

УДК 624.011.14

Исаев А.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: isaev@kgasu.ru

Гимранов Л.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: leenur@mail.ru

Вахтель Р.Р. – старший преподаватель

E-mail: v_roman@bk.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Харисов И.С. – исполнительный директор

E-mail: zkhnur@gmail.com

ООО «Трансинжком»

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Спартаковская, д. 2

Рама из LVL с усиливающим стальным элементом

Аннотация

В статье рассматривается трех-шарнирная рама из LVL со стальным усиливающим элементом в стойке, который позволяет в сочетании с конструкцией карнизного узла обеспечивать снижение изгибающего момента в середине пролета ригеля путем его перераспределения в карнизный узел. Величина изгибающего момента в карнизном узле может варьироваться в зависимости от величины преднатяжения усиливающего стального элемента в стойке.

Ключевые слова: LVL, трех-шарнирная рама, конструкция узла.

Клееные деревянные конструкции обладают рядом преимуществ таких как: увеличенная номенклатура поперечных сечений; меньший разброс в показателях механических свойств. К одному из таких видов клееных деревянных конструкций и относится LVL (laminated Veneer Lumber) Ламинированные пиломатериалы из шпона. Конструктивные формы трех-шарнирных рам широко используемых в строительстве с применением LVL включают в себя рамы, жесткость заделки карнизного узла которых, обеспечивается вилочным соединением ригеля и стойки с последующим креплением на болтах рис. 1а.

На базе научно-исследовательского отдела по поиску конструктивных решений ООО «Трансинжком» предложена трех-шарнирная рама из LVL с карнизным узлом представленным на рис. 1б, в котором, усиливающий стальной элемент обеспечивает перераспределение части изгибающего момента с пролета ригеля в карнизный узел.

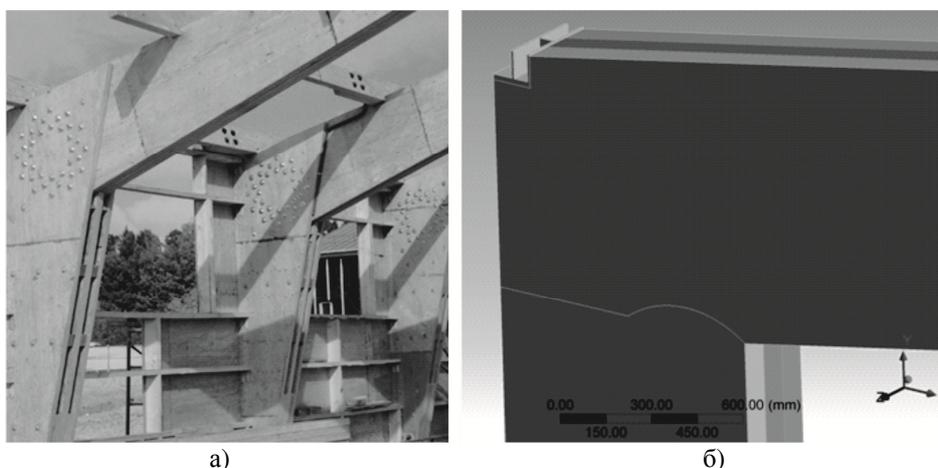


Рис. 1. Карнизные узлы трех-шарнирных рам:
а) повсеместно распространенных; б) новой конструктивной формы

В случае узла имеющего повсеместное распространение распределение напряжений в карнизном узле связано с его конструкцией и вилочным типом соединения. Данный тип соединения приводит к тому, что напряжения в самом нагруженном сечении карнизного узла вынуждены распределяться в сечении меньшим чем в пролете. Другим недостатком этого узла является то, что расположенные по кругу болты крепления ригеля к стойке необходимо считать по зарубежным методикам, вследствие отсутствия отечественных.

Предлагаемый вариант карнизного узла включает следующие мероприятия по восприятию изгибающего момента. Первое – наличие стального элемента, располагаемого в нише стойки, нижний конец которого упирается в ее нижний торец, а верхний защемляет ригель, обеспечивая тем самым восприятие узлом растягивающих напряжений. Второе – сжимающие напряжения воспринимаются врубкой криволинейного очертания. Данное криволинейное очертание врубки позволяет максимально увеличить зону сжимающих напряжений, снижая тем самым их интенсивность. При этом расчет общего вектора распределения контактных напряжений смятия, несущая способность узла криволинейного очертания увеличивается.

Изучение статической работы данной рамы производилось на ПК Ansys в геометрически и физически нелинейной постановке. Условия контакта между стальным элементом усиления и ригелем из LVL подразумевают передачу сжимающих напряжений через непосредственный контакт и образование зазоров, а также трение между поверхностями стального элемента и ригеля из LVL принятого 0,35. Опираение рамы на опоре и в коньковом узле принято шарнирным. Механические свойства LVL задавались с учетом физической нелинейности и анизотропии свойств.

На рис. 2 приведен график распределения сжимающих и растягивающих напряжений по длине ригеля, в случае, когда стальной усиливающий элемент не имеет предварительного натяжения. На рис. 3 приведен график распределения сжимающих и растягивающих напряжений по длине ригеля, в случае, когда стальной усиливающий элемент имеет предварительное натяжение.



Рис. 2. Распределение нормальных напряжений в верхних фибрах и нижних фибрах ригеля в случае отсутствия предварительного натяжения в усиливающем элементе

Перераспределение изгибающего момента в ригеле зависит от усилия предварительного натяжения усиливающего стального элемента. Предварительное натяжение в стальном усиливающем элементе создавалось путем приложения только к этому элементу температурного градиента в Δ °С. Отрицательный температурный градиент (уменьшение температуры с течением времени) приводит к возникновению усилий предварительного натяжения. С увеличением градиента величина напряжений в опорной зоне увеличивается. На рис. 3 график соответствует температурному градиенту в 52 °С соответствующий усилию предварительного натяжения $N=15000$ кг и деформациям по стальному элементу и деревянной врубке соответственно $\delta_{ст}=2,8$ мм, $\delta_{вр}=2,8$ мм. На

рис. 4 представлено распределение напряжений в элементах рамы с предварительным напряжением, а на рис. 5 представлен график зависимости напряжений в карнизном узле от величины предварительного натяжения, которое выражается в температурном градиенте. Анализируя этот график можно сделать вывод, что зависимость напряжений на опоре от величины предварительного натяжения является линейной.

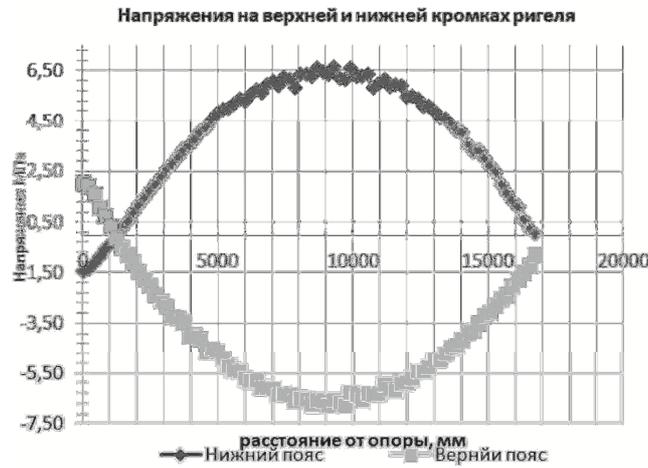


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений в верхних фибрах и нижних фибрах ригеля при наличии предварительного натяжения в усиливающем элементе

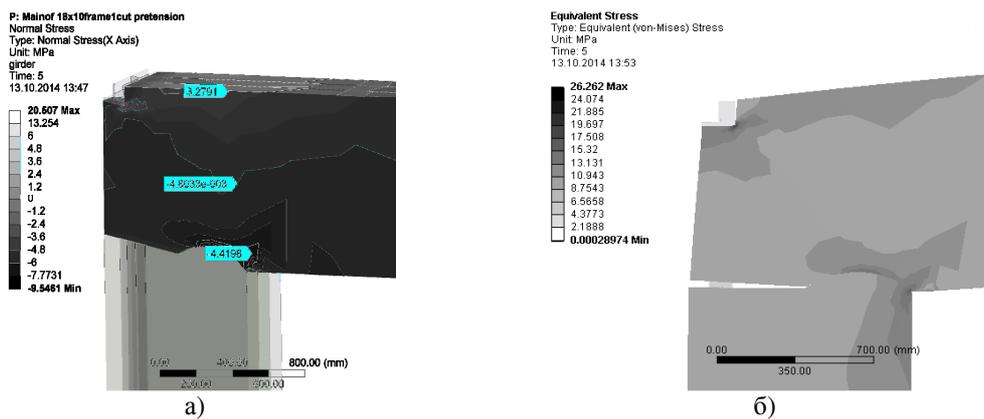


Рис. 4. Распределение напряжений в элементах рамы с предварительным натяжением: а) нормальные напряжения в ригеле; б) эквивалентные напряжения в ригеле и стойке

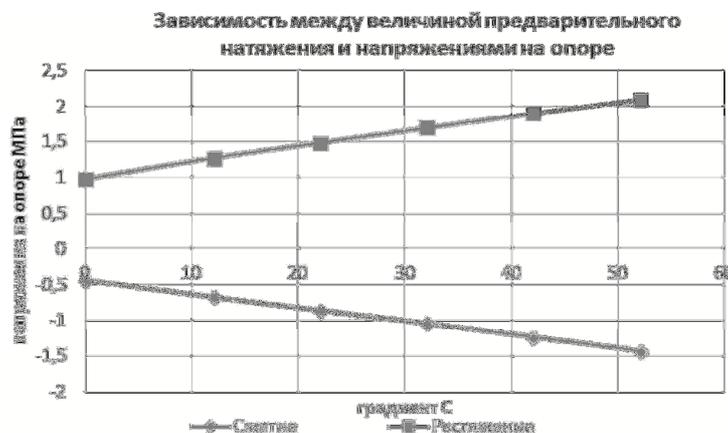


Рис. 5. Зависимость напряжений в карнизном узле от величины предварительного натяжения

Зная сечение ригеля и напряжения на крайних фибрах можно определить изгибающий момент в данном сечении и установить величину изгибающего момента перераспределяемого в карнизный узел, но можно использовать, непосредственно, распределение напряжений.

В схеме с идеально жестким узлом на опоре распределение усилий происходит таким образом, что усилие на опоре превышает усилие в пролете 1,777 раза, т.е. 52,67 т*м и -29,63 т*м соответственно. В случае предложенной рамы с предварительным натяжением карнизный узел воспринимает 34 % от величины пролетного момента следовательно такой узел можно считать полужестким по классификации Еврокод. Изгибающий момент в пролете в таком случае составляет при напряжениях сжатия $\sigma_c = -6,6$ МПа и растяжения $\sigma_t = 6,6$ МПа:

$$M_{пр} = \sigma_c * b * h^2 / 6 = 66 * 30 * 100^2 / 6 = 3300000 \text{ кг*см} = 33 \text{ т*м},$$

на опоре:

$$M_{оп} = 11,2 \text{ т*м}.$$

Анализируя полученные данные можно заключить следующее:

- предложенная конструкция узла позволяет обеспечивать восприятие карнизным узлом изгибающего момента в пропорции 1:3;
- предложенный узел можно классифицировать как полужесткий;
- величину изгибающего момента перераспределяемого в карнизный узел можно регулировать предварительным натяжением усиливающего элемента;
- зависимость между величиной перераспределяемого момента и величиной предварительного натяжения линейная.

Список библиографических ссылок

1. Свод правил СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – М., 2011. – 88 с.
2. Стандарт организации СТО 36554501-021-2010 Деревянные конструкции. Многослойный клееный материал Ultralam из шпона. – М., 2010. – 17 с.
3. Jack Porteus, Abdy Kermani Structural timber design to Eurocode5. Blackwell Publishing 2007. – 555 с.
4. Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General. Common rules and rules for buildings.
5. Laminated veneer lumber (LVL) product review and leading case study // ARCHITECTUREANDDESIGN.COM.AU. интернет-издание Netball Central by Scott Carver. 2014. URL: <http://www.architectureanddesign.com.au/news/laminated-veneer-lumber-lvl-product-review-and-lea> (дата обращения: 20.09.2014).
6. LVL-брус в частном домостроении. // TALEON-RADING.RU // Новый дом. В новом формате. апрель 2011. URL: http://www.taleon-rading.ru/upload/medialibrary/files/lvl_noviy_dom_2011-4.pdf (дата обращения: 20.09.2014).
7. Солоницын Д.С., Пьянов А.Н. Нормирование расчётных сопротивлений многослойного клеёного из шпона материала Ultralam // Дерево-обрабатывающая промышленность, 2010, спецвыпуск. – С. 20-23.
8. Ковальчук Л.М. Нормирование требований к многослойному клеённому из однонаправленного шпона материалу и конструкциям на его основе // Дерево-обрабатывающая промышленность, 2010, спецвыпуск. – С. 14-20.

Isaev A.V. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: Isaev@kgasu.ru

Gimranov L.R. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: leenur@mail.ru

Vahel R.R. – senior lecturer

E-mail: v_roman@bk.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Harisov I.S. – executive director

E-mail: zkhnur@gmail.com

LTD «Transinikom»

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Spartakovskaya st., 2

Three-pin frame with reinforcing steel member

Resume

This paper describes finite element model studies (FEM) of a new three-pin LVL frame with semi rigid eaves joint. There are many timber frames from engineered wood which have dowel cornice joint. For instance there is a conventional joint where its bridle type of connection between girder and column and dowels installed in circle pattern provide its rigidity and make it able to transfer flexural forces from girder to the column. The disadvantage of this type of joint is that because of its bridle type connection a cross-section of the girder and column in the cornice joint area are reduced at 30 and 60 %. The joint offered by constructive research department of the LTD «Transinikom» includes several findings. First is a curved bridle joint, and the second is a reinforcing steel member in the column. Curved bridle joint provides best transfer of the compressive forces and reinforce member provides transfer of the tensile forces from girder to column in the eaves node of frame. Accordingly FEM studies there are several peculiarities in the offered type of frame. These are: dependence between stress values in the cornice joint (amount of bending moment in the node) and pretension value in the reinforcing member of the column; classification of that type of joint as a semi-rigid.

Keywords: LVL, three-pin frame, bridle type joint.

Reference list

1. Set of rules SP 64.13330.2011. Wooden structures. The updated edition of SNIP II-25-80. M., 2011. – 88 p.
2. Standard of organization 36554501-021-2010. Wooden structures. Multilayer laminated material Ultralam veneer. – M., 2010. – 17 p.
3. Jack Porteus, Abdy Kermani Structural timber design to Eurocode 5. Blackwell Publishing, 2007. – 555 p.
4. Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-1: General. Common rules and rules for buildings.
5. Laminated veneer lumber (LVL) product review and leading case study // ARCHITECTUREANDDESIGN.COM.AU. online edition of Netball Central by Scott Carver, 2014. URL: <http://www.architectureanddesign.com.au/news/laminated-veneer-lumber-lvl-product-review-and-leading-case-study> (reference date: 20.09.2014).
6. LVL-beams in the private house building. // TALEON-RADING.RU // New House. In the new format. April 2011. URL: http://www.taleon-rading.ru/upload/medialibrary/files/lvl_noviy_dom_2011-4.pdf (reference date: 20.09.2014).
7. Solonitsyn D.S., Pianoff A.N. Normalization of the calculated resistance multilayer glued veneer material Ultralam // Wood-processing industry, 2010, special issue. – P. 20-23.
8. Kovalchuk L.M. Valuation requirements for multi-layered veneer glued unidirectional materials and designs based on it // Wood-processing industry, 2010, special issue. – P. 14-20.