–83.

References

1. *Zhadanov V.I., Lisitsky I.I., Peresyphkina V.A.* Glued flat plates in nodes of through wooden structures. In: The University complex as a regional center of education, science and culture. Materials of the All-Russian Scientific and Methodological conference (with international participation). Orenburg: Orenburg State University; 2021, pp. 135–140. (In Russian).
2. *Siben A.V.* Glued wooden structures in construction: efficiency and application problems. In: New technologies for the oil and gas region. Materials of the International Scientific and Practical Conference of students, postgraduates and young scientists. Vol. 3. Electric power industry, electrical and thermal engineering. Economics and management of enterprises, industries, and complexes. Investment and construction engineering. Building materials and products. Industrial and civil construction, reconstruction and operation. Construction and operation of highways and airfields. Engineering systems and structures. Tyumen; 2022, pp. 180–183. (In Russian).
3. *Orlov A.O., Rimshin V.I., Labudin B.V., Melekhov V.I., Kurbatov V.L.* Improvement of strength and stiffness of components of main struts with foundation in wooden frame buildings. ARPN Journal of engineering and applied sciences. 2018;13(11):3851–3856.
4. *Mikhailenko O.A.* Numerical studies of the volumetric stress-strain state of the wood of the support and ridge nodes of a large-span three-hinged board-glued arch. In: Modern technology and technology: problems, state and prospects. Materials of the XI All-Russian Scientific and practical conference. Rubtsovsky Industrial Institute (branch) of the Federal State budgetary educational institution of higher education "Altai State Technical University named after I.I. Polzunov". Barnaul: Rubtsovsky Industrial Institute; 2021, pp. 226–233. (In Russian).
5. *Fedchenko V.Yu., Fedchenko A.A., Maskaikina S.E., Yufkin Yu.G., Buryanov I.V., Dronin A.M., Petyakshev A.D.* Problems of calculation and design of small-sized equipment. In: XLIX Ogarev readings. Materials of the scientific conference. Part 1. Saransk: Ogarev Mordovia State University; 2021, pp. 595–600. (In Russian).
6. *Zhadanov V.I., Garipov V.S., Lisitsky I.I.* Assessment of the influence of various factors on the bearing capacity of joints of glued steel plates with solid wood. News of higher educational institutions. Construction. 2022;(6):15–29. (In Russian). <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2022-762-6-15-29>
7. *Moskov S.A., Chernykh A.G., Glukhikh V.N.* Load-bearing capacity calculation of connection of timber structures with nail-plate on metal plates. In: Innovations in wooden construction. Materials of the 11th International Scientific and Practical Conference. St. Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; 2021, pp. 156–162. (In Russian).
8. *Lukin M.V., Chibrikov D.A., Roshchina S.I.* Numerical studies of modified composite beams taking into account the physical nonlinearity of wood. News of higher educational institutions. Construction. 2023;(5):5–19. (In Russian). <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2023-773-5-5-19>
9. *Vdovin V.M., Ariskin M.V.* Bearing capacity of joints on glued washers when transferring forces along wood fibers. Privolzhsky scientific journal. 2009;(4):21–27. (In Russian).
10. *Vanin I.V., Ariskin M.V.* Joining of wooden structures using insert threaded steel washers. Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2022;35(4):30–39. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4\(35\)-30-39](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-4(35)-30-39)
11. *Todyshev S.S., Shatobin I.A.* The history of screw thread. In: Student: science, profession, life. Materials of the IX All-Russian student scientific conference with international participation. Part 4 (natural and formal sciences). Omsk: Omsk State Transport University; 2022, pp. 177–184. (In Russian).
12. *Yuzbashiev B.R., Panshina E.V.* Threaded connections. In: Theoretical and practical aspects of the development of modern science: theory, methodology, practice. Collection of scientific articles based on the materials of the IX International Scientific and Practical Conference. Ufa: Scientific Publishing Center "Vestnik nauki"; 2022, pp. 90–95. (In Russian).
13. *Ariskin M.V., Martyshkin D.O.* Connections on glued fiberglass washers in wooden structures. Regional Architecture and Engineering. 2022;(2):96–103. (In Russian). https://doi.org/10.54734/20722958_2022_2_96
14. Rostekhnadzor letter dated 08/14/2012 N 00-02-05/2054 "On SRO standards developed by NOSTRA" [internet]. Available at: <https://legalacts.ru/doc/pismo-rostekhnadzora-ot-14082012-n-00-02-052054-o/> (In Russian).
15. *Ariskin M.V., Vanin I.V.* Connection of wooden structures on steel washers with internal thread. Regional Architecture and Engineering. 2022;(4):84–89. (In Russian). https://doi.org/10.54734/20722958_2022_4_84

16. Yudaev N.V., Denisov R.A., Eliseev I.I. To determine the tightening force of a threaded connection. In: Problems of efficiency and operation of automotive equipment. Materials of the XXXV International Scientific and Technical Conference named after V.V. Mikhailov. Iss. 35. Saratov: Amirit Publ.; 2022, pp. 141–146. (In Russian).
17. Sergeeva V.V., Timchenko N.A., Novechenok A.P. Wood moisture as a physical factor. In: Agro-industrial complex: problems and prospects of development. Materials of the All-Russian scientific and practical conference. Vol. 2. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University; 2022, pp. 359–364. (In Russian).
18. Schmidt A.B., Grunichev D.V., Grunichev V.S. The use of a stud with metric thread along the entire length as a nail in nail joints of wooden structures. In: Innovations in wooden construction. Materials of the 12th International Scientific and Technical Conference. St. Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; 2023, pp. 18–27. (In Russian).
19. Turkovsky S.B., Pogoreltsev A.A., Stoyanov V.O. Experience in the operation of large-span glued wooden structures with TSNIISK system nodes. Structural Mechanics and Analysis of Constructions. 2022;[6]:61–68. (In Russian). <https://doi.org/10.37538/0039-2383.2022.6.61.68>
20. Storodubtseva T.N., Nedorezova A.R. The influence of water on the strength and elastic characteristics of pine wood. In: Scientific mechanisms for solving problems of innovative development. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Part 2. Ufa: Omega Sains Publ.; 2017, pp. 80–83. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Илья Владимирович Ванин , аспирант кафедры строительных конструкций, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

e-mail: ya.vanin94@yandex.ru

тел.: +7 (927) 091-81-96

Ilya V. Vanin , Postgraduate student, Department of Building Structures, Penza State University of Architecture and Construction, Penza

e-mail: ya.vanin94@yandex.ru

tel.: +7 (927) 091-81-96

Максим Васильевич Арискин, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных конструкций, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

e-mail: m.v.ariskin@mail.ru

тел.: +7 (927) 374-25-44

Maxim V. Ariskin, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of Building Structures, Penza State University of Architecture and Construction, Penza

e-mail: m.v.ariskin@mail.ru

tel.: +7 (927) 374-25-44

 Автор, ответственный за переписку / Corresponding author