

Малыхина В.С., канд. тех. наук, доц.,
Рязанова А.А., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ТРЕХШАРНИРНЫХ РАМ

malihina_val@yandex.ru

Несмотря на бурное развитие индустрии строительных материалов и конструкций, актуальными остаются традиционные решения. По-прежнему в современном строительстве при проектировании успешно применяется дерево – древнейший конструкционный материал. Разнообразием деревянных конструкций являются клееные трехшарнирные рамы. Они высокотехнологичны, отвечают требованиям поточно-конвейерного производства, экологичны, обладают высокими эстетическими качествами, легкостью и долговечностью материала, что позволяет расширить область их применения и повысить конкурентоспособность. В связи с этим возникает вопрос о выборе наиболее рационального варианта конструктивного решения рамы.

В статье рассматриваются различные виды деревянных дощатоклееных рам. Затрагиваются вопросы достоинств и недостатков рам с различным конструктивным решением. Рассмотрены варианты выполнения соединения стойки и ригеля рамы. Выполнен анализ несущей способности карнизных узлов рамы из прямолинейных элементов.

Ключевые слова: деревянная рама, карнизный узел, коньковый узел, клееные деревянные конструкции, зубчатый шип, пятиугольная вставка.

Различные виды деревянных конструкций успешно применяются в современном строительстве. Это объясняется легкостью и долговечностью материала, экологичностью и высокими эстетическими качествами. Разнообразием деревянных конструкций являются трехшарнирные дощатоклееные рамы. Это один из основных классов несущих деревянных кон-

струкций. В отечественном строительстве широкое применение получили однопролетные рамы пролетом 12–24 м, однако встречаются и рамы пролетом до 60–80 м [1]. В данной статье рассмотрены различные варианты деревянных рам, изложены их основные достоинства и недостатки.

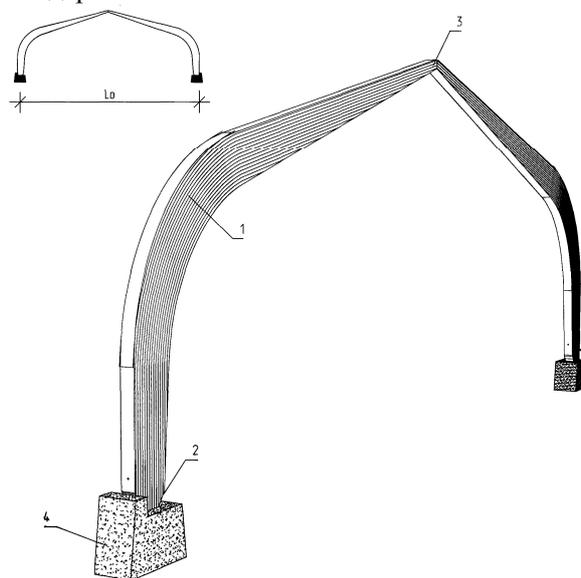


Рис. 1. Гнутоклеенная рама:

1 – полурама, 2 – опорная часть рамы с подрезкой, 3 – коньковая часть полурамы,
4 – фундамент, воспринимающий горизонтальный распор

Гнутоклееная трехшарнирная рама (рис. 1) состоит из двух полурам, имеющих Г-образную форму прямоугольного переменного по высоте сечения, которые изогнуты при изготовлении в

зоне карниза. Узел, образуемый плавным переходом от стойки к ригелю, выполняется цельноклееным. Данный вид рам относят к конструкциям полной заводской готовности. Первым до-

стоинством этой рамы является то, что данная рама состоит из двух довольно крупных элементов, называемых полурами. Элементы при сборке соединяются всего тремя узлами – одним коньковым и двумя опорными. Еще одно достоинство – это переменная высота сечений, которая максимальна в зоне изгиба, где действуют наибольшие изгибающие моменты, и наименьшая в узлах, где моменты отсутствуют. Различную высоту сечения получают путем изменения количества досок в клееном пакете. Это осуществляется в сжатой зоне ригеля, т.к. в растянутой зоне может произойти отрыв досок. Переменное сечение позволяет экономно расходовать древесину и наиболее рационально использовать прочность древесины. Для данных рам в растянутых сечениях используют древесину 1-го сорта, в остальных – 2 и 3-го сортов.

Большое влияние на несущую способность имеет радиус кривизны рамы: чем меньше отношение радиуса кривизны к толщине доски,

тем ниже несущая способность клееного элемента [2]. Но не всегда габариты здания позволяют использовать большие радиусы. Увеличение радиуса кривизны позволяет применять доски большей толщины, что приводит к меньшему числу отходов при острожке, уменьшает расход клея. Например, при снижении толщины доски до 16 мм отходы древесины и расход клея увеличивается до 80 % по сравнению с пиломатериалом толщиной 33–35 мм [3]. При этом значительно увеличивается трудоемкость изготовления. В итоге оказывается, что гнутоклеенные рамы являются наиболее дорогими по себестоимости. Еще один недостаток – сложность транспортирования больших изогнутых полурам при значительных расстояниях до мест установки от завода-изготовителя.

Еще один вид рам – это рамы из прямолинейных элементов (рис. 2), состоящие из двух полурам. Каждая полурама имеет Г-образную форму с переломом оси в месте карнизного узла.

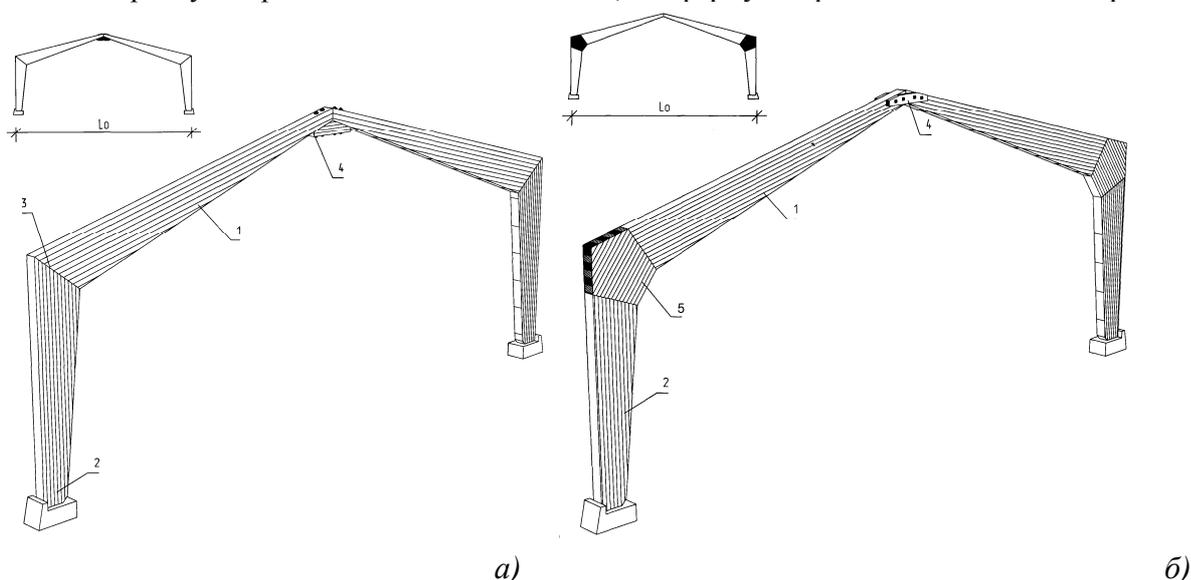


Рис. 1. Рама из прямоугольных элементов:

- а) с карнизным узлом на зубчатом клееном соединении; б) с пятиугольной вставкой в карнизном узле:
 1 – ригельная часть рамы, 2 – стоечная часть рамы, 3 – соединение ригеля и стойки на зубчатом шипе,
 4 – деревянная накладка, 5 – пятиугольная клееная вставка на зубчатом соединении

Полурама состоит из двух прямых элементов – стойки и полуригеля, которые целесообразно получать из клееных заготовок (рис. 3).

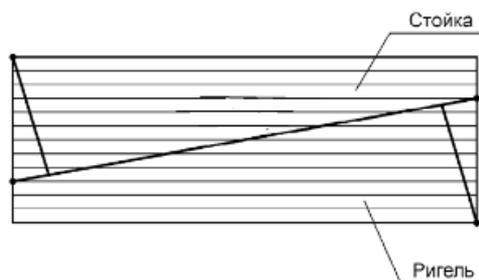


Рис. 3. Клееная заготовка для изготовления стойки и ригеля рамы

Наиболее сложным и ответственным является конструирование карнизного узла, в месте стыка ригеля и стойки. В карнизном узле следует обеспечить передачу значительной продольной силы и изгибающего момента.

Существует несколько конструктивных решений жестких карнизных узлов. На рисунке 4 представлена рама с карнизным узлом на зубчатом клеевом соединении. В данном случае следует учитывать, что продольное усилие, действующее в рассматриваемом сечении, направ-

лено под углом α . Еще одним вариантом карнизного узла является узел с пятиугольной вставкой. Проанализировав данные варианты, получим, что величина расчетного сопротивления сжатию вдоль волокон больше расчетного сопротивления древесины сжатию под углом α к направлению волокон. Из этого следует, что карнизный узел с пятиугольной вставкой способен выдержать большие напряжения, в сравнении с узлом на зубчатом клеевом соединении [4, 7].

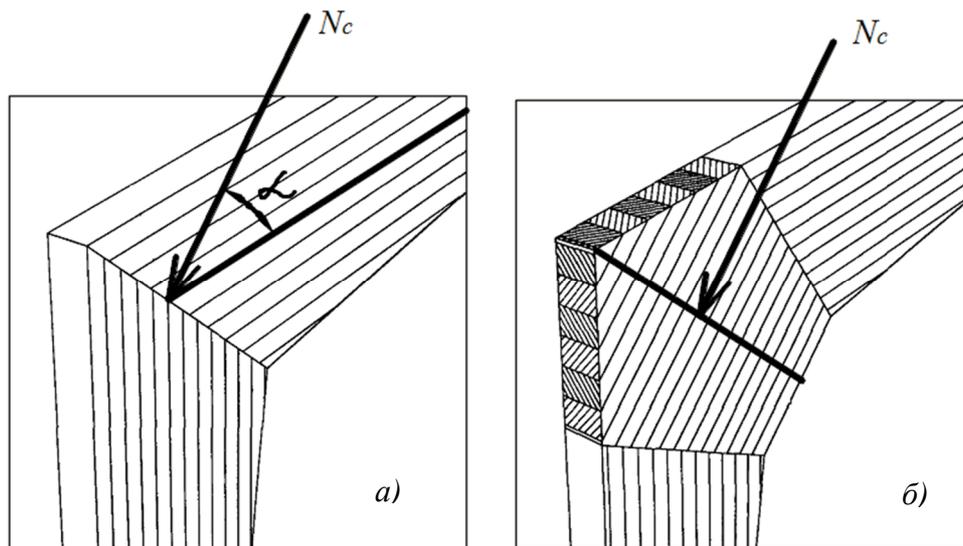


Рис. 4. Схема продольного усилия в карнизном узле: а) соединение зубчатым шипом под углом; б) соединение пятиугольной вставкой

К недостаткам рамы из прямолинейных элементов относится сложность транспортировки.

Двухподкосная клеедеревянная трехшарнирная рама (рис. 5а) состоит из двух полуриге-

лей переменного сечения, двух стоек, и двух подкосов постоянного сечения. Недостаток этой рамы - наличие больших растягивающих усилий в карнизных узлах.

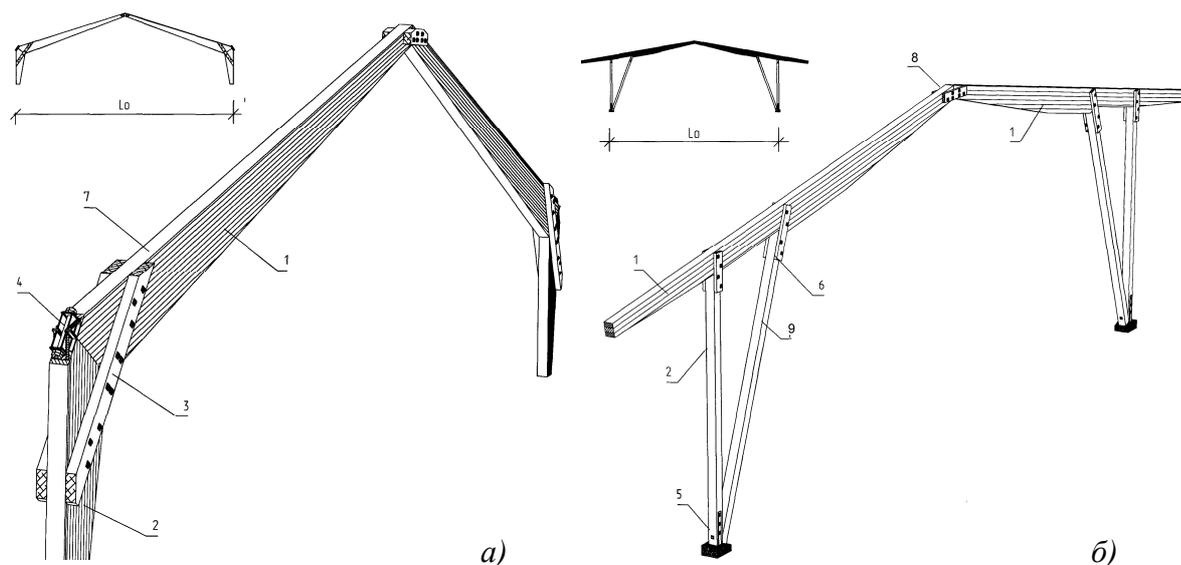


Рис. 5. Двухподкосная рама (а) и рама с внутренними опорными подкосами (б): 1 – ригель рамы; 2 – стойка рамы; 3 – дощатый подкос на стяжных болтах; 4 – монтажный стык; 5 – фундамент с анкерными пластинами; 6 – деревянные накладки с овальными отверстиями; 7 – защитная доска на клею; 8 – коньковый узел с деревянными накладками; 9 – цельнодеревянный или клееный подкос

Кледедеревянная трехшарнирная рама с опорными подкосами (рис. 5б). Она состоит из двух полуригелей, имеющих переменное сечение, двух подкосов и двух стоек постоянного сечения. Подкосы служат дополнительной опорой для ригеля, что приводит к значительному уменьшению изгибающих моментов в ригеле рамы. Это рама сборно-разборная рама, состоящая из прямых кледедеревянных элементов, являющихся простыми в изготовлении. Они без затруднений могут транспортироваться к месту монтажа любым видом транспорта. Основным недостатком этой рамы является значительно большее, чем в бесподкосной раме, количество

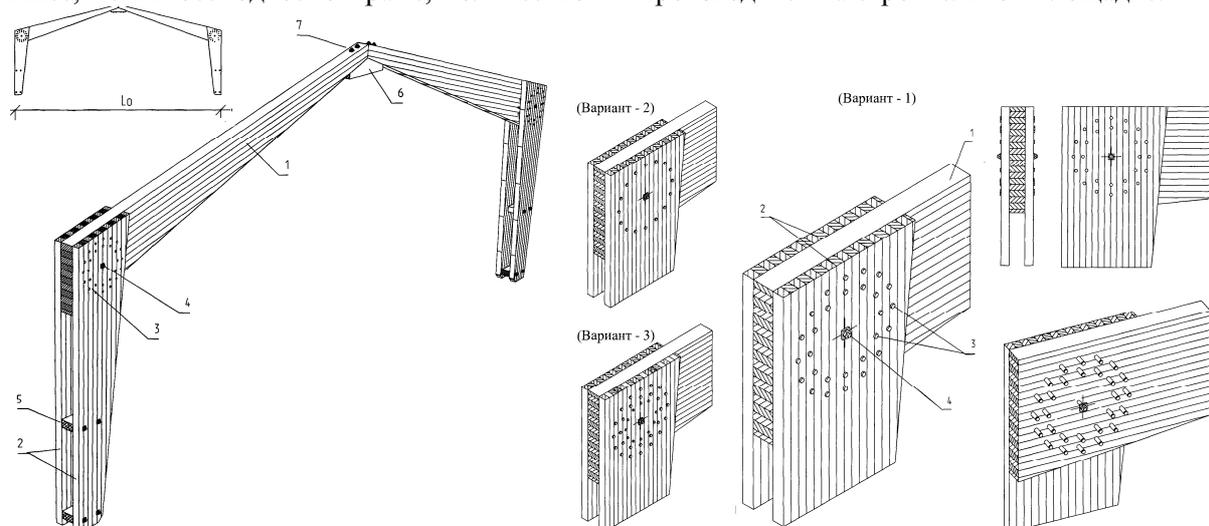


Рис. 6. Рама на нагелях по кругу в карнизном узле: а) общий вид; б) варианты карнизных узлов: 1 – ригель рамы; 2 – стойка рамы; 3 – нагели, расставленные по окружностям; 4 – монтажный болт с квадратной шайбой; 5 – деревянная прокладка; 6 – деревянная накладка; 7 – стяжные болты

Конструктивные решения трехшарнирных рам весьма разнообразны. Поэтому при выборе конструктивного решения рам следует учитывать их основные преимущества и недостатки, имеющие определяющее значение в той или иной ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малыхина В.С., Денисов А.Н. Современное деревянное строительство // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 30–36.

2. Малыхина В.С. Проектирование и расчет конструкций из дерева и пластмасс: учебное пособие для студентов направления бакалавриата 270010 – Строительство. М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В.Г. Шухова. Белгород: БГТУ, 2014. 368 с.

элементов и узлов, а также работа стоек на растяжение и изгиб от ветровой нагрузки и значительная длина сжатых подкосов.

Еще один вариант сборно-разборной рамы – трехшарнирная на нагелях по кругу в карнизном узле. Карнизный узел выполнен путём соединения на цилиндрических нагелях, которые располагают по одной или двум окружностям. В данном случае стойка состоит из двух ветвей, между которыми заводится одинарный ригель. Впервые такая конструкция рамы была изобретена в Германии. Сборно-разборные узлы весьма облегчают транспортировку. Сборка рамы производится на строительной площадке.

3. Малыхина В. С. Конструкции из дерева и пластмасс. Учеб. пособие. 2 е изд. испр. и доп. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 226 с.

4. Малыхина В.С., Рязанова А.А. Варианты коньковых узлов трехшарнирных дощатых клееных рам // Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов международной научно-практической конференции: в 2 т. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 67–73.

5. Офицерова Л.И. Конструкции из дерева и пластмасс: Курс лекций для студентов строительных специальностей. Часть 2. Томск: СТТ, 2006, 132 с.

6. Шмидт А.Б., Дмитриев П.А. Атлас строительных конструкций из клееной древесины и водостойкой фанеры. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001. 292 с.

7. Чебыкин А.А., Фрицлер Ю.А., Кудрявцев С.В. К расчету зубчато-шипового клевого соединения карнизных узлов рам // Академиче-

ский вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. №2. С. 86–89.

8. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25–80. Минстрой России. М., 2017.

9. Арискин М.В., Гуляев Д.В., Агеева И.Ю. Исследование напряженно-деформированного

состояния деревянных гнутоклееных рам // Молодой ученый. 2013. №3. С. 16–19.

10. Арискин М.В., Куценко Е.В. Моделирование рам с гнутоклееными стойками и прямой ригелем // Новый университет. Серия: Технические науки. 2013. №10(20). С. 23–27.

Информация об авторах

Малыхина Валентина Степановна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

E-mail: malihinaval@yandex.ru.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Рязанова Анна Александровна, магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.

E-mail: anna.riazanowa@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в феврале 2018 г.

© Малыхина В.С., Рязанова А.А., 2018

V.S. Malykhina, A.A. Ryazanova

THE ANALYSIS OF THREE-HINGED WOODEN FRAME CONSTRUCTIONS

Despite the rapid development of the building materials industry and constructions, traditional solutions remain relevant. Wood – the oldest constructional material- is still successfully applied in modern design. The glued three-star frames are a kind of wooden structures. They're easy, high-tech, environmentally friendly, long-life, moreover, they meet the requirements of flow production and have high aesthetic qualities. All this helps to expand their application area and improve competitive qualities. In this regard, the question concerning the choice of the most rational constructive variant of frame arises. The article deals with different types of laminated wooden frames. The advantages and disadvantages of various frame constructions are considered. The variants of connection of the frame rack and crossbar are considered. The analysis of the bearing capacity of frame eaves nodes made of rectilinear elements is carried out.

Keywords: wooden frame, cornice joint, ridge site, laminated wood construction, finger joint, pentagonal insert.

REFERENCES

1. Malykhina V.S., Denisov A.N. Modern wooden construction. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 5, pp. 30–36.

2. Malykhina V.S. Design and calculation of structures made of wood and plastics: a tutorial for students areas of undergraduate 270010 – Construction. Ministry of education and science of the Russian Federation, Belgorod state technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod: BGTU, 2014. 368 p.

3. Malykhina V.S. Constructions made of wood and plastics. Textbook. 2 edition revised and supplemented. Belgorod: BGTU, 2008, 226 p.

4. Malykhina V.S., Ryazanova A.A. Options ridge nodes fully articulated laminated wooden frames. Science and innovation in construction (to the 45th anniversary of the Department of construction and urban economy): proceedings of the international scientific-practical conference: 2 t.. Belgo-

rod state technological University named after V. G. Shukhov, 2017, pp. 67–73.

5. Ofitserova L.I. Constructions made of wood and plastics: a course of lectures for students of construction specialties. Part 2. Tomsk: STT, 2006. 132 p.

6. Shmidt A.B., Dmitriev P.A. Atlas building structures made of laminated wood and waterproof plywood. Moscow, Association of building universities, 2001, 292 p.

7. Chebykin A.A., Fritsler Yu.A., Kudryavtsev S.V. Design approach of finger joint in frame cornice. Academic Bulletin of the UralNIIPROJECT RAASN, 2015, no. 2, pp. 86–89.

8. SP 64.13330.2017. Wooden structure. Updated version of Construction norms and rules II-25–80. Moscow, 2017

9. Ariskin M.V., Gulyaev D.V., Ageeva I.Yu. Investigation of the stress-strain state of a curved wooden frames. Young scientist, 2013, no. 3, pp. 16–19.

10. Ariskin M.V., Kutsenko E.V. Modeling of frames with curved struts and straight beam. New University. Series: Technical Sciences, 2013, no. 10(20), pp. 23–27.

Information about the author

Valentina S. Malykhina, PhD, Assistant professor.

E-mail: malihinaval@yandex.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Anna A. Ryazanova, Master student.

E-mail: anna.riazanowa@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received in February 2018