

2. Липленко, М. А. Особенности работы бескаркасных арочных покрытий из стальных холодногнутых профилей / М. А. Липленко, Э. Л. Айрумян // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 6. – С. 42–44.
3. Уласевич, В.П. К оценке влияния геометрической нелинейности на напряженно-деформированное состояние пологих арок / В.П. Уласевич, Д.А Жданов // Вестник БрГТУ. – 2011. – № 1(67) Строительство и архитектура. – С. 78–89.
4. Білік, А.С. Визначення геометричних характеристик холодноформованих тонкостінних аркових профілів / А.С. Білік, М.В. Лапонов // Збірник наук. праць Українського інституту сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського. – К., 2012. – Вип. 9. – С. 193–203.
5. Жданов, Д.А. К определению эффективных сечений стальных бескаркасных арочных покрытий по Еврокоду / Д.А Жданов, В.П. Уласевич // Строительная наука и техника. – 2013. – № 2(43). – С. 22–26.
6. Eurocode 3. Design of steel structures – Part 1-3: Supplementary rules for cold-formed members and sheeting: EN 1991-1-3: 2006, IDT. – Brussels: European Committee for Standardization, 2006. – 56 p.
7. Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-5: Plated structural elements: EN 1991-1-5: 2006, IDT. – Brussels: European Committee for Standardization, 2006. – 56 p.
8. Hofmeyer, H. Ultimate failure behaviour of second-generation sheeting subjected to combined bending moment and concentrated load / H. Hofmeyer, M. Kaspers, H.H. Snijder, M.C.M. Bakker // Proceedings of the 16th International Speciality Conference on Recent Research and Developments in Cold-Formed Steel Design and Construction, Orlando, Florida, October 17-18, 2002. – Orlando, 2002. – P. 110–125.
9. Жабинский, А.Н. Моделирование арочных покрытий из тонкостенных холодногнутых профилей / А.Н. Жабинский, А.Ф. Старовойтов // Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. – 2012. – № 5. Ч.2. – С.27–28.
10. Oñate, E. Structural Analysis with the Finite Element Method. Linear Statics. Volume 2: Beams, Plates and Shells / E. Oñate. – Barcelona, Spain: CIMNE, 2013. – 864 p.
11. Schafer, B.W. Computational modeling of cold-formed steel / B.W. Schafer // Proceedings of the 5-th International Conference on Coupled Instabilities in Metal Structures, Sydney, Australia, 23-25 June, 2008. – Sydney, 2008. – P. 53–60.
12. Городецкий, А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К: Факт, 2005. – 344 с.

УДК 624.11:624.041.6

*Жук В.В.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕРЕВЯННОЙ ГНУТОЙ РАМЫ**

Деревянные конструкции рамного типа применяются в качестве несущих каркасов одноэтажных цельнодеревянных зданий и сооружений различного назначения. Каркасы этих зданий представляют собой пролетные симметричные рамы с двускатным ригелем. Рамы решаются обычно по трехшарнирной схеме с шарнирными опорными и коньковыми узлами и жестким карнизным узлом. В современном строительстве применяются, главным образом, сборные рамы индустриального изготовления, стойки и ригели которых выполняются из цельных брусьев при пролетах до 9 м или клееных блоков при больших пролетах. Отдельное изготовление и транспортировка ригеля и стойки является большим преимуществом сборных рам, но оно усложняет задачу конструирования жестких карнизных узлов, в котором соединяются деревянные элементы, примыкающие друг к другу под большим углом, и действуют наибольшие изгибающие моменты.

Жесткий карнизный узел сборной брусчатой рамы может быть решен с помощью стального двутавра, сваренного в виде “колена”, скрепленного с ригелем и стойкой с помощью стяжных болтов [1]. Двутавр полностью воспринимает изгибающий момент в узле, а нормальная сила передается путем упора приторцованной поверхности брусьев.

С целью повышения несущей способности и эксплуатационной надежности карнизный узел может быть решен с помощью стального башмака и вклеенных под углом  $28-32^\circ$  к наружным граням стойки и ригеля анкерных стержней [2]. В растянутой зоне карнизного узла благодаря равномерному распределению нормальных напряжений вдоль анкерной пластины расчетное сечение удаляется из зоны действия максимального изгибающего момента, а в сжатой зоне вклеенные стержни предотвращают возникновение контактных пластических деформаций под накладками и способствуют повышению прочности древесины на скалывание и на смятие перпендикулярно биссектрисе узла.

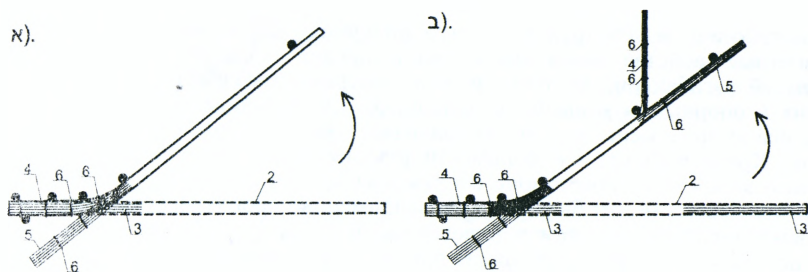
Сборные брусчатые рамы обладают целым рядом недостатков, определяющих высокую себестоимость: значительный расход металла; необходимость наличия специального оборудования и производственных площадей для соединения стойки и ригеля на вклеенных анкерных стержнях.

С целью уменьшения металлоемкости и увеличения несущей способности деревянной рамы карнизный узел может быть выполнен криволинейным путем выгиба слоев (досок) по окружности и фиксации их нагелями, установленными в шахматном порядке относительно продольной оси полурам [3]. Гнутая полурама может быть изготовлена [4] из бруса или бревна путем распиловки заготовки на части ее длины в продольном направлении на слои, с последующим изгибом заготовки на ее пропиленном участке с образованием карнизной части конструкции с последующей фиксацией нагелями криволинейного и прямолинейного участков.

В первом случае при производстве гнутой полурамы из досок возрастает расход пиломатериалов из-за необходимости использования досок малой толщины из условия изготовления криволинейного карнизного узла. Кроме того, расчетное сопротивление изгибу древесины вдоль волокон уменьшается за счет введения в расчет коэффициента гнутья, меньшего единицы. Во втором случае при изготовлении полурамы из брусьев или бревен, прочностные свойства древесины используются не полностью в сечениях, близких к опорному и коньковому шарнирам рамы, где изгибающий момент значительно ниже, чем в карнизном узле. Более того, при возведении зданий и сооружений из гнутых полурам необходимо дополнительно монтировать затяжку [4], а при устройстве кровли из штучных материалов, например, из волнистых асбестоцементных листов, необходимо дополнительно монтировать деревянные прямолинейные элементы для образования ломаного карниза узла сопряжения конструкций кровли и стен [5].

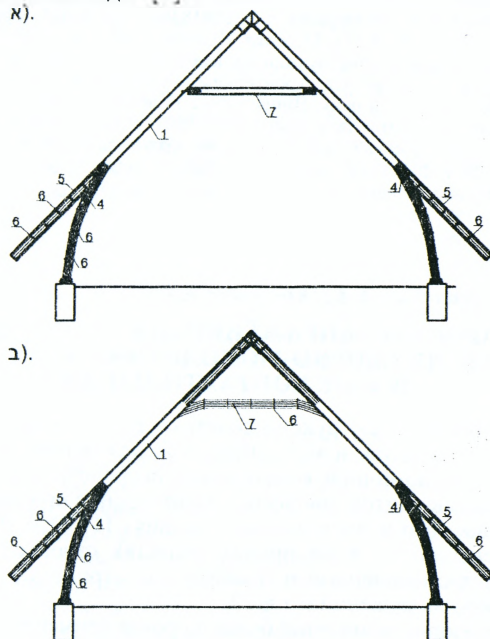
На кафедре строительных конструкций университета разработан [6] способ изготовления гнутой полурамы, позволяющий повысить эффективность использования прочностных свойств древесины и тем самым увеличить несущую способность конструкции и снизить расход материалов.

Деревянная гнутая полурама изготавливается из бруса путем распиловки на слои на заданной части его длины по двум взаимно перпендикулярным плоскостям. Затем производится изгиб (рис. 1,а) распиленной части для части поперечного сечения  $0,6b$ , где  $b$  – ширина заготовки, с образованием криволинейного и прямолинейного участков. Далее криволинейный и прямолинейный участки фиксируют нагелями, установленными в шахматном порядке относительно продольной оси каждого элемента. Продольная распиловка заготовки на слои может быть выполнена с двух концов, а изгиб (рис. 1,б) заготовки осуществлен на ее распиленных частях кососимметрично относительно продольной оси, причем изгиб заготовки в коньковой части осуществляется для части поперечного сечения шириной  $0,5b$ .



Примечание: данный рисунок читать с рисунком 2  
 Рисунок 1 – Схема изготовления гнутой полурамы: первоначальное (а) и последующее (б) положение заготовки

Монтаж деревянной гнутой рамы может быть осуществлен с установкой дополнительного прямолинейного элемента (затяжки) (рис. 2,а) или соединением с помощью нагелей, распиленных и изогнутых на части длины одного из концов заготовки (рис. 2,б). Крепление опорной части гнутой полурамы к фундаменту и соединение полурам между собой в коньке осуществляется с помощью стальных башмаков и накладок [3].



а – из полурам, полученных при распиловке и изгибе конца заготовки;  
 б – из полурам, полученных при распиловке и изгибе двух концов заготовки;  
 1 – гнутая полурама; 2 – заготовка; 3 – распиленный участок; 4 – криволинейный участок;  
 5 – прямолинейный участок; 6 – нагель; 7 – затяжка

Рисунок 2 – Конструктивное решение деревянной гнутой рамы

В разработанной конструкции гнутой полурамы эффективно используются прочностные свойства древесины: в зоне карнизного узла, где действует максимальный изгибающий момент, сечение полурамы максимальное, а в зонах, близких к опорным и коньковому шарнирам, где величина изгибающего момента значительно меньше, сечение полурамы уменьшено на 40 и 50% соответственно. Кроме того, нет необходимости дополнительно монтировать элементы ломаного карнизного узла в зоне сопряжения кровли и стен – штучный кровельный материал может быть уложен, например, по прогонам, установленным по прямолинейным участкам в нижней части рамы (рис. 2). Затяжка может быть использована в качестве опоры при монтаже технологического оборудования или элементов инженерных систем.

Разработанный способ изготовления деревянной гнутой рамы позволяет повысить несущую способность конструкции в 1,2–1,3 раза и снизить ее массу на 15–20% по сравнению с ранее разработанной гнутой полурамой [4].

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шишкин, В.Е. Конструкции из дерева и пластических масс / В.Е. Шишкин. – М.: Стройиздат, 1966. – 381 с.
2. А. с. 1477864 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 В 1/38, 1/58. Карнизный узел деревянной рамы / С.Б. Турковский [и др.] (СССР). – № 4231513/23 – 33; заяв. 17.04.87; опубл. 07.05.89. Бюл. № 17. – С.115.
3. Конструкции из дерева и пластмасс / Ю.В. Слишкоухов [и др.]; под общ. ред. Г.Г. Карлсена, Ю.В. Слишкоухова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с.
4. Способ изготовления гнутой полурамы: А. с. 1581830 СССР, МКИ<sup>5</sup> Е 04 С 3/42 / С.С. Ябуров, В.А. Огнев (СССР). – № 4494624/23 – 33; заявл. 29.08.88; опубл. 30.07.90. – Бюл. № 28. – С. 133
5. Гринь, И.М. Строительные конструкции из дерева и синтетических материалов. Проектирование и расчет: учеб. пособие для строительных вузов и факультетов. / И.М. Гринь. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев – Донецк: Вища школа. Головное изд-во. 1979. – 272 с.
6. Способ изготовления гнутой полурамы: пат. 18072 Респ. Беларусь, МПК Е 04 С 3/42 (2006.01) / В.В. Жук, Е.А. Деркач, Н.В. Черноиван; заявитель и патентообладатель УО "Брест гос. техн. ун-т". – № а 20111512; заявл. 14.11.2011; опубл. 30.04.2014 // Афишный бюл. / Нац. центр интелектуал. уласнасці. – 2014. – № 2 (97). – С. 93.

УДК 692.522.8

*Злобина Н.В., Коваленко А.А., Кремнева Е.Г.*

### К ВОПРОСУ О НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗОНЕ КОНТАКТНОГО ШВА

Сборно-монолитные конструкции сочетают в себе основные положительные качества как сборного, так и монолитного железобетона. В связи с этим возможно создание экономичной конструкции посредством рационального объединения сборных элементов заводского изготовления при помощи монолитного бетона, укладываемого в построечных условиях [1]. Это способствует эффективному применению их в различных областях строительства, в частности, мостостроении, промышленном и гражданском строительстве, при возведении гидротехнических сооружений и т.д. [2].

Данные конструкции находят всё более широкое применение в строительной отрасли Республики Беларусь, такие конструкции весьма многообразны в настоящее время. Одним из примеров применения современных технологий являются часторебристые сборно-монолитные перекрытия. В Беларусь технология устройства сборно-монолитных перекрытий пришла из Европы, где массовое строительство индивидуальных домов по этой технологии ведется уже свыше 50 лет. Наибо-