

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 624

DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-4-142-151

Оригинальная статья /Original Paper

**Напряженно-деформированное состояние металлодеревянного
ригеля двухшарнирных рам**

А.И. Булгаков, М.Х. Калиева, М.О. Конусов

Дагестанский государственный технический университет,
367026, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является выбор оптимального конструктивного решения в проектировании двухшарнирных деревянных рам с металлодеревянным ригелем. **Метод.** Исследование основано на сравнительном анализе напряженно-деформированного состояния металлодеревянного ригеля в виде балок различного очертания, определенного по результатам теоретических исследований и численного эксперимента, выполненного в вычислительном комплексе ПК «ЛИРА». **Результат.** Предложены оптимальные конструктивные решения металлодеревянных ригелей двухшарнирных рам в виде армированных балок различного очертания. **Вывод.** Несущая способность двухшарнирных рам с ригелем в виде армированных клеедеревянных балок в среднем на 35 - 38% больше, чем несущая способность с ригелем в виде неармированных клеедеревянных балок. Применение металлодеревянных (армированных) балок позволяет оптимизировать сечение, уменьшив высоту сечения, тем самым сэкономят на материале древесины до 40%.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, несущая способность, двухшарнирная рама, металлодеревянный ригель, дощатоклеенная армированная балка, симметричное и несимметричное армирование, оптимальное конструктивное решение

Для цитирования: А.И. Булгаков, М.Х. Калиева, М.О. Конусов. Напряженно-деформированное состояние металлодеревянного ригеля двухшарнирных рам. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2022; 49(4):142-151. DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-4-142-151

Stress-strain state of metal-wood crossbar of double-hinged frames

A.I. Bulgakov, M.H. Kalieva, M.O. Konusov

Daghestan State Technical University,
70 I. Shamil Ave., Makhachkala, 367026, Russia

Abstract. Objective the purpose of these studies is to choose the optimal design solution in the design of double-hinged wooden frames with a metal-wood crossbar, based on a comparative analysis of the stress-strain state of a metal-wood crossbar in the form of beams of various shapes, determined by the results of theoretical studies and numerical experiment. **Method.** Determination of the stress-strain state of metal-wood beams using theoretical studies and numerical experiment performed in the computer complex PC "LIRA". **Result.** Optimal design solutions of metal-wood crossbars of double-hinged frames in the form of reinforced beams of various shapes are proposed. **Conclusion.** The bearing capacity of double-hinged frames with a crossbar in the form of reinforced glued wood beams is on average 35 - 38% higher than the load bearing capacity with a crossbar in the form of unreinforced glued wood beams. The use of metal-wood (reinforced) beams makes it possible to optimize the cross-section by reducing the cross-section height, thereby saving up to 40% on wood material.

Keywords: stress-strain state, load-bearing capacity, double-hinged frame, metal-wood crossbar, board-glued reinforced beam, symmetrical and asymmetrical reinforcement, optimal design solution

For citation: A.I. Bulgakov, M.H. Kalieva, M.O. Konusov. Stress-strain state of metal-wood

crossbar of double-hinged frames. Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Science. 2022; 49(4):142-151. DOI:10.21822/2073-6185-2022-49-4-142-151

Введение. Двухшарнирные клеедеревянные рамы состоят из трех конструктивных элементов – двух вертикальных стоек и горизонтального ригеля. Основное достоинство таких рам – относительная простота изготовления и транспортирования прямых стоек и балочных конструкций. Горизонтальные ригели, кроме того, удобны для крепления к ним подвесного потолка (необходимого в некоторых случаях). Недостатком двухшарнирных рам является большая трудоемкость сборки и зависимость усилий в их элементах от возможных осадок опор. Двухшарнирная клеедеревянная рама с жесткими опорными узлами может иметь две клеедеревянные стойки постоянного, переменного или ступенчатого сечения. Наиболее экономичны стойки переменного сечения, так как в опорном сечении, где действуют максимальные моменты, они имеют максимальную высоту [1-5]. Стойки постоянного сечения проще в их изготовлении, зато стойки ступенчатой формы позволяют опирать на их ступени клеедеревянные балки мостовых кранов небольшой грузоподъемности. Ригель такой рамы может представлять собой: клеедеревянную двускатную балку; арку с затяжкой; сегментную или треугольную клеедеревянную ферму, шарнирно опирающуюся на стойки. Не представляет затруднений решение шарнирных узлов опирания таких конструкций на стойки. Основной же недостаток этой рамы – относительно большая сложность жестких опорных узлов стоек, чем шарнирных. Двухшарнирная клеедеревянная рама с шарнирными узлами может иметь две стойки постоянного или переменного клеедеревянного сечения (с наименьшей высотой в опорных узлах, где нет изгибающих моментов). Ригелем для этой рамы могут служить клеедеревянная, деревянная двускатная балка или пятиугольная ферма.

Постановка задачи. Ускоренные темпы развития строительства требуют новых и совершенствования существующих конструктивных форм, которые бы отвечали требованиям экономичности и индустриализации. Необходимость и целесообразность использования деревянных конструкций, как наиболее экологичных и обладающих высокими конструктивными свойствами, позволяют расширить область их применения и повысить конкурентоспособность [11,12,18,19]. Недостатки древесины (зависимость ее свойств от строения, влияние пороков, ползучесть и т.д.) ограничивают область применения и требуют значительного расхода качественных пиломатериалов. Одним из способов устранения отрицательных свойств древесины является армирование деревянных конструкций [6,7,9,10].

Технико-экономические показатели свидетельствуют, что применение армированных деревянных конструкций по сравнению с неармированными сокращает приведенные затраты на 20-25 %, расход древесины в 1,8-2,1 раза, массу конструкций на 20-30 %, уменьшаются размеры поперечного сечения. Отмеченные факторы снижают трудоемкость изготовления, объем здания и, следовательно, затраты на ограждающие конструкции и отопление. Уменьшение габаритов и массы конструкций дает возможность более эффективно решать вопросы хранения, транспортировки и монтажа [13,14,20,22,24].

Прогресс в развитии современных деревянных (прежде всего клееных) конструкций проявляется в:

- повышении качества и производительности труда за счет заводского изготовления конструкций и использования сборных элементов на монтаже;
- стандартизации конструкций, требований к ним и методики оценки их качества;
- унификации, позволяющей использовать одни и те же изделия, элементы и детали, а также одинаковые технологические процессы для получения более широкой номенклатуры конструкций;
- использовании элементов большой длины и большого поперечного сечения, существенно превышающих размеры стандартных лесоматериалов; это позволяет перекрывать пролеты значительной величины (до 80-100 м) конструкциями

- сравнительно небольшой массы;
- внедрение конструкций на основе листовых материалов и использовании конструкций рациональных форм и сечений;
 - применении в сочетании с древесиной других конструкционных материалов (металлов, пластмасс);
 - увеличении надежности, огнестойкости и долговечности конструкций за счет усовершенствования технологии и методов контроля, а также за счет повышения био- и огнестойкости древесины;
 - рациональном использовании отходов лесоматериалов и низкосортной древесины.

В свете выше сказанного имеется перспектива применения клеедеревянных армированных конструкций и основной задачей является найти решения усовершенствования этих конструкций: оптимизация, повышение несущей способности, жесткости долговечности [15,16,17,25].

Методы исследования. В исследованиях рассматривается двухшарнирная клеедеревянная рама с жесткими опорными узлами и шарнирно опертым ригелем, представляющим собой клеедеревянную армированную балку. Материалом для изготовления балок принята древесина – сосна 2 сорта, для армирования – стержневая арматура А400 (ГОСТ 5781-82) периодического профиля. Для склеивания древесины с металлами предлагается использовать модифицированные эпоксидные, каучуковые, полиуретановые, фенольные клеи. Клеедеревянную балку рассчитываем, как балку, лежащую на двух шарнирных опорах, нагруженную равномерно-распределенной нагрузкой (рис.1).

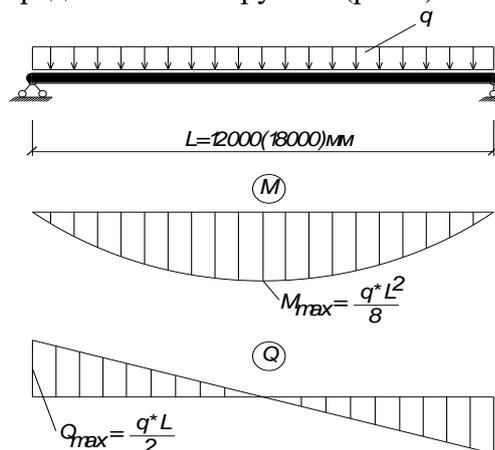


Рис.1. Расчетная схема балки
Fig.1. Calculation scheme of the beam

Рассмотрены следующие варианты неармированных и армированных балок:

1. Дощатокленная балка постоянного по длине сечения, пролетами L=12 метров (рис.2) и L=18 метров;
2. Армированная дощатокленная балка постоянного по длине сечения, пролетами L=12 метров (рис.2) и L=18 метров;
3. Двускатная дощатокленная балка, пролетами L=12 метров (рис.3) и L=18 метров;
4. Двускатная армированная дощатокленная балка, пролетами L=12 метров (рис.3) и L=18 метров;
5. Двускатная дощатокленная балка сегментного очертания, пролетами L=12 метров (рис.4) и L=18 метров;
6. Двускатная армированная дощатокленная балка сегментного очертания, пролетами L=12 метров (рис.4) и L=18 метров.

Кроме того, изучены прямоугольное и двутавровое сечения клеедеревянных балок.

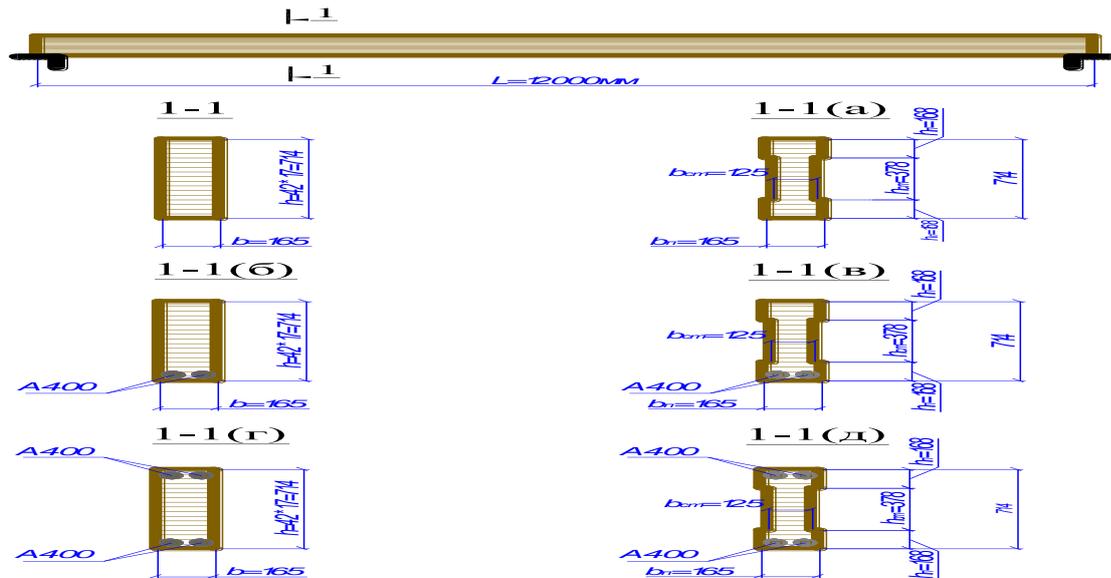


Рис.2. Кледеревянная балка постоянного по длине сечения

Fig.2. Slabs Glue-wood beam capacity of constant cross-section along the maximum length

сечение 1-1 - неармированная балка прямоугольного сечения; сечение 1-1а - неармированная балка двутаврового сечения; сечение 1-1б - армированная балка прямоугольного сечения, несимметричное армирование; сечение 1-1в - армированная балка двутаврового сечения несимметричное армирование; сечение 1-1 г - армированная балка с прямоугольным сечением, симметричное армирование; сечение 1-1д - армированная балка двутаврового сечения, симметричное армирование.

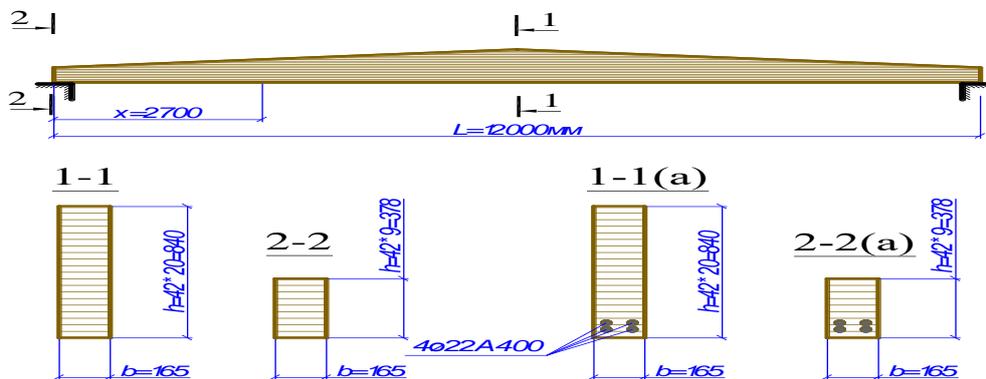


Рис.3. Двускатная дощатокленная балка

Fig. 3. Gable plank beam

сечение 1-1 – сечение в коньке неармированной балки; сечение 2-2 – приопорное сечение неармированной балки; сечение 1-1 а - сечение в коньке неармированной балки; сечение 2-2 а - приопорное сечение неармированной балки.

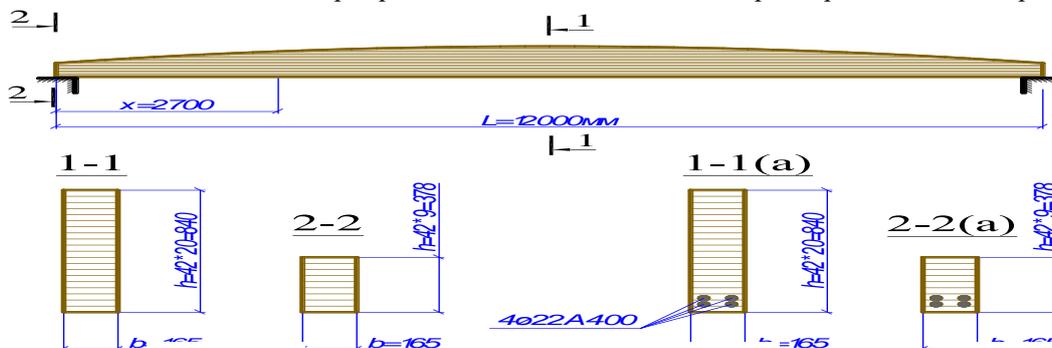


Рис.4. Двускатная дощатокленная балка сегментного очертания верхнего пояса

Fig.4. Double-pitched wooden beam with a segmental shape of the upper chord

сечение 1-1 – сечение в коньке неармированной балки; сечение 2-2 – приопорное сечение неармированной балки; сечение 1-1 а - сечение в коньке неармированной балки; сечение 2-2 а - приопорное сечение неармированной балки.

Расчет ведем по двум группам предельных состояний. Проверка прочности балки на действие нормальных напряжений по формуле [3]:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq R_{и} \cdot m_{б} / \gamma_n$$

где M – расчётный изгибающий момент; R – расчетное сопротивление древесины изгибу; $m_{б}$ – коэффициент для клееных сжатых, изгибаемых и сжато-изгибаемых элементов; γ_n – коэффициент условия работы по назначению.

Проверка прочности балки на действие касательных напряжений по формуле [3]:

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot b} \leq R_{ск} / \gamma_n,$$

где $R_{ск}$ – расчетное сопротивление древесины скалыванию.

Проверка устойчивости плоской формы деформирования выполняют по формуле [3]:

$$\sigma = \frac{M}{W \cdot \varphi_m} \leq R_{и} \cdot m_{б} / \gamma_n$$

φ_m – коэффициент устойчивости, определяемый по формуле:

$$\varphi_m = 140 \frac{b^2}{L_0 \cdot h} \cdot \kappa_{\phi}$$

где L_0 – расстояние между опорами элемента или закрепленными точками по сжатой кромке, препятствующими смещению элемента из плоскости изгиба; κ_{ϕ} – коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке L_0 .

Проверка прогибов: Прогиб балки от равномерной распределенной нагрузки определяем по формуле:

$$f = \frac{5 \cdot q^n \cdot L^4}{384 \cdot E_{др} \cdot I \cdot \gamma_n} \left[1 + c \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] \leq f_{пр},$$

где $c = 15,4 + 3,8 \cdot \beta$ – коэффициент, учитывающий влияние деформаций сдвига на прогиб элемента; $f_{пр} = L/300$ – предельный прогиб для клееных балок; $E_{др}$ – модуль упругости древесины.

Обсуждение результатов. При расчете армированных балок использовались приведенные геометрические характеристики сечений [3]. По результатам теоретических расчетов можно сделать следующие выводы:

1. При сравнении результатов расчетов неармированной клеедеревянной балки постоянного по длине прямоугольного сечения с неармированной балкой постоянного по длине двутаврового сечения можно сделать следующие выводы: в балке двутаврового сечения нормальные напряжения незначительно больше (4%), когда как касательные напряжения выросли на 3%, жесткость балки уменьшилась на 3%; при сохранении требуемой несущей способности применение балки двутаврового сечения позволяет сэкономить 13-15 % древесины.
2. Сравнение клеедеревянных неармированных балок и армированных клеедеревянных балок показало, что нормальные напряжения и прогибы снизились, что, соответственно, повысило их несущую способность.
3. В клеедеревянной балке постоянного по длине прямоугольного сечения с несимметричным армированием напряжения и прогибы уменьшились: нормальные напряжения на 36%; прогибы на 30%.
4. В клеедеревянной балке постоянного по длине прямоугольного сечения с симметричным армированием напряжения и прогибы уменьшились: нормальные напряжения на 40%; прогибы на 37%.
5. В клеедеревянной балке постоянного по длине двутаврового сечения с несимметричным армированием напряжения и прогибы уменьшились: нормальные напряжения на 37%; прогибы на 33%.

6. В клеедеревянной балке постоянного по длине двугаврового сечения с симметричным армированием напряжения и прогибы уменьшились: нормальные напряжения на 40%; прогибы на 34%.
7. В двускатной клеедеревянной балке с армированием напряжения и прогибы уменьшились: нормальные напряжения на 40%; прогибы на 25%.
8. В двускатной клеедеревянной балке сегментного очертания с армированием напряжения и прогибы уменьшились: нормальные напряжения на 37%; прогибы на 25%.
9. Сравнение результатов расчетов двускатных балок, в балке сегментного очертания нормальные напряжения в расчетном сечении меньше на 36%, таким образом несущая способность балки с криволинейным очертанием больше чем в двускатной трапециевидной балке.
10. Прочность на действие касательных напряжений и устойчивость плоской формы деформирования менялись незначительно.

Численный эксперимент по исследованию несущей способности клеедеревянных неармированных и клеедеревянных армированных балок проводился с помощью вычислительного комплекса ПК ЛИРА-САПР 2020. Целью численного эксперимента являлось изучение устройств или физических процессов с помощью математического моделирования. В вычислительном комплексе были построены математические модели конструкций неармированных и армированных клеедеревянных балок тех же размеров, что и при теоретических расчетах. Заданы физико-механические и упругие характеристики материалов исследуемых конструкций. Построена расчетная схема и собрано нагружение балок (рис.5).

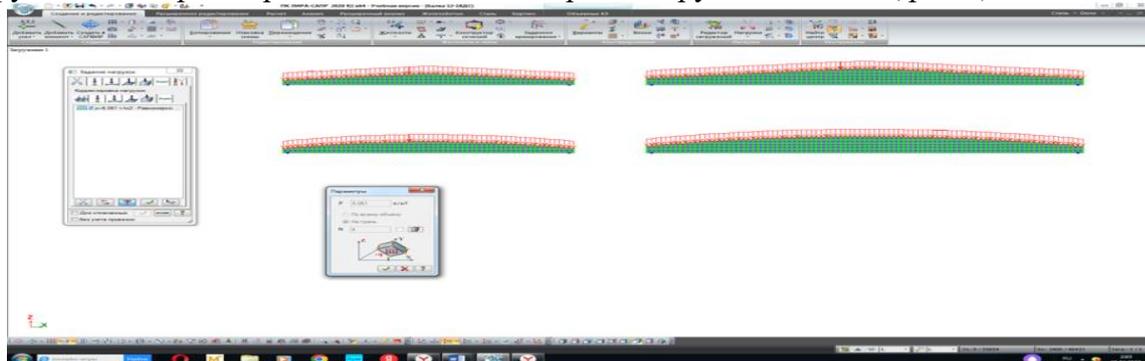


Рис.5. Загружение двускатных балок, $L=12$ м и $L=18$ м

Fig.5. Loading of gable beams, $L=12$ m and $L=18$ m

Численное исследование модели дает возможность определять разнообразные характеристики процессов, оптимизировать конструкции. Мозаика напряжений двускатных балок наглядно показывает распределение напряжений по длине и сечению исследуемой конструкции (рис.6,7,8).

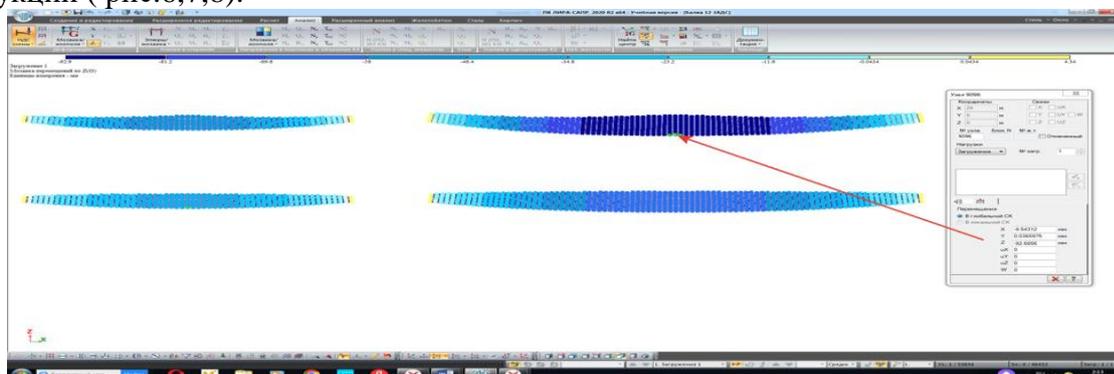


Рис.6. Мозаика перемещений (прогибов) в двускатных балках

Fig.6. Mosaic of displacements (deflections) in gable beams

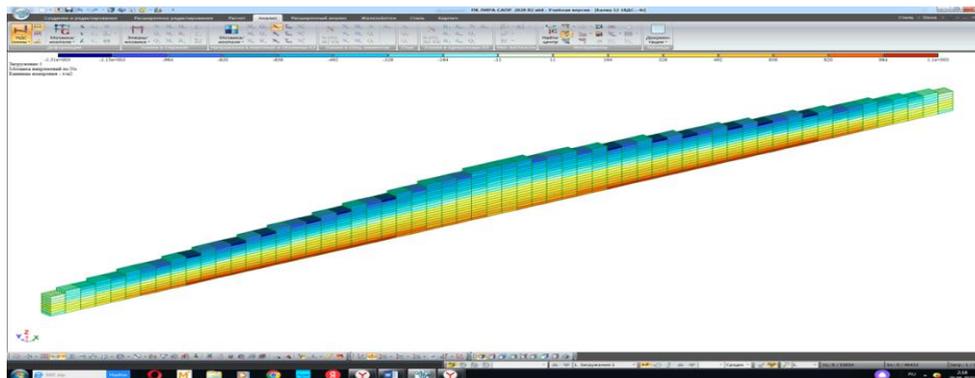


Рис.7. Мозаика нормальных напряжений по N_x двускатных неармированных балок, $L=12\text{m}$
Fig.7. Mosaic of normal stresses on N_x gable unreinforced beams, $L=12\text{m}$

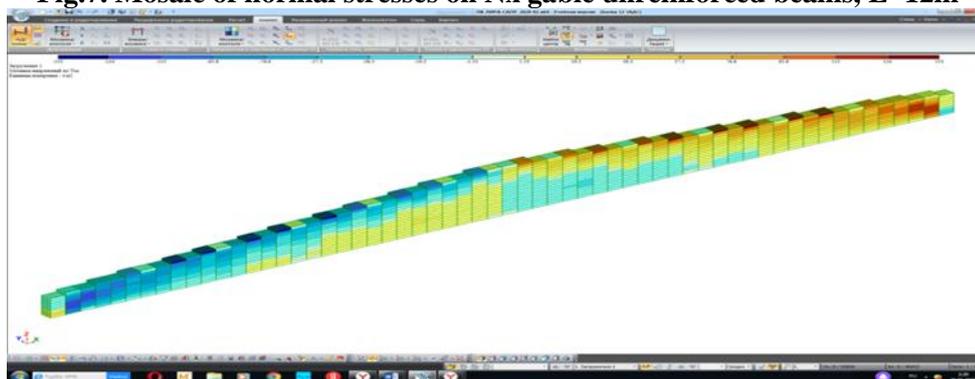


Рис.8. Мозаика касательных напряжений по T_{xz} двускатных неармированных балок, $L=12$
Fig.8. Mosaic of tangential stresses along T_{xz} of gable unreinforced beams, $L=12$

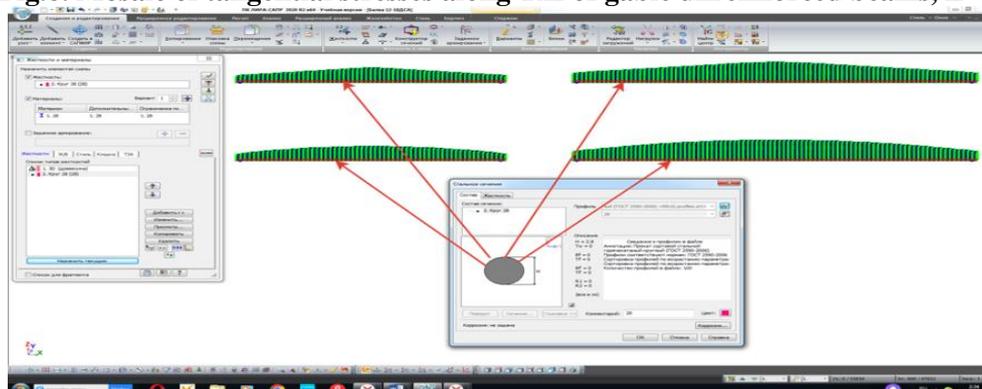


Рис.9. Несимметричное (в один ряд) армирование двускатных балок
Fig.9. Asymmetric (in one row) reinforcement of gable beams

В армированных балках можно наблюдать снижение прогибов, уменьшение нормальных напряжений и незначительное изменение сдвигающих (касательных) напряжений (рис. 10,11,12).

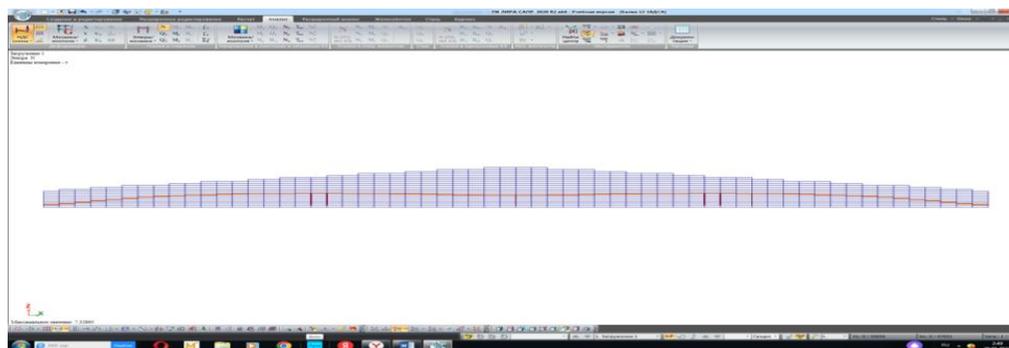


Рис.10. Эпюра нормальных напряжений низкосортной армированной двускатной балки
Fig.10. Diagram of normal stresses of a low-grade reinforced gable beam

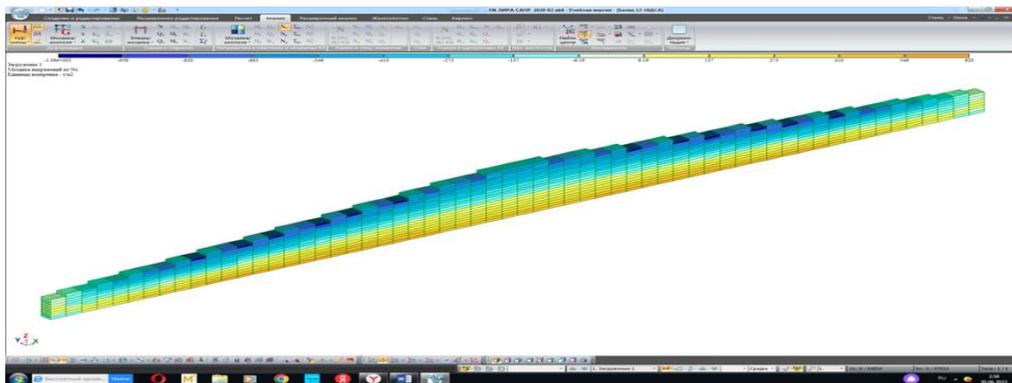


Рис.11. Мозаика нормальных напряжений по N_x двускатных армированных балок, $L=12$ м

Fig.11. Mosaic of normal stresses along N_x gable reinforced beams, $L=12$ m

Результаты численного эксперимента (рис. 6-12) и теоретических исследований показали большую сходимость.

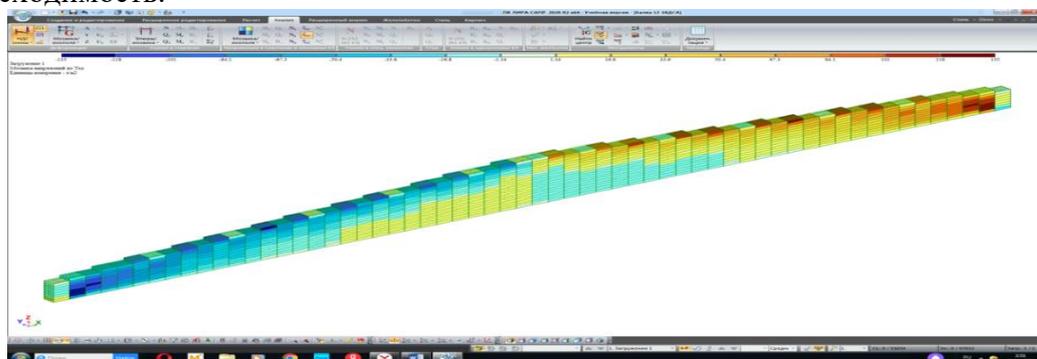


Рис.12. Мозаика касательных напряжений по T_{xz} двускатных армированных балок, $L=12$ м

Fig.12. Mosaic of shear stresses along T_{xz} of gable reinforced beams, $L=12$ m

Вывод. Полученные результаты теоретических расчетов и численного эксперимента разнятся не более чем на 8-10 %. Несущая способность двухшарнирных рам с ригелем в виде армированных клеедеревянных балок в среднем на 35 - 38% больше, чем несущая способность с ригелем в виде неармированных клеедеревянных балок.

Применение металлодеревянных (армированных) балок позволяет оптимизировать сечение, уменьшив высоту сечения, тем самым сэкономить на материале древесины до 40%.

Несущую способность клеедеревянной балки путем армирования можно повысить на: 38 - 40% - симметричным армированием постоянной по длине балки прямоугольного и двутаврового сечения; 30 - 35% - несимметричным армированием постоянной по длине балки прямоугольного и двутаврового сечения; 30 - 35% - армированием двускатной балки.

Жесткость в армированных клеедеревянных балках можно повысить на: 35 - 37% - симметричным армированием постоянной по длине балки прямоугольного и двутаврового сечения; 33 - 35% - несимметричным армированием постоянной по длине балки прямоугольного и двутаврового сечения; 35 - 40% - армированием двускатной балки.

Библиографический список:

1. ГОСТ 8486-86. Пиломатериалы хвойных пород. - М. : Изд-во стандартов, 1990.-30 с.
2. ГОСТ 5781-82*. Сталь горячекатаная для армированных железобетонных конструкций. - М. : Изд-во стандартов, 1983.
3. Гринь, И. М. Проектирование и расчет деревянных конструкций: справочник / И. М. Гринь. - Липецк : Интеграл, 2006. - 236 с.
4. Касаткин, В. Б. Эффективность применения армированной древесины для изготовления панельных покрытий / В. Б. Касаткин, Ю. Б. Вылегжанин // Развитие производства клееных деревянных конструкций в Сибири : сб. тр. - Новосибирск : Новосиб. строит, ин-т, 1975. - С. 120 - 123.
5. Ковальчук, Л. М. Производство деревянных клееных конструкций / Л. М. Ковальчук. - М. : Стройматериалы, 2005. - 334 с.
6. Ковальчук, Л. М. Деревянные конструкции в строительстве / Л. М. Ковальчук, С. Б. Турковский - М. : Стройиздат, 1995. - 246 с.
7. Линьков, Н. М. Особенности деформирования клееных армированных деревянных балок при циклическом действии

- длительной нагрузки / Н. М. Линьков, С. А. Щуко // Строительство и архитектура. - 1972. - № 11. - С. 39 - 41.
8. Линьков, Н. М. Снижение материалоемкости конструкций / Н. М. Линьков. - М. : Стройиздат, 1974. - 48 с.
 9. Пособие по проектированию деревянных конструкций. - М. : Стройиздат, 1986. - 216 с.
 10. Конструкции из дерева и пластмасс: Учебное пособие для студентов ВУЗов/ Г.Н.Зубарев, Ф.А.Бойтемиров, В.М.Головина и др./Под ред. Ю.Н. Хромца. -3-изд., перераб. И доп.-М.:Издательский центр« Академия», 2004ю-304 с.
 11. Рощина, С. И. Повышение надежности армированных деревянных конструкций /С. И. Рощина, В. А. Репин, М. В. Лукин // Деревообрабатывающая промышленность. - 2008. - № 2. - С. 11 - 13.
 12. Рощина, С. И. Армированные деревянные конструкции / С. И. Рощина // Строительство и архитектура. - 2008. - № 3. - С. 32 - 38.
 13. Рощина, С. И. Плиты покрытия с армированным деревянным каркасом при длительных силовых воздействиях / С. И. Рощина // Промышленное и гражданское строительство. - 2008. - № 4. - С. 42-43.
 14. Соротокин, В. М. О прочности и деформативности клееного соединения арматуры с древесиной / В. М. Соротокин, А. Б. Шолохова, А. С. Фрей-дин // Разработка и исследование клееных деревянных и фанерных армированных конструкций : тр. ЦНИИСК. - Вып. 24. - М., 1972. - С. 40 - 46.
 15. СНиП П-25-80*. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. - М. : Стройиздат, 1982.
 16. Смирнов, А. Ф. Сопrotивление материалов / А. Ф. Смирнов. - М. : Высш. шк., 1975. - С. 82.
 17. Щуко, В. Ю. Исследования несущей способности армированных деревянных балок / В. Ю. Щуко // Строительство и архитектура. - 1969. - № 2. - С. 22 - 28.
 18. Щуко, С. А. Технико-экономическая оценка эффективности клееных армированных деревянных конструкций / С. А. Щуко, А. Н. Козулин // Строительство и архитектура. - 1972. - № 11. - С. 124 - 126.
 19. Щуко, В. Ю. Оптимальное проектирование армированных деревянных конструкций / В. Ю. Щуко, С. Л. Молотовщиков, С. И. Рощина // Расчет и оптимальное проектирование строительных конструкций : материалы междунар. симп. - Владимир : ВлГУ, 1996. - С. 26 - 29.
 20. Щуко, В. Ю. Армированные деревянные конструкции: учеб. пособие / В. Ю. Щуко, С. И. Рощина. - Владимир : Посад, 2002. - С. 67.
 21. Щуко, В. Ю. Армированные деревянные балки для покрытий и перекрытий жилых зданий / В. Ю. Щуко, Е. А. Смирнов, С. В. Климков // Развитие малоэтажного домостроения из древесного сырья : материалы Всесоюз. совещ. журналистов. - М., 1989. - С. 40 - 45.
 22. Щуко, В. Ю. Оценка работы армированных деревянных балок во времени / В. Ю. Щуко // Строительство и архитектура. - 1969. - № 7. - С. 28 - 31.
 23. Белянкин Ф.П. Длительное сопротивление древесины. М.: ОНТИ, 1934. 280.
 24. Иванов Ю.М., Линьков И.М., Сороткин В.М. Исследование влияния армирования на прочность и жесткость клееных деревянных изгибаемых элементов //Разработка и исследование клееных и фанерных армированных конструкций: тр. УНИИАС. Вып. 24. М., 1972. С. 13-39.
 25. Репин В.А. Деревянные балки с рациональным армированием: дис. ... канд. техн. наук. Владимир, 2000. 158 с.

References:

1. GOST 8486-86. Softwood lumber. М. : Publishing House of Standards, 1990:30.
2. GOST 5781-82*. Hot-rolled steel for reinforced reinforced concrete structures. М. : Publishing House of Standards, 1983.
3. Grin, I. M. Design and calculation of wooden structures: handbook. Lipetsk : Integral, 2006: 236.
4. Kasatkin, V. B. The effectiveness of the use of reinforced wood for the manufacture of panel coverings / V. B. Kasatkin, Yu. B. Vyleg-zhanin . Development of the production of glued wooden structures in Siberia : sb. tr. - Novosibirsk : Novosibirsk. builds, in-t, 1975: 120 - 123.
5. Kovalchuk, L. M. Production of wooden glued structures. М. : Building Materials, 2005: 334.
6. Kovalchuk, L. M. Wooden structures in construction / L. M. Kovalchuk, S. B. Turkovsky. М. : Stroyizdat, 1995: 246
7. Linkov, N. M. Features of deformation of glued reinforced wooden beams under the cyclic action of prolonged load / N. M. Linkov, S. A. Shchuko. *Construction and architecture*. 1972; 11: 39-41.
8. Linkov, N. M. Reduction of material consumption of structures. М. : Stroyizdat, 1974; 48.
9. Пособие по проектированию деревянных конструкций. М. : Стройиздат, 1986.-216 с.
10. Constructions made of wood and plastics:Textbook for university students / G.N.Zubarev, F.A.Boytemirov, V.M.Golovina, etc./Edited by Yu.N. Khromets. -3rd ed., reprint. And additional-M.: Publishing center" Academy", 2004-304 p.
11. Рощина, С. И. Повышение надежности армированных деревянных конструкций /С. И. Рощина, В. А. Репин, М. В. Лукин // Деревообрабатывающая промышленность. - 2008. - № 2. - С. 11 - 13.
12. Roschina, S. I. Reinforced wooden structures / S. I. Roschina // Construction and architecture. - 2008. - No. 3. - pp. 32-38.
13. Roshchina, S. I. Coating plates with reinforced wooden frame under prolonged force influences / S. I. Roshchina // Industrial and civil construction. - 2008. - No. 4. - pp. 42-43.
14. Sorotokin, V. M. On the strength and deformability of the adhesive joint of reinforcement with wood / V. M. Sorotokin, A. B. Sholokhova, A. S. Frey- din // Development and research of glued wooden and plywood reinforced structures : tr. TSNIISK. - Vol. 24. - М., 1972. - p. 40 - 46.
15. СНиП П-25-80*. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. - М. : Стройиздат, 1982.
16. Смирнов, А. Ф. Сопrotивление материалов / А. Ф. Смирнов. - М. : Высш. шк., 1975. - С. 82.
17. Shchuko, V. Yu. Studies of the bearing capacity of reinforced wooden beams / V. Yu. Shchuko // Construction and architecture . - 1969. - No. 2. - pp. 22-28.
18. Shchuko, S. A. Technical and economic assessment of the effectiveness of glued reinforced wooden structures / S. A. Shchuko, A. N. Kozulin. *Construction and architecture*. 1972;11:124 - 126.
19. Shchuko, V. Yu. Optimal design of reinforced wooden structures / V. Yu. Shchuko, S. L. Molotovshchikov, S. I.

- Roshchina. Calculation and optimal design of building structures : materials international. simp. -Vladimir : VISU, 1996: 26-29.
20. Shchuko, V. Yu. Reinforced wooden structures: textbook. manual / V. Yu. Shchuko, S. I. Roshchina. - Vladimir : Posad, 2002: 67.
 21. Shchuko, V. Yu., E. A. Smirnov, S. V. Klimkov. Reinforced wooden beams for coverings and ceilings of residential buildings *Development of low-rise housing construction from wood raw materials : materials of the All-Union. confer. journalists.* М., 1989: 40 - 45.
 22. Shchuko, V. Yu. Evaluation of the work of reinforced wooden beams in time. *Construction and architecture.* 1969; 7: 28 - 31.
 23. Belyankin F.P. Long-term resistance of wood. М.: бало́к ONTI, 1934. 280.
 24. Ivanov Yu.M., Linkov I.M., Sorokin V.M. Investigation of the effect of reinforcement on the strength and rigidity of glued wooden bent elements. *Development and research of glued and plywood reinforced structures: tr. UNIIAS.* 1972.; 24: 13-39.
 25. Repin V.A. Wooden beams with rational reinforcement: dis. ... Candidate of Technical Sciences. Vladimir, 2000; 158.

Сведения об авторах:

Булгаков Александр Исакович, доцент, кафедра строительных конструкций и гидротехнических сооружений; alexbild_58@mail.ru

Калиева Мадина Халитовна, старший преподаватель, кафедра строительных конструкций и гидротехнических сооружений; anidama@mail.ru

Конусов Марат Олегович, студент 4 курса; m.konusov99@mail.ru

Information about the authors:

Alexander I. Bulgakov, Assoc. Prof., Department of Building Structures and Hydraulic Structures; alexbild_58@mail.ru

Madina Kh. Kalieva, Senior Lecturer, Department of Building Structures and Hydraulic Structures; anidama@mail.ru

Marat O. Konusov, 4th year Student; m.konusov99@mail.ru

Конфликт интересов/ Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 26.10.2022.

Одобрена после/рецензирования Revised 03.11.2022.

Принята в печать/ Accepted for publication 03.11.2022.