Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2025, Том 17, № 4 / 2025, Vol. 17, Iss. 4 https://esj.today/issue-4-2025.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/36SAVN425.pdf

2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Филисюк, В. Г. Деформативность и несущая способность нагельных соединений деревянных конструкций с нагелями из стеклокомпозитной арматуры / В. Г. Филисюк, В. А. Демин, А. А. Ефимов, Н. Ю. Худышкина // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 4. — URL: https://esj.today/PDF/36SAVN425.pdf.

For citation:
Filisyuk V.G., Demin V.A., Efimov A.A., Hudyshkina N.Yu. Deformability and bearing capacity of dowel joints of wooden structures with dowels made of fiberglass reinforcement. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(4): 36SAVN425. Available at: https://esj.today/PDF/36SAVN425.pdf. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 624.011.14

Филисюк Владимир Гаврилович
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: vladimirfg1953@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=815562

Демин Владимир Анатольевич
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: biven12@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=309770

Ефимов Александр Алексеевич
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: ber771@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=755962

Худышкина Наталья Юрьевна
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Старший преподаватель
E-mail: natyna@inbox.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=756508

Деформативность и несущая способность нагельных соединений деревянных конструкций с нагелями из стеклокомпозитной арматуры

Аннотация. В статье приведен краткий обзор традиционных материалов, используемых в качестве соединительных элементов податливых соединений деревянных конструкций (сталь, стеклопластик, углепластик). Традиционные материалы имеют различную стойкость к воздействию химически агрессивных сред, поэтому области их применения могут быть различны. Высокой степенью стойкости к химически агрессивному воздействию обладают полимерные композиты (стеклопластик, углепластик, пластик древесный слоистый), что

позволяет успешно их использовать в конструкциях зданий, технологические процессы в которых связаны с высокой степенью химической агрессивности среды. Стальная арматура, стеклопластик, древесно-слоистый пластик и даже углепластик давно используются для изготовления цилиндрических нагелей в узлах деревянных конструкций, их несущая способность в качестве рабочих связей податливых соединений достаточно исследована. Авторы предлагают использовать в качестве таких соединительных элементов стержни стеклопластиковой арматуры как материала, также обладающего высокой степенью стойкости к химически агрессивному воздействию. Существенным преимуществом данного материала является его сравнительно невысокая стоимость. В актуальной нормативной документации отсутствует формула расчета несущей способности соединений с нагелями из этого материала, поскольку традиционной областью его применения является армирование бетонных конструкций, что обусловлено физико-механическими свойствами этого материала. В данном исследовании сделана попытка подобрать наиболее подходящую формулу расчета несущей способности из имеющихся в актуальной нормативной документации, основываясь на результатах лабораторного испытания образцов соединений с нагелями из стеклокомпозитной арматуры и на сопоставимости физико-механических свойств этого материала со свойствами других известных материалов. Наиболее подходящим аналогом стеклокомпозитной арматуры с точки зрения работы в качестве цилиндрического нагеля и расчета его несущей способности является пластик древесный слоистый.

Ключевые слова: податливые соединения деревянных конструкций; химически агрессивная среда; полимерные композиты; несущая способность нагельных соединений; лабораторные испытания нагельных соединений; стеклокомпозитная арматура

Введение

Конструкции из клееной древесины с использованием пластмасс стали широко применяться в различных отраслях народного хозяйства нашей страны с начала 1960-х годов. Это объясняется сопоставимостью физико-механических свойств этих материалов в совокупности с доступностью древесины в нашей стране, а также разнообразием форм и размеров поперечных сечений, получаемых из древесины. Достоинства конструкций, созданных на основе комбинирования данных материалов, подтверждаются их многолетним практическим использованием, а также рядом научных исследований.

С точки зрения коррозионной стойкости в условиях химической агрессии эксплуатационная надежность древесины достаточно высока. Однако традиционным материалом для изготовления соединительных элементов в узлах деревянных конструкций является сталь — материал, чья коррозионная стойкость значительно ниже, чем у древесины. Данное обстоятельство вынуждает снижать возможный срок эксплуатации деревянных конструкций либо предъявлять повышенные требования к контролю состояния узлов со стороны эксплуатирующих организаций [1].

Практика использования древесины в сочетании с полимерными композитными материалами показывает ее эффективность в самых разных направлениях. Наиболее исследованным к настоящему времени направлением является применение полимерных композитов в качестве стержней для армирования клееных деревянных конструкций [2; 3]. Есть исследования, доказавшие возможность и эффективность применения арматуры из полимерных композитных материалов в балках из клееного бруса, в некоторых случаях даже с предварительным напряжением [4].

Одним из наиболее важных свойств полимерных композитных материалов, работающих совместно с древесиной, является их стойкость к воздействию химически агрессивных сред [5].

Это свойство особенно актуально для несущих конструкций зданий и сооружений, технологические процессы в которых связаны с высокой степенью химической агрессивности среды: заводы по производству и склады хранения минеральных удобрений, различных химических реагентов, животноводческие предприятия. Мировой опыт применения древесины в сочетании с полимерными композитными материалами в конструкциях таких зданий и сооружений подтверждает их эффективность. Но и в этом эффективном сочетании «древесина — полимерные композиты» пока исследованы не все материалы, использование которых позволит оптимизировать показатель «цена-качество» для зданий, эксплуатируемых в условиях химически агрессивных сред.

В работе [6] выполнена экспериментальная оценка работы соединений деревянных конструкций на стеклопластиковых нагелях в сравнении с работой соединений на стальных нагелях и сделан вывод о соотношении прочностей этих соединений. В работе [7] приведены сведения о коррозионных процессах и влагонасыщении клееных деревянных конструкций и узлов их стыка при воздействии совокупности агрессивных факторов среды. В работе [8] анализируется и оценивается с точки зрения стоимости опыт использования в узлах клееных деревянных конструкций целого ряда полимерных композитных материалов: стеклопластика, углепластика, а также стеклокомпозитной арматуры (далее — АСК). Так, стоимость стержневых элементов из стеклопластика АГ-4С, древесно-слоистого пластика (далее — ДСП-Б), а также углепластика достаточно высока. По различным источникам стоимость стержней из углепластика превышает стоимость стержневых элементов из стеклопластика АГ-4С и древесно-слоистого пластика ДСП-Б в 2–3 раза, стоимость стальных стержней — в 7–10 раз, а стоимость стержней из стеклокомпозитной арматуры — в 10–15 раз. Приведенное соотношение стоимостных показателей в современных условиях является важным фактором.

Материалы рабочих связей соединений деревянных конструкций

Стальная арматура А240, стеклопластик АГ-4С, древесно-слоистый пластик ДСП-Б и даже углепластик давно используются для изготовления цилиндрических нагелей в узлах деревянных конструкций, их несущая способность в качестве рабочих связей податливых соединений достаточно исследована. Данные о несущей способности по изгибу нагелей из стальных, стеклопластиковых и древеснопластиковых стержней в таких соединениях представлены в таблице 18[1] (далее — СП 64), по изгибу нагелей из углепластиковых стержней — в публикациях соответствующих экспериментальных исследований [9]. Данные о несущей способности по изгибу нагелей, выполненных из стеклокомпозитной арматуры, пока отсутствуют, поскольку в настоящее время основная область применения этого материала традиционна — это армирование бетонных, а также дощатоклееных конструкций.

Традиционное применение арматуры композитной полимерной (далее — АКП) объясняется физико-механическими свойствами этого материала. В соответствии с государственным стандартом [2] такая арматура классифицируется по типу непрерывного армирующего наполнителя. АСК как один из видов АКП имеет следующие физико-механические характеристики: предел прочности при растяжении — 800 МПа, предел прочности при сжатии — 300 МПа. Нормативная документация не содержит информации о пределе прочности этого материала при изгибе, поэтому для оценки этой прочности принимается предел прочности при сжатии как наименьший из двух — при растяжении и при сжатии.

[1] СП 64.13330.2017. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции».

[2] ГОСТ 31938-2012. Межгосударственный стандарт «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия».

Пластик древесный слоистый в соответствии с государственным стандартом[3] имеет следующие расчетные характеристики, полученные для стеклопластиков с равным соотношением продольных и поперечных стекловолокон: предел прочности при растяжении — 255 МПа, предел прочности при сжатии — 157 МПа, предел прочности при изгибе — 274 МПа.

Исходя из приведенных данных о сопротивлении изгибу АСК и ДСП-Б, можно сделать вывод о сопоставимости этих данных и предположить, что в качестве материала рабочей связи нагельного соединения эти материалы будут вести себя примерно одинаково. Следовательно, для определения несущей способности нагельных соединений по изгибу нагеля из АСК можно будет использовать формулы, приведенные в таблице 18 СП 64 для ДСП-Б.

Лабораторные испытания образцов нагельных соединений

Схемы подготовленных для испытаний образцов нагельных соединений представлены на рисунке 1. Сами образцы, установленные в испытательный пресс, представлены на рисунках 2, 3. Соединения на нагелях всех видов являются податливыми, поскольку допускают взаимный сдвиг соединяемых элементов. Испытанные соединения являются симметричными, поскольку относительно оси действующей нагрузки симметричны все параметры соединения: толщины крайних элементов, швы сплачивания, а сама ось действующей нагрузки совпадает с осью среднего элемента.

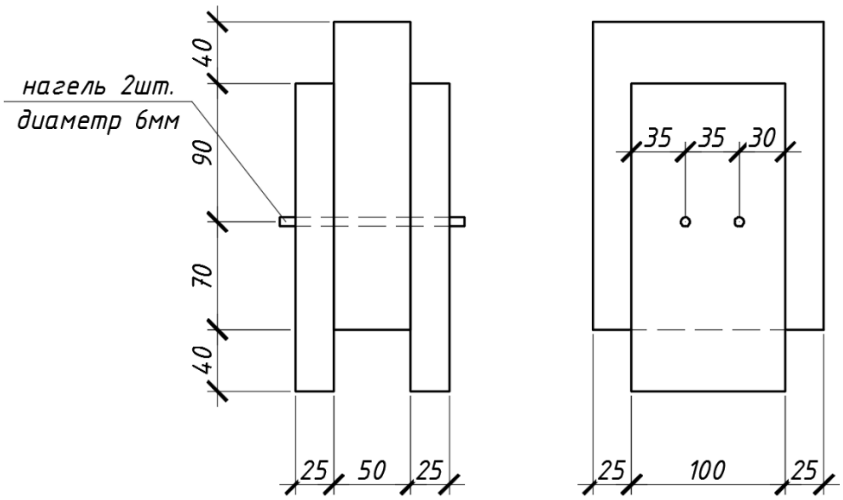

Рисунок 1. *Схема подготовленных для испытаний образцов (нарисовано автором)*

Крайние элементы образцов соединений выполнены из досок сосны 2-го сорта толщиной 25 мм, средние элементы — из досок сосны 2-го сорта толщиной 50 мм, нагели выполнены из материалов двух видов (в каждом образце материал нагеля один и тот же) и имеют диаметр 6 мм. Каждый образец имеет минимально требуемое количество нагелей — 2. Расстановка нагелей отвечает требованиям СП 64 в части минимальных расстояний между осями цилиндрических нагелей и до кромки элемента. Средний элемент обоих образцов заранее сдвинут относительно крайних на значительную величину. В процессе испытания нагрузка от пресса будет прикладываться к крайним элементам, а средний элемент будет оставаться в покое. Именно за счет этого будет осуществляться взаимный сдвиг среднего и крайних элементов, и именно для этого нужна свобода перемещения. При такой схеме работы соединения количество швов сплачивания равно 2.

[3] ГОСТ 13913-78. Государственный стандарт Союза ССР «Пластики древесные слоистые (ДСП). Технические условия».

Для испытания были подготовлены следующие образцы:

- Образец № 1 и образец № 2 — нагели выполнены из стальной арматуры А240 диаметром 6 мм. Данные образцы являются контрольными, поскольку их теоретическую несущую способность можно определить по формулам таблицы 18 СП 64.
- Образец № 3 и образец № 4 — нагели выполнены из стеклокомпозитной арматуры АСК-6-800/50. В СП 64 отсутствуют формулы для определения несущей способности таких соединений, именно их несущая способность является объектом исследования.

Рисунок 2. *Образец № 1 перед испытанием:*
нагель — из стальной арматуры А240 диаметром 6 мм (фото автора)

Рисунок 3. *Образец № 4 перед испытанием: нагель — из*
стеклокомпозитной арматуры АСК-6-800/50 — 31938-2012 (фото автора)

Лабораторные испытания образцов соединений выполнялись на гидравлическом испытательном прессе ИП-500М-авто непрерывно возрастающей нагрузкой до полной потери образцами несущей способности. Пресс оснащен специализированной автоматизированной системой цифрового измерения и управления ASTM-Digital «Профессиональный», что позволило в реальном времени получать графики деформирования, необходимые для оценки деформативности и несущей способности образцов соединений.

В СП 64 есть указание на то, что в качестве факта полного использования несущей способности податливого соединения принимается предельная деформация сдвига, величины которой для разных видов податливых соединений приведены в таблице 17 СП 64. Такая норма основана на экспериментально-теоретическом методе, представленном в [10]. Согласно этому методу нагель работает как гибкий стержень, лежащий на упругом основании — древесине нагельного гнезда. Свойства материала нагеля идеализируются до упругопластичного материала с выраженными участками упругой и пластической работы и резким переходом от упругой стадии к пластической. Напряжения на участке пластичности (предельные напряжения) принимаются равными: для нагеля — пределу текучести материала нагеля, для древесины — равными расчетному сопротивлению древесины смятию.

Реальное поведение нагеля в соединении отличается от идеального наличием плавного перехода от упругой работы к пластической, что свидетельствует об упругопластической работе соединения. Каждый из этих участков характеризуется определенной степенью надежности работы соединения, а точнее — возможностью контроля деформаций сдвига: на упругом участке рост деформаций прямо пропорционален росту нагрузки, то есть работа соединения максимально надежна, на упругопластическом участке деформации растут быстрее роста нагрузки, а на пластическом участке деформации становятся неконтролируемыми. В качестве критерия надежности работы соединения принимается такая величина деформации сдвига, при которой работа соединения может считаться достаточно надежной, а сами деформации — контролируемыми.

На основании вышеизложенного можно заключить, что именно оценка деформативности испытываемых образцов соединений приводит к выводам относительно их несущей способности. В соответствии с теорией [10] были определены величины предельной деформации для различных видов соединений. Для нагельных соединений всех видов эта величина составляет 2 мм в соответствии с таблице 17 СП 64. В связи с этим в качестве результатов лабораторных испытаний для каждого образца соединений рассматривались 2 события:

- достижение деформацией взаимного сдвига соединяемых элементов предельной величины 2 мм (полное использование несущей способности или расчетная несущая способность соединения);
- непрерывный рост деформации взаимного сдвига соединяемых элементов при неизменной величине нагрузки (полная потеря несущей способности соединения).

Экспериментальное значение несущей способности образцов соединений

По каждому виду соединений были испытаны 2 образца. Результаты испытаний в каждой паре отличаются незначительно. Для оценки несущей способности использованы результаты испытаний образца № 1 и образца № 4 как минимальные в каждой паре, эти результаты представлены на рисунке 4. Каждый график зависимости деформаций сдвига соединяемых элементов от приложенной нагрузки имеет 4 участка, характерных для испытания соединений на цилиндрических нагелях. 1 участок — рост «рыхлых» деформаций при

отсутствии роста нагрузки. Такое поведение соединения объясняется влиянием различных неплотностей соединения, из-за которых движение пресса не встречает сопротивления материалов, входящих в соединение. Деформация, достигнутая на этом участке, из расчета исключается. 2 участок — рост упругих деформаций, когда деформации растут прямо пропорционально росту нагрузки. В пределах этого участка материалы соединения сопротивляются движению пресса: нагель изгибается и сминает древесину нагельного гнезда.

3 участок — упругопластическая работа, когда деформации начинают расти быстрее роста нагрузки, но сопротивление материалов пока еще позволяет этот рост контролировать. 4 участок — пластическая работа, когда деформации продолжают расти без роста нагрузки, то есть рост деформаций становится неконтролируемым.

Для определения экспериментального значения нагрузки, приведшей к полному использованию несущей способности соединений, на графиках деформирования были выделены участки упругой работы, в пределах которых деформация сдвига достигла 2 мм. Для образца № 1 (нагель из стали А240) эта нагрузка составила 5,3 *кН*, для образца № 4 (нагель из АСК) — 3,2 *кН*.

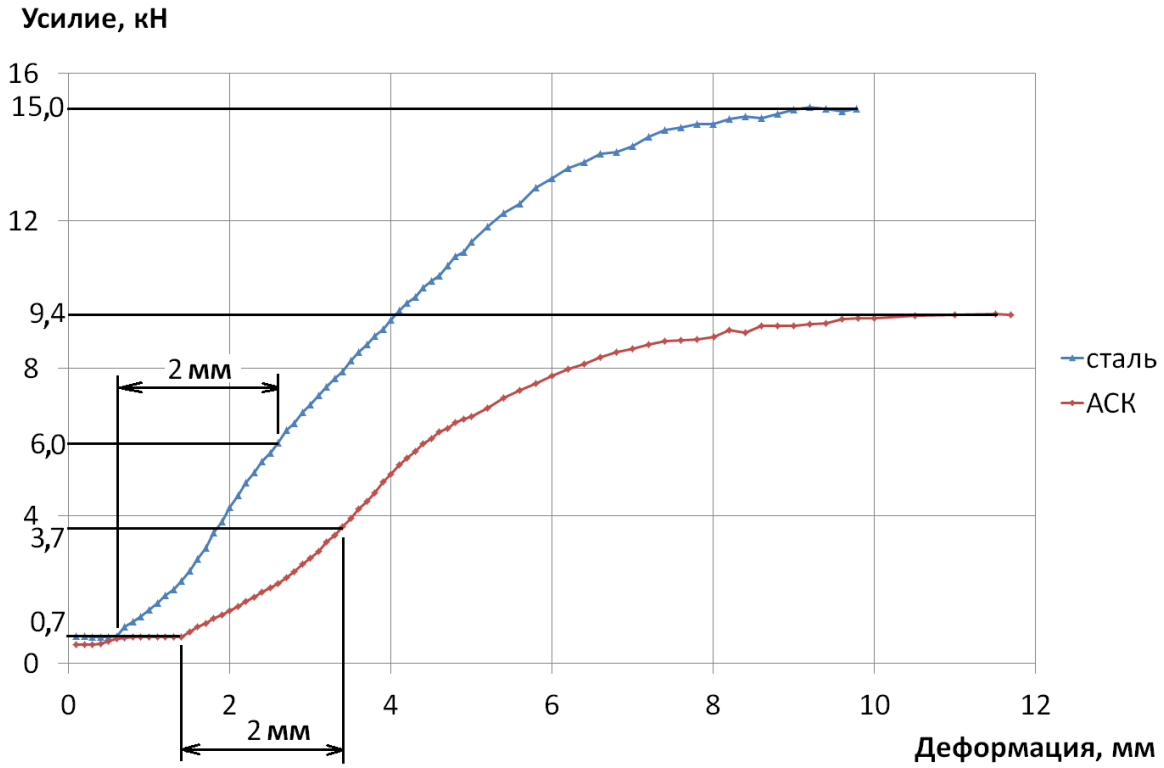

Рисунок 4. *Графики зависимости деформаций сдвига элементов в образцах № 1 (сталь) и № 4 (АСК) (построено автором)*

Расчетное значение несущей способности образцов соединений

За расчетное значение несущей способности соединений принимается значение нагрузки, вызвавшей деформацию сдвига величиной 2 мм. В соответствии с СП 64 полная расчетная (теоретическая) несущая способность нагельного соединения может быть определена по формуле:

$$T = T_{min} n_н n_ш,$$

где:

T_{min} — минимальная несущая способность одного нагеля на один шов сплачивания (условный срез), *кН*;

$n_н$ — количество нагелей в соединении;

$n_ш$ — количество условных срезов одного нагеля.

Несущие способности по условию смятия древесины для любого симметричного соединения с нагелями из любого материала, за исключением дубовых нагелей, определяются по одинаковым формулам, приведенным в актуальной нормативной документации[4]:

$$T_{см}^{кр} = 1{,}2ad = 1{,}2 \cdot 2{,}5 \cdot 0{,}6 = 7{,}5\ кН —$$

несущая способность по смятию крайнего элемента, где:

$a = 2{,}5\ см$ — толщина крайнего элемента;

$d = 0{,}6\ см$ — диаметр нагеля.

$$T_{см}^{ср} = 0{,}75cd = 0{,}75 \cdot 5 \cdot 0{,}6 = 18{,}75\ кН —$$

несущая способность по смятию среднего элемента, где:

$c = 5\ см$ — толщина среднего элемента;

$d = 0{,}6\ см$ — диаметр нагеля.

Для нагеля из стали А240 несущая способность одного нагеля на один шов сплачивания по изгибу нагеля была определена в соответствии с таблицей 18 СП 64:

$$T_и = 2{,}2d^2 + 0{,}025a^2 = 2{,}2 \cdot 0{,}6^2 + 0{,}025 \cdot 2{,}5^2 = 0{,}948\ (кН),$$

но не более $T_и' = 3{,}1d^2 = 3{,}1 \cdot 0{,}6^2 = 1{,}116(кН)$.

Полная расчетная несущая способность соединения с нагелями из стали А240 равна:

$$T_{сталь} = 0{,}948 \cdot 2 \cdot 2 = 3{,}79\ (кН).$$

С учетом сопоставимости механических характеристик стеклопластиковой арматуры и древесно-слоистого пластика несущая способность одного нагеля на один шов сплачивания по изгибу нагеля для нагеля из АСК была определена как для нагеля из древесно-слоистого пластика ДСП-Б в соответствии с таблицей 18 СП 64:

$$T_и = d^2 + 0{,}025a^2 = 0{,}6^2 + 0{,}025 \cdot 2{,}5^2 = 0{,}516(кН),$$

но не более $T_и' = 1{,}5d^2 = 1{,}5 \cdot 0{,}6^2 = 0{,}54(кН)$.

Полная расчетная несущая способность соединения с нагелем из ДСП-Б равна:

$$T_{ДСП-Б} = 0{,}516 \cdot 2 \cdot 2 = 2{,}07\ (кН).$$

Результаты исследования и выводы

Результат сравнения экспериментального значения несущей способности образца № 1 (нагель из стали) с ее расчетным значением следующий:

$$T_{сталь}^{эксп} = 5{,}3\ кН > T_{сталь}^{расч} = 3{,}79\ (кН),$$

[4] Изменение №1 к СП 64.13330.2017 (Актуализированная редакция «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции»).

то есть расчетное значение меньше экспериментального, что закономерно. Разница составляет 42 %.

Результат сравнения экспериментального значения несущей способности образца № 4 (нагель из ДСП-Б) с ее расчетным значением следующий:

$$T_{ДСП-Б}^{эксп} = 3{,}2\ кН > T_{ДСП-Б}^{расч} = 2{,}07\ (кН),$$

то есть расчетное значение также меньше экспериментального. Разница составляет 35 %, то есть для образца № 1 и образца № 4 разница между расчетным значением и экспериментальным примерно одинакова.

В данном исследовании сделана попытка оценить несущую способность нагельного соединения с нагелем из стеклопластиковой арматуры, поскольку для нагеля из такого материала отсутствует расчетная формула в таблице 18 СП 64. Сравнение результатов испытания исследуемого соединения и контрольного соединения, имеющего аналогичные параметры, за исключением только материала нагеля, указывает на возможность использования для оценки несущей способности исследуемого соединения формул, по которым определяется несущая способность по изгибу нагеля для одного нагеля на один шов сплачивания соединения с нагелями из древесно-слоистого пластика, а именно:

$$T_u = d^2 + 0{,}025a^2,$$

но не более $T_u' = 1{,}5d^2$.

Безусловно, для получения точных формул несущей способности, а также для достоверной оценки надежности соединений с нагелями из стеклопластиковой арматуры требуются дальнейшие исследования в этом направлении для учета влияния других параметров соединения — толщин соединяемых элементов и диаметров нагелей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водянников, М.А. Оценка влияния агрессивной среды на долговечность клееных деревянных конструкций / М.А. Водянников, Г.Г. Кашеварова // Строительство и реконструкция. — 2017. — № 1(69). — С. 98–103. — URL: https://construction.elpub.ru/jour/article/view/14 (дата обращения: 25.07.2025).
2. Исследования клееных армированных деревянных конструкций / Х.М. Муселемов, О.М. Устарханов, М.Х. Калиева, Р.М. Манапов // Наука в цифрах. — 2016. — № 1. — С. 10–13. — URL: https://interactive-plus.ru/e-articles/324/Action324-114936.pdf (дата обращения: 25.07.2025). DOI: 10.21661/r-114936.
3. Прощенко, Е.А. О технологии армирования клееной древесины путем вдавливания стеклопластиковой арматуры в процессе прессования ламелей / Е.А. Прощенко, С.В. Цыбакин, А.А. Титунин // Тенденции развития науки и образования. — 2022. — № 86-2. — С. 94–96. — URL: https://doicode.ru/doifile/lj/86/lj06.2022_p2.pdf (дата обращения: 25.07.2025). DOI: 10.18411/trnio-06-2022-74.
4. Huifeng Yang, Dongdong Ju, Weiqing Liu, Weidong Lu. Prestressed glulam beams reinforced with CFRP bars // Construction and Building Materials. — 2016. — № 109. — С. 73–83. (дата обращения: 25.07.2025).
5. Демешкин, А.Г. Влияние агрессивной щелочной среды на прочностные свойства технических волокон / А.Г. Демешкин, А.А. Шваб // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические

науки. — 2013. — № 2(31). — С. 36–41. URL: https://www.mathnet.ru/links/4727e86a1f234df5ba7d7313df784587/vsgtu1204.pdf (дата обращения: 25.07.2025). DOI: https://doi.org/10.14498/vsgtu1204.

6. Харламова, А.С. Оценка работы соединений деревянных конструкций на стеклопластиковых и стальных нагелях / А.С. Харламова, А.А. Улько // Синергия Наук. — 2019. — № 31. — С. 783–789. — URL: http://synergy-journal.ru/archive/article3800 (дата обращения: 25.07.2025).

7. Водянников, М.А., Воробьев А.В. Оценка работы соединений деревянных конструкций на стальных и углепластиковых цилиндрических нагелях // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. — 2017. — № 1. — С. 159–169. URL: https://vestnik.pstu.ru/urbanistic/archives/?id=&folder_id=6445 (дата обращения: 25.07.2025). DOI: 10.15593/2409-5125/2017.01.14.

8. Салех, М.М. Сравнительный анализ деформативности и несущей способности стальных и полимерных нагельных стержней / М.М. Салех, В.Г. Филисюк // Инновации в современной науке: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Прага, 30 ноября 2021 года. — Нефтекамск: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2021. — С. 33–40. — URL: http://science-peace.ru/files/ISN_2021.pdf (дата обращения: 25.04.2025).

9. Водянников, М.А. Деформативность и несущая способность узлов стыка деревянных конструкций на стальных и углепластиковых нагелях / М.А. Водянников, Г.Г. Кашеварова, П.С. Штро // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. — 2017. — Т. 2. — С. 50–56. — URL: http://sbornikstf.pstu.ru/council/?n=9&s=521 (дата обращения: 25.04.2025).

10. Коченов В.М. Несущая способность элементов соединений деревянных конструкций. М.: Госстройиздат, 1953. — 320 с.

Filisyuk Vladimir Gavrilovich
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: vladimirfg1953@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=815562

Demin Vladimir Anatolyevich
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: biven12@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=309770

Efimov Aleksandr Alekseevich
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: ber771@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=755962

Hudyshkina Natalya Yuryevna
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: natyna@inbox.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=756508

Deformability and bearing capacity of dowel joints of wooden structures with dowels made of fiberglass reinforcement

Abstract. The article provides a brief overview of traditional materials used as connecting elements of flexible joints of wooden structures (steel, fiberglass, carbon fiber). Traditional materials have different resistance to chemically aggressive environments, so their areas of application may be different. Polymer composites (fiberglass, carbon fiber, laminated wood plastic) have a high degree of resistance to chemically aggressive effects, which allows them to be successfully used in building structures, the technological processes of which are associated with a high degree of chemical aggressiveness of the environment. Steel reinforcement, fiberglass, wood-laminated plastic and even carbon fiber have long been used to make cylindrical dowels in timber structure joints, and their load-bearing capacity as working connections of flexible joints has been sufficiently studied. The authors propose using fiberglass reinforcement rods as such connecting elements, as a material that also has a high degree of resistance to chemically aggressive effects. A significant advantage of this material is its relatively low cost. The current regulatory documentation does not contain a formula for calculating the load-bearing capacity of connections with dowels made of this material, since its traditional area of application is the reinforcement of concrete structures, which is due to the physical and mechanical properties of this material. In this study, an attempt was made to select the most suitable formula for calculating the load-bearing capacity from those available in the current regulatory documentation, based on the results of laboratory testing of samples of connections with dowels made of glass composite reinforcement and on the comparability of the physical and mechanical properties of this material with the properties of other known materials. The most suitable analogue of glass composite reinforcement in terms of operation as a cylindrical dowel and calculation of its load-bearing capacity is laminated wood plastic.

Keywords: flexible connections of wooden structures; chemically aggressive environment; polymer composites; load-bearing capacity of dowel connections; laboratory tests of dowel connections; fiberglass reinforcement