

Connections of Wooden Elements with Steel Rods Glued Into Them Along the Fibers

Ganiev Jahongir Nabievich, Atabaev Kadir Kakharovich, Omonov Daler Davronovich
Samarkand State Architectural and Construction Institute, Uzbekistan

Annotation: The design solutions of the nodal joints indicate that the joints on the glued rods are found in almost all types of wooden elements: columns, frames, arches. In addition, wooden elements are joined through rods with reinforced concrete or steel elements, while it is possible to note the versatility of the joints on the glued rods.

A classified analysis of existing design solutions for nodal connections on glued-in rods is given. Research objectives are formulated.

Keywords: structure, wood, connection, load, moment, reinforcement, knot, force, span, fibers.

Введение. Эффективность деревянных конструкций повышается с увеличением их пролетов[2]. При этом увеличение пролетов и высот зданий достигается за счет возрастания расчетных усилий в конструктивных элементах. В связи с этим, основной проблемой является не только разработка конструкций элементов, но и доступных конструктивных узловых соединений.

Традиционные решения узлов соединений, например, на болтах, нагелях из стали и стеклопластика, на зубчатых пластинах, когтевых шайбах из-за большой податливости в вышеизложенных случаях не всегда возможны для сопряжения элементов. Все это привело к необходимости разработки и более эффективных видов узловых соединений деревянных конструкций.

Среди новых видов соединений, позволяющих создавать узлы, большой несущей способности и жесткости, наиболее перспективными являются соединения на клеенных в древесину стальных стержнях. Разработка и производство водостойких клеев на основе эпоксидных смол, а также достаточное сцепление с древесиной и металлом способствовали появлению такого вида соединения.

Многообразные возможные виды соединений деревянных элементов на клеенных стержнях отличаются по несущей способности и жесткости в зависимости от клейки стержней относительно направления волокон древесины и их размещения в объеме деревянных элементов, а также вида и положения прикладываемого, к стержню, усилия. Последние два условия, на наш взгляд имеют значительное влияние на напряженно-деформированное состояние соединений.

Методы исследования. Для анализа существующих конструктивных разработок соединений на клеенных стальных стержнях (СВС) и их достаточного представления при написании обзора воспользуемся классификацией [3], по следующим характерным признакам:

- по схеме нагрузки (к средней части, к свободному концу, к двум концам), а также по направлению приложения усилий к стержню (под углом, сносно или перпендикулярно к ним);
- по схеме сопряжения с древесиной (внутри объема, на поверхности), а также по направлению волокон (вдоль, поперек и под углом к нему).

Система классификации в табличной форме приведена в табл. 1.1. Знаком плюсом (+) в ней отмечена положительная оценка по возможности использования, знаком минусом (-) – отрицательная.

В обзоре освещаются конструктивные решения узловых соединений, вклеенных вдоль волокон древесины – в соответствии с темой данной исследования.

Кроме того, не рассматриваются соединения на вклеенных стальных резьбовых болтах и стеклопластиковой арматуре. Предполагается, что эти соединения имеют свою особую специфику при изготовлении и напряженном состоянии.

Таблица 1.1

схемы нагру- зки схемы сопряже- ния с	а	б	в	г	д	е
	+	—	—	—	—	—
	+	—	+	+	—	—
	+	+	—	—	+	+
	+	+	—	—	+	+

Применение соединения на вклеенных стержнях в деревянных конструкциях является молодым направлением в области узловых соединений. Несмотря на это, соединения на вклеенных стержнях достаточно хорошо исследованы.

В работах[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10] отмечается ряд положительных свойств, относящихся к соединениям на арматурных стержнях, вклеенных в древесину вдоль волокон, а также определяются прочность и долговечность соединений при условии кратковременного и длительного действия нагрузки.

Кроме того, в работах изучено влияние температуры и влажности воздуха на прочность сцепления и напряженно–деформированное состояние клеевого состава арматурного стержня с древесиной, предложены инженерные методы расчета соединений на стальных стержнях. Первые исследования относятся к 1967–1968 г.г.

Использование СВС для обеспечения заземления клееных колонн в фундаментах предложено в разработке ЦНИИПромзданий[4].

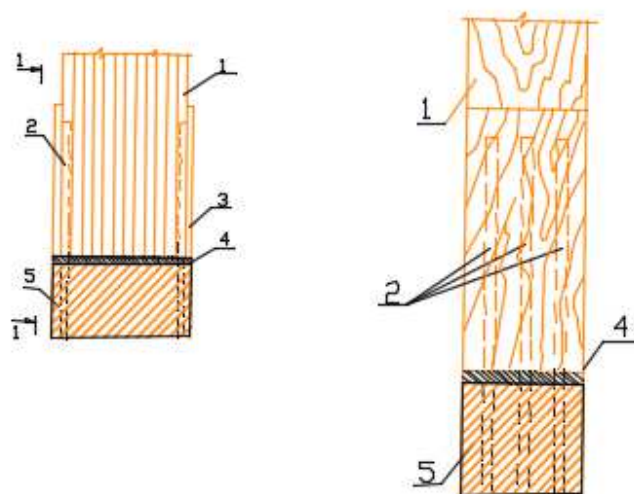


Рис. 1. Опорный узел колонны с использованием железобетонного элемента, прикрепляемого к колонне на клеенных стержнях (ЦНИИПромзданий): 1 – клееная колонна; 2 – клеенные стержни; 3 – защитная доска; 4 – разделительная металлическая пластина; 5 – железобетонный пенек.

Полученные результаты. Для унификации с опорными узлами железобетонных колонн клееная деревянная колона имеет железобетонную концевую часть, с выпусками арматурных стержней (рис.1). Соединение клееной колонны с железобетонной концевой частью производится клеей арматурных стержней в пазы, выбранные в колонне. Между клееной стойкой и железобетонным наконечником авторы предусмотрели прокладки в виде стального листа толщиной 20 мм. Возможность у сухесных трещин в месте сопряжения деревянной колонны с железобетонной частью, возможность несовпадения пазов в клееной колонне и арматурных выпусков, а также необходимость изготовления двух деталей колонн (собственно клееной колонны и железобетонного наконечника) на разных предприятия – создают трудности в реализации этого конструктивного решения.

Кафедрой конструкций из дерева и пластмасс НИСИ им. В.В.Куйбышева были разработаны сборные рамы из прямолинейных элементов двух вариантов: из блоков прямоугольного сечения, склеиваемых из досок (рис. 2, а) и клефанерных блоков (рис. 2, б) [5]. Узловые соединения впервые для рам были решены с применением клеенных стержней. Для дощатоклеенных рам растягивающее усилие, действующее в соединении ригеля со стойкой, передается на арматурные стержни, клеенные по наружной грани стойки. Стержни доведены до опорного узла для того, чтобы включить их общую работу стойки на сжатие с изгибом, хотя основное их назначение – восприятие растягивающего усилия. Узловая деталь ригеля также связана (сваркой) с арматурными стержнями, клееными на наружной поверхности ригеля. Их назначение – восприятие скатной составляющей от вертикального усилия, приложенного к детали и усиление ригеля в работе на изгиб и смятие.

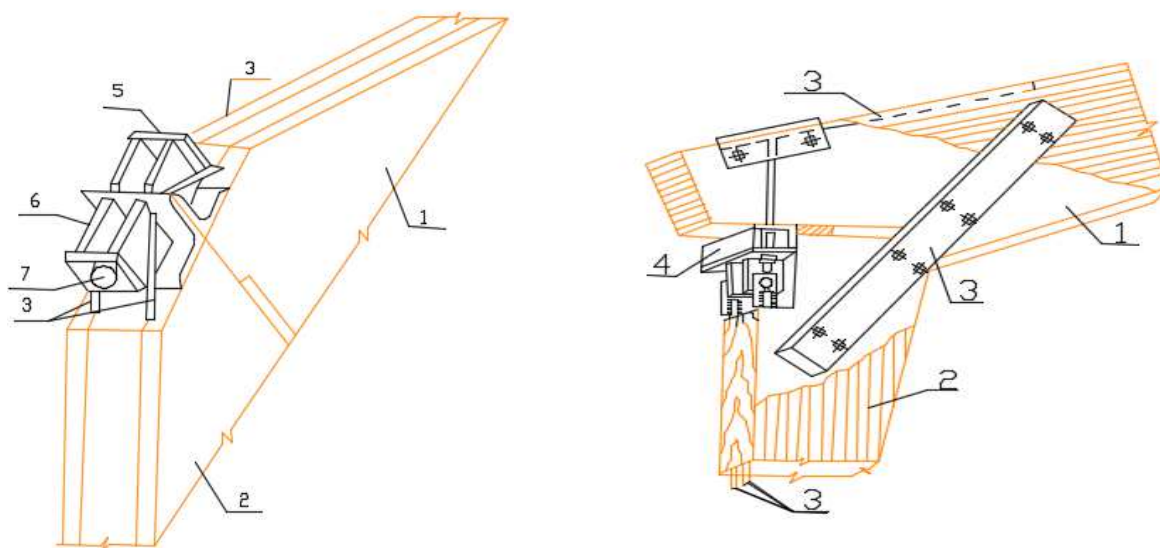


Рис.2 Карнизные узлы сборных рам из клееных (а) и клефанерных (б) блоков (НИСИ): 1 – ригель; 2 – стойка; 3 – вклеенные стержни; 4 – натяжное устройство; 5 – боковые накладки; 6 – стальные башмаки; 7 – стяжной болт

Карнизный узел рамы из клефанерных элементов иллюстрирует другую возможность конструктивного решения (оно может применяться и для дощатоклееных рам). Конструкция узла симметрична относительно биссектрисы угла между ригелем и стойкой; стальные башмаки, которыми снабжены оба элемента рамы, приварены к арматурным стержням, закрепленных в свою очередь на клею в пазах деревянных элементов. При сборке рамы башмаки соединяются стяжными болтами.

Конструкция сборно-разборной рамы [6] в основном повторяет решения рамы с карнизными узлами на СВС [5]. Карнизный узел в этом случае (рис. 3) решен так, чтобы полурамы для транспортировки можно было складывать в компактные отправочные марки. Благодаря шарнирам на внутреннем контуре. Для улучшения работы древесины на смятие под башмаки на наружном контуре вклеены стержни, направленные вдоль сминающей составляющей.

Проведены испытания рам на кратковременные нагрузки. Разрушающая нагрузка составила четыре расчетных, наблюдалось выдергивание штырей в растянутой зоне рам.

В клееных деревянных арках при больших пролетах появляется необходимость в монтажных стыках, которые располагают в зонах с невысокими значениями изгибающих моментов. Наиболее компактными и жесткими получаются стыки с помощью стальных стержней, вклеенных в древесину арок [1,2,3]. Общая оценка эффективности внедрения жестких монтажных стыков, клееных деревянных конструкций, подтверждается выборочными сравнительными расчетами арок, которые проводились в комплексе работ по исследованию жестких стыков фланцевого типа [7]. Для сравнения были выбраны арки кругового очертания пролетом 60 м и стрельчатые арки пролетом 24 м, каждая конструкция рассматривалась в двух вариантах: как трехшарнирная и как бесшарнирная.

Результаты сравнения, показывают, что при замене шарнирных узлов жесткими экономится 18–23% древесины.

Авторы испытали один из вариантов подобного соединения – жесткий узел фланцевого типа (рис. 4), при котором стальные штыри вклеивались в конструкцию в заводских условиях, а

монтажная сборка производилась при помощи болтов. Прочность фланцевого стыка проверялась на моделях – двух балках сечением 4,5х12 мм, пролетом 99 см с фланцевым стыком в середине пролета.

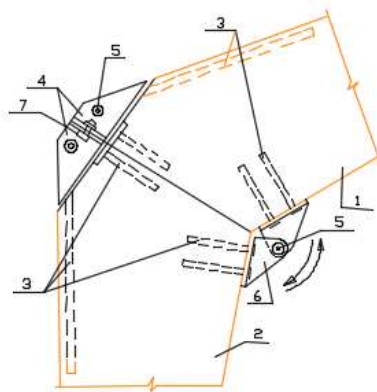


Рис. 3. Карнизный узел сборно-разборной рамы (ЦНИИСК): 1 – ригель; 2 – стойка; 3 – вклеенные стержни; 4 – металлические башмаки; 5 – валики; 6 – шарниры; 7 – стяжной болт

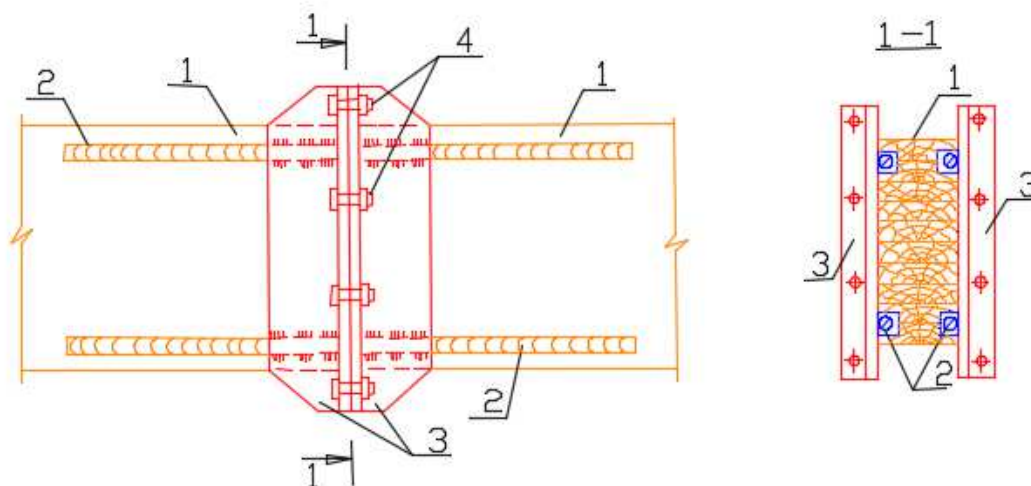


Рис.4. Жесткий узел фланцевого типа (ВЗИСИ): 1 – стыкуемые элементы арки; 2 – вклеенные стальные штыри; 3 – фланцы; 4 – стяжные болты

Разрушение балок произошло от скалывания древесины в зоне вклейки стальных стержней. Результаты проведенных испытаний подтверждают, что жесткие узлы фланцевого типа после дополнительной разработки и проверки могли бы найти применение в первую очередь в большепролетных арках, в том числе арках ломаного очертания и рамах составленных из прямолинейных элементов. Недостатками стыкового соединения являются возможность ослабления клеевого соединения древесины со стержнями трещинами в древесине и сколами по направлению вклейки стержней, сложность заполнения клеем отверстий, расположенных параллельно оси конструкций, неудовлетворительная работа стыка на восприятие изгибающих моментов.

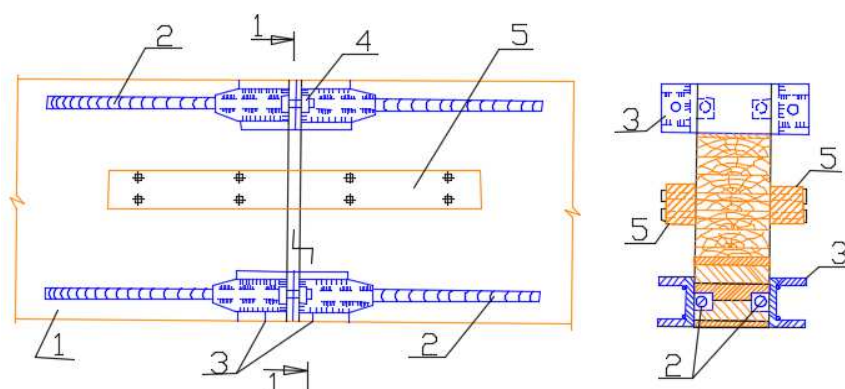


Рис. 5. Монтажный узел клееной арки (НИСИ): 1 – элементы арки; 2 – вклеенные стержни; 3 – сварные башмаки; 4 – стяжные болты; 5 – накладки

Другие варианты фланцевых соединений [5], не имея принципиальных отличий от рассмотренного, совершеннее по конструкции стыка: фланцы проектируются не общими, а отдельными для растянутой и сжатой зон (рис.5). Это позволяет избежать громоздких фланцев при больших высотах, упростить сборку узлов. Восприятие поперечной силы возлагается на двухсторонние деревянные накладки, обеспечивающие также устойчивость конструкции из ее плоскости и в месте стыка.

В лаборатории несущих деревянных конструкций ЦНИИСК имени Кучеренко разработанатрехшарнирная деревянная арка [3,8], каждая полуарка которой выполнена из отдельных элементов. В торцы элементов вклеены металлические штыри, на которых размещены, с возможностью перемещения, муфты (рис.6).

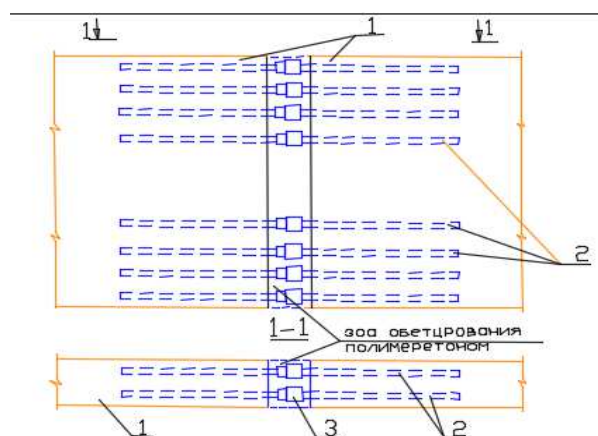


Рис.6.Монтажный стык трех шарнирная деревянная арка (ЦНИИСК): 1 – элементы арки; 2 – вклеенные металлические штыри; 3 – муфты

Поперечная сила по замыслу авторов должна восприниматься за счет адгезии полимербетонной замоноличивающей вставки к торцам соединяемых деревянных элементов. В этом случае передача усилий растяжения или сжатия на стержни производится соосно, без расцентровки, характерной для фланцевых соединений, и таким образом создаются благоприятные условия сочетания а1.

Приведены [8] исследования несущей способности предложенных клеештревых соединений для деревянных элементов прямоугольного сечения 170x1400 мм длиной 4105 мм при работе на поперечный изгиб. Проведенные экспериментальные исследования позволили установить,

что значительная часть усилий в клеештыревых соединениях воспринимается полимербетоном омоноличивания, а также подтвердили конструктивные и технологические преимущества мка по сравнению с фланцевым соединением. Стык элементов подкрепления на клеенных стержнях осуществлен в предложениях до усилению клееных деревянных арок для складов минеральных удобрений пролетом 45 м [9](рис.7).

СВС позволяют создавать узлы деревянных конструкций без открытых металлических деталей, что значительно повышает стойкость агрессивным воздействиям и огнестойкость. С учетом этого предлагается использовать клеештыревые соединения в узлах клееных деревянных арок [10] для складов минеральных удобрений.

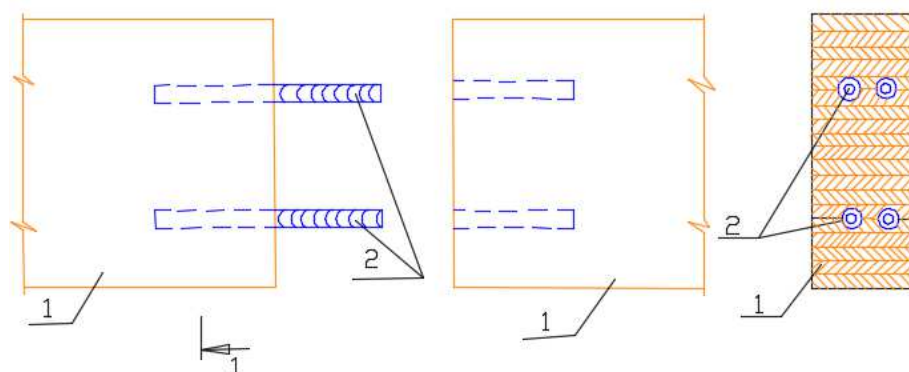


Рис.7. Конструкция стыка криволинейного элемента усиления (ЦНИИСК):

1 – элементы усиления; 2 – клеенные стальные стержни

Штыри представляют собой короткие стержни из арматурной стали периодического профиля класса 11–11, которые вклеиваются попарно по оси торцевых сечений в отверстия в древесине водостойким эпоксидным клеем (рис.8 а, б).

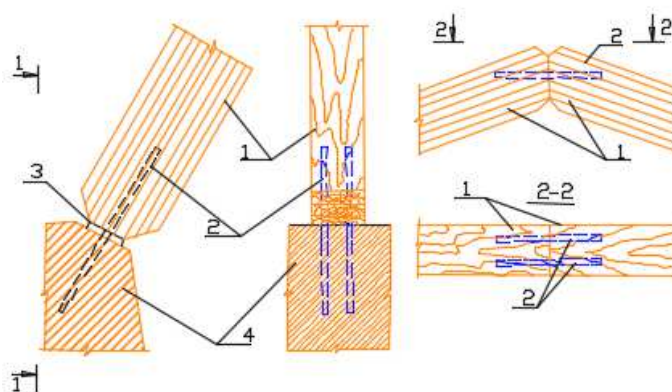


Рис.8. Монтажные стыки опорного (а) и конькового (б) узла арки (ВЗИСИ):

1 – элементы арки; 2 – клеенные стальные штыри; 3 – прокладки; 4 – фундамент

В коньковом узле штыри соединяют полуарки между собой, а опорных узлах – полуарки о бетонными фундаментами. В обоих случаях усилия воспринимаются, видимо, в основном упора – поэтому в коньковом узле по принятой классификации мы имеем сочетание е4, чем д4, а в опорном скорее сочетание е1, чем д1, таким образом, в обоих случаях имеют место односрезные клеенные нагели, но если в коньковом узле они направлены под углом к волокнам древесины (заметим, обычно нагели направлены поперек волокон), то в опорном

узле вдоль волокон. Из последнего обстоятельства следует, что несущая способность этих нагелей соответственно работой древесины на смятие поперек волокон и, соответственно, может быть только незначительной, не учитываемой ныне действующими нормами проектирования. Предполагается, что полуарки изготавливаются в заводских условиях, а сборка выполняется места их установки в горизонтальном положении вклейкой концов коньковых штырей и отверстия второй полуарка.

Были проведены испытания моделей узловых соединений арки клеестальных штырей в натуральную величину. Результаты этих испытаний показали, что данные соединения, рассчитанные по предлагаемым формулам, имеют необходимые запасы прочности.

В развитие этих исследований разработана распорная треугольная конструкция с деревянной затяжкой [11] (рис. 9). Все соединения решены на клеенных арматурных стержнях, класса А-11. Крепление верхних поясов друг к другу, выполненное стержнем, – в сочетании а4, а о деревянной затяжкой – 4. Сопряжение подвесок о поясом – комбинация а4, а с затяжкой а3. По мнению авторов, технология вклеивания стержней при сборке элементов арки требует особого подхода.

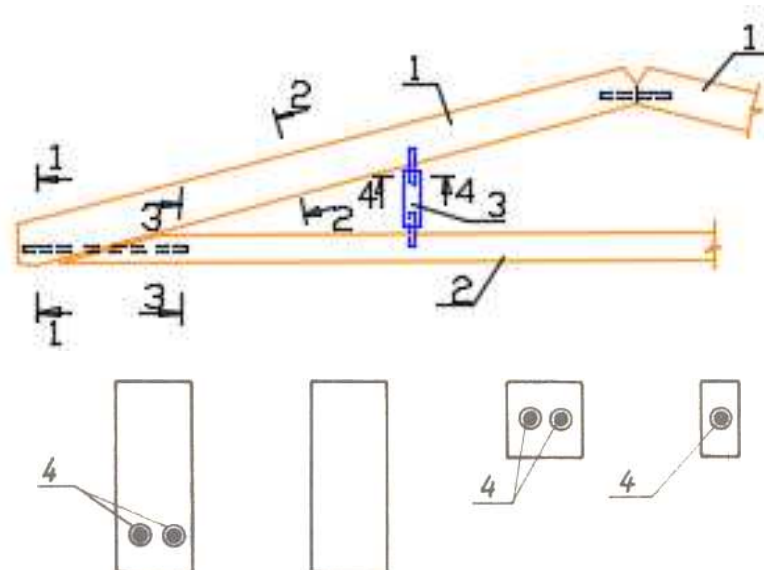


Рис. 9. Треугольная арка с деревянной затяжкой (ВЗИСИ):
1 – пояса; 2 – затяжка; 3 – подвеска; 4 – клеенные стержни

Несмотря на, это результаты испытаний показали, что коэффициент надежности составил 2,4 раза, а это гарантирует надежную службу при длительной эксплуатации арки.

Выводы. Давая оценку рассмотренным в обзоре конструктивным решениям можно отметить, что применение клеенных стержней охватывает почти все виды соединений в узлах деревянных конструкций. При этом во всех разработках стержни использовались для работы на выдергивание, за конец. Это ведет к резкому возрастанию касательных напряжений на участках клеевых швов, расположенных у выхода стержней из древесины. Значительная неравномерность касательных напряжений ведет к неполному использованию несущей способности клеевых швов по всей длине стержней, что является недостатком таким соединений.

Для устранения указанного недостатка, т.е. для снижения неравномерности скалывающих напряжений по клеевым швам, намечается исследовать соединения на клеенных стержнях, у которых места приложения нагрузок расположены посередине стержней. При этом

намечается наиболее сложный случай, когда нагрузка прикладывается под углом к оси стержней.

Целью исследований являются разработка и составление рекомендаций по проектированию новых узловых соединений деревянных конструкций на клеенных вдоль волокон древесины арматурных стержнях, работающих на сжатие, растяжение и изгиб вследствие загрузки под углом в средней части.

Список использованных источников

1. Ганиев Дж.Н. Соединения деревянных элементов под углом с применением клеенных стержней: Дисс. на соис. уч. степен.канд, техн.наук. - Новосибирск, 1989. – 205 с.
2. Сарычев В.С. Экономическая эффективность применения конструкций из различных материалов./Центр. Межвед. Ин-т повышения квалификации руководящих работников и специалистов строительства при МИСИ им. В.В.Куйбышева, - М., 1980. —55 с.
3. Колпаков С.В. Применение клеенных арматурных стержней в узловых соединениях деревянных конструкций//Изв. Вузов. Строительство и архитектура. -1987. -№9. –С. 25-32.
4. Колонны деревянные клеенные для одноэтажных производственных зданий (без крановых и с подвесным транспортным оборудованием): Технические решения и рабочие чертежи опорных образцов .
5. Дмитриев П.А., Колпаков С.В., Осипов Ю.К., Сипаренко В.Г. и др, Клееные деревянные рамы для сельского строительства // Изв. вузов. Строительство и архитектура, - 1972. - № 11. - С, 28-36,
6. Турковский С.Б., Фролов А.Ю., Кротюк В.Ф. Экспериментальное исследование сборно-разборной рамы из унифицированных элементов // Исследования в области деревянных конструкций: Сб.Тр. / ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко. — М., 1985. – С. 28-35.
7. Чапский К.А., Ковальчук Л.М., Рогинская В.М, О применении жестких монтажных стыков клееных деревянных конструкций // Расчетные методы строительства: Сб. научн, тр./ ВЗИСИ, - М, 1973, -ч, III, - С. 26-28.
8. Шенгелия А.К. Исследование клеештыревых соединений деревянных элементов // Несущие деревянные конструкции: Сб. науч. тр. / ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко. - М., 1981. - С. 60-70: ил.
9. Шенгелия А.К., Дроздов А.А. Фаизов И.И. Усиление клееных деревянных стрельчатых арок // Строительство и архитектура. Сер. 8. Строительные конструкции: Экспресс-информ.: Отеч.произ. опыт / ВНИИС. -М., 1985. - Вып. 7. - С. 6-9.
10. Зубарев Г.Н., Логинова М.П. Клеенные деревянные стрельчатые арки с узлами на клеестальных штырях // Расчетные методы строительства: Сб.научн. тр. /Взиси.-М. 1973.-ч.III.-С. 28.
11. Зубарев Г.Н., Бойтемиров Ф.А., Головина В.М. Испытания деревянной арки с соединениями на клеенных стержнях //Изв. Вуз. Строительство и архитектура. -1983.- №12.-С.13-16.