

УДК 624.011

НАПРУЖЕННИЙ СТАН ГНУТОКЛЕЄНИХ РАМ З ВРАХУВАННЯМ АНІЗОТРОПІЇ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ

МИХАЙЛОВСЬКИЙ Д.В.^{1*}, к.т.н, доц.,
МАТЮЩЕНКО Д.М.², інженер.

^{1*} Кафедра металевих та дерев'яних конструкцій, Київський Національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, 03680, Київ, Україна, тел. +38 (044) 241-55-09, e-mail: mdk.sns@gmail.com.

² ФОП «Михайловський Д.В.» (DM Project), вул. Липківського, 35-а, 03035, Київ, Україна, тел. +380674658549, e-mail: office@dmproject.com.ua.

Анотація. Мета. Досвід експлуатації гнutoклеєних рам підтвердив, що найбільш проблемним місцем є карнизний вузол рами. Але відбувались не поодинокі випадки руйнування рам не в бісектрисному куті, в якому рекомендують перевіряти міцність в нормативній та навчально-методичній літературі, а з зміщенням до місця з'єднання ригелю зі стійко-карнизним блоком. Тому для вивчення напружено-деформованого стану необхідно дослідити вплив анізотропії фізико-механічних властивостей на напружений стан, що забезпечить надійність та безпечність гнutoклеєних рам в цілому. Це дослідження дає можливість відродити гнutoклеєні рами, які є вдалою конструктивною формою для рамних конструкцій, а для цього потрібно мати досконалу нормативну методику розрахунку. **Методика.** За допомогою програмного комплексу ЛІРА-САІР 2013 запропоновано провести чисельні дослідження з врахуванням анізотропії фізико-механічних властивостей клеєної деревини. Провести пошук небезпечних перерізів для оцінки міцності гнutoклеєних рам з клеєної деревини. **Результати.** Проаналізовано напружено-деформований стан гнutoклеєних рам з врахуванням фізико-механічних властивостей клеєної деревини. Встановлено вплив анізотропії на крайові нормальні напруження, дотичні та радіальні (нормальні впоперек волокон) напруження. Знайдені небезпечні перерізи для оцінки міцності гнutoклеєних рам та відмічено важливість врахування всіх компонентів напруженого стану в перехідних зонах та в місцях з'єднання ригеля з стійко-карнизним блоком. **Наукова новизна.** Числові дослідження напружено-деформованого стану гнutoклеєних рам з врахуванням анізотропії фізико-механічних властивостей клеєної деревини в програмному комплексі ЛІРА-САІР 2013. **Практична значимість.** Рекомендації щодо небезпечних перерізів оцінки міцності гнutoклеєних рам з клеєної деревини. Визначена необхідність врахування анізотропії фізико-механічних властивостей при перевірці міцності гнutoклеєних рам. Визначено вплив кривизни карнизного вузла гнutoклеєної рами на характер розподілу нормальних, дотичних та радіальних напружень. Наведені максимальні напруження в карнизних вузлах гнutoклеєних рам типу ДГРП (гнutoклеєні рами зі стійко-карнизним блоком) для радіусів кривизни від 2 до 4 м, з прольотами рам від 12 до 65 м з врахуванням анізотропії фізико-механічних властивостей клеєної деревини.

Ключові слова: клеєна деревина; складний напружений стан; анізотропія; фізико-механічні властивості; програмний комплекс, гнutoклеєна рама

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГНУТОКЛЕЕННЫХ РАМ С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЛЕЁНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

МИХАЙЛОВСКИЙ Д.В.^{1*}, к.т.н, доц.,
МАТЮЩЕНКО Д.М.², инженер.

^{1*} Кафедра металлических и деревянных конструкций, Киевский Национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, 03680, Киев, Украина, тел. +38 (044) 241-55-09, e-mail: mdk.sns@gmail.com.

² ФЛП «Михайловский Д.В.» (DM Project), ул. Липковского, 35-а, 03035, Киев, Украина, тел. +380674658549, e-mail: office@dmproject.com.ua.

Аннотация. Цель. Опыт эксплуатации гнutoклеєных рам подтвердил, что наиболее проблемным место является карнизный узел рамы. Но происходили не единичные случаи разрушения рам не по бисектрисному углу, в котором рекомендуют проверять прочность в нормативной и учебно-методичной литературе, а со смещением к месту соединения ригеля с стоечно-карнизным блоком. Поэтому для изучения напряжено-деформированного состояния необходимо исследовать влияние анізотропії физико - механических свойств на напряженное состояние, что обеспечит надежность и безопасность гнutoклеєных рам в целом. Это исследование дает возможность возродить гнutoклеєные рамы, которые являются наиболее удачной конструктивной формой для рамных конструкций, для этого нужно усовершенствовать нормативную методику расчета. **Методика.** С помощью программного комплекса ЛІРА-САІР 2013 предложено провести численные исследования с учетом анізотропії физико-механических свойств клеєной древесины. Провести поиск опасных сечений для проверки прочности гнutoклеєных рам из клеєной древесины. **Результаты.** Проанализировано напряженно-

деформированное состояние гнутоклееных рам с учетом физико-механических свойств клееной древесины. Установлено влияние анизотропии на краевые нормальные напряжения, касательные и радиальные (нормальные поперек волокон) напряжения. Найдены опасные сечения для оценки прочности гнутоклееных рам и отмечено важность учета всех компонентов напряженного состояния в переходных зонах, в местах соединения ригеля с стоечно-карнизным блоком. **Научная новизна.** Численные исследования напряженно-деформированного состояния гнутоклееных рам с учетом анизотропии физико-механических свойств клееной древесины в программном комплексе ЛИРА-САПР 2013. **Практическая значимость.** Рекомендации относительно опасных сечений оценки гнутоклееных рам из клееной древесины. Определено влияние кривизны карнизного узла гнутоклееной рамы на характер распределения нормальных, касательных и радиальных напряжений. Приведенные максимальные напряжения в карнизных узлах гнутоклееных рам типа ДГРП (гнутоклееные рамы с стоечно-карнизным блоком), для радиусов кривизны от 2 до 4 м, рам с пролетами от 12 до 65 м с учетом анизотропии физико-механических свойств клееной древесины.

Ключевые слова: клееная древесина; сложное напряженное состояние; анизотропия; физико-механические свойства; программный комплекс, гнутоклееная рама

STRESS STATE BENT FRAMES, TAKING INTO ACCOUNT THE ANISOTROPY OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF LAMINATED WOOD

MIKHAYLOVSKIY D.V.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech), assistant professor*,
MATYUSHCHENKO D.N.², *engineer*.

^{1*} Department of steel and timber structures, Kyiv national University of construction and architecture, Vozdukhoflotskiy avenue, 31, 03680, Kyiv, Ukraine, phone +38 (044) 241-55-09, e-mail: mdk.sns@gmail.com.

² PPE "Mikhaylovskiy D.V." (DM Project), Lipkovskogo str., 35-a, Kyiv 03035, Ukraine, phone +380674658549, e-mail: office@dmproject.com.ua.

Abstract. Purpose. Operating experience curved frames confirmed that the most problematic place is the exterior aspect of the frame. But there was not a single case of destruction of the RAM not bisectonal corner, which is recommended to check the strength in regulatory and educational-methodical literature, and offset to the connection bolts with rack-curtain unit. Therefore, to study the stress strain state is required to investigate the effect of anisotropy of physical and mechanical properties on the stress state that will ensure the reliability and security of curved frames in General. This study provides an opportunity to renew curved frames, which are the most promising design shape for frame structures, it needs to streamline its regulatory calculation methodology. **Methodology.** With the help of software system LIRA-SAPR 2013 proposed numerical studies taking into account the anisotropy of physical and mechanical properties of laminated wood. To conduct a search of dangerous sections to test the strength of curved frames of laminated wood. **Findings.** Analyzed the stress-strain state of the curved frames with respect to physical and mechanical properties of laminated wood. The influence of anisotropy on the boundary normal stress, tangential and radial (normal across the grain) voltage. Found dangerous section to assess the strength of curved frames and noted the importance of considering all components of the stress state in the transition zones at the joints bolts with rack-curtain unit. **Originality.** Numerical studies of the stress-strain state of a curved frames with anisotropy of physical and mechanical properties of laminated wood in the software system LIRA-SAPR 2013. **Practical value.** Recommendations on dangerous sections of the evaluation curved frames of laminated wood. The effect of curvature of the curved cornice Assembly of the frame to the nature of the distribution of normal, tangential and radial stresses. The maximum stress in the exterior nodes of the curved frame type DGRP (curved Rami with rack-curtain unit), for radii of curvature from 2 to 4 m, frames with spans from 12 to 65 m with anisotropy of physical and mechanical properties of laminated wood.

Keywords: laminated wood; complex stress state; anisotropy; physical and mechanical properties; software, curved frame

Найбільш досконалою конструктивною формою мають рами типу ДГРП, що мають криволінійний стійко-карнизний блок, який з'єднаний з прямолінійним ригелем на зубчастий шип. Такі конструктивні рішення є більш економічними в порівнянні з рамами РДП (рамы з прямолінійних елементів з'єднаних по бісектрисному куту) при однакових загальних об'ємах деревини. Досвід експлуатації гнутоклеєних рам підтвердив, що найбільш проблемне місце в карнизному вузлі рами [1]. Саме міцність карнизного вузла є вирішальною при проектуванні гнутоклеєних рам, що детальніше розглянуто в статті авторів [2].

Для дослідження впливу анізотропії були виконані чисельні дослідження гнутоклеєних рам типу ДГРП 12, 15, 18, 21, 24, 36, 42, 50, 65 м. Попередній підбір перерізу рам виконувався з врахуванням геометричної нелінійності, згідно вказівок [3].

З метою вивчення впливу анізотропії фізико-механічних властивостей на напружений стан проведені чисельні дослідження в програмному комплексі ЛІРА-САПР 2013 з врахуванням фізичної нелінійності. Дослідження стосувались рам з зміною радіусу кривизни карнизного вузла рами з радіусами 2, 3 та 4 м. При цьому, внутрішній радіус приймався

виходячи з мінімального співвідношення радіусу кривизни до товщини дошки $r/h \geq 150$. Створення розрахункових схем в програмному комплексі ЛІРА-САПР 2013 детально розписано в статті [4].

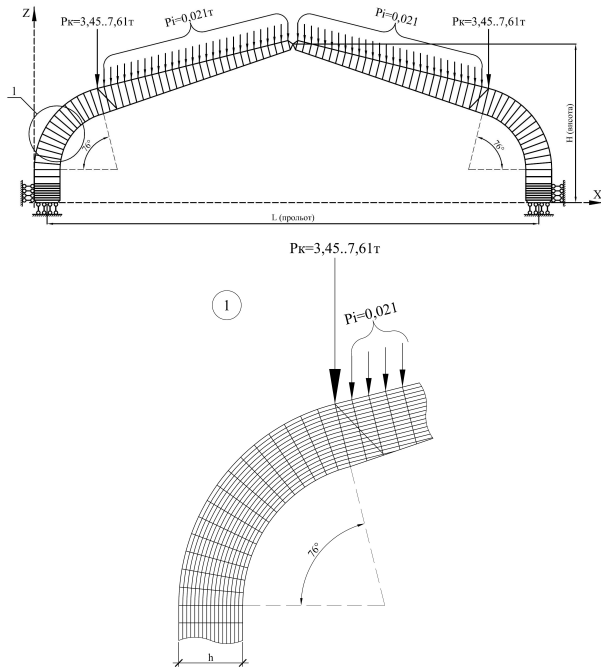


Рис.1. Скінчено-елементна модель для розрахунку гнотоклеєних рам типу ДГРП в ПК ЛІРА-САПР 2013 / Finite element model for calculation of bent laminated frames type DGRP in LIRA-SAPR 2013

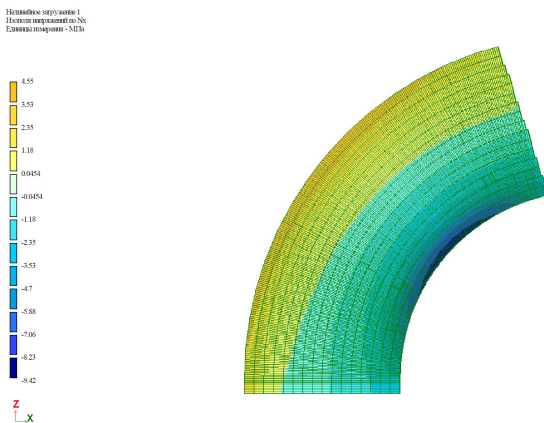


Рис.2. Ізополя нормальних напружень в карнизному вузлі гнотоклеєної рами типу ДГРП / Isopole normal stresses in the eaves node bent laminated frames frame type DGRP.

Аналіз результатів досліджень впливу анізотропії для різних співвідношень радіусів в діапазоні карнизних вузлів при однаковому прольоті на напруження в рамних вузлах показав, що при зміні радіусу врахування анізотропії призводить до зміни характеру розподілу напружень та збільшенню нормальних напружень на крайніх кромках в межах

2,9 % до 54,1 % в розтягнутій зоні та 2,4 % до 20,2 % в стиснутій зоні.

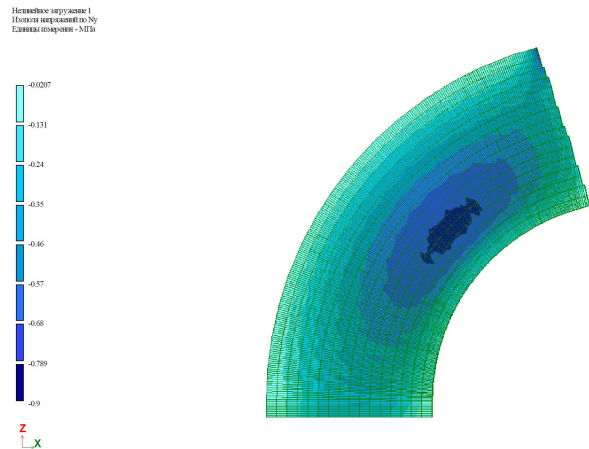


Рис.3. Ізополя радіальних напружень в карнизному вузлі гнотоклеєної рами типу ДГРП / Isopole radial stresses in the eaves node bent laminated frame type DGRP.

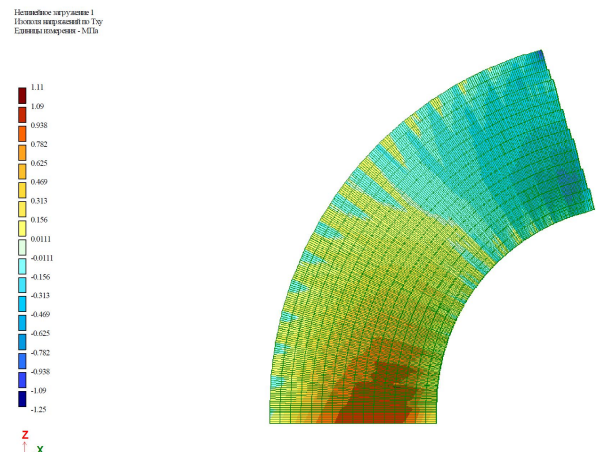


Рис.4. Ізополя дотичних напружень в карнизному вузлі гнотоклеєної рами типу ДГРП / Isopole tangential stresses the curtain node bent frame type DGRP.

Форма епюри нормальних напружень стає більш вигнутою в розтягнутій зоні та майже прямолінійною в стиснутій зоні. В перерізі біля бісектриси форма епюри відрізняється від класичного гіперболічного закону розподілу напружень для кривих брусків та має незначене відхилення в розтягнутій зоні поблизу кромки. По мірі наближення до перехідної зони характер розподілу в розтягнутих та стиснутих зонах вирівнюється, а в перехідних зонах має прямолінійний характер, що відповідає класичній теорії опору матеріалу [5].

Вплив кривизни та нормальної сили призводить до зміщення нейтральної осі. В прямолінійних елементах нейтральна вісь зміщується до розтягнутої зони, а в криволінійній частині до стиснутої зони.

Таблиця 1

Для співвідношень $r/h \geq 2,5$ максимальне зміщення нейтральної осі спостерігається в бісектрисному перерізі, а при співвідношенні $r/h < 2,5$ спостерігається зміщення перерізу, з максимальним зміщенням нейтральної осі до стиснутої зони, до місця з'єднання стійко-карнизного блоку з прямолінійним ригелем.

Ступінь кривизни також впливає на величини радіальних напружень або напружень поперек волокон. При цьому форма радіальних напружень при співвідношенні $r/h \leq 4,5$ приймає несиметричну форму із зміщенням максимального значення від центру ваги. Характер розподілу радіальних напружень по довжині криволінійної ділянки змінюється від несиметричного що спостерігається в бісектрисному перерізі, максимальні напруження зміщуються до стиснутої зони, а в місцях з'єднання ригелю з стійко-карнизним блоком епюра радіальних напружень змінює свою форму на параболічну. При співвідношенні $r/h \leq 4,5$ спостерігається зміщення максимального значення напружень по довжині криволінійної ділянки в сторону прямолінійного ригелю. Врахування анізотропії фізико-механічних властивостей приводить до зменшення радіальних напружень до 15,3 %.

Ступінь кривизни впливає на форму дотичних напружень. В криволінійних ділянках рам, де поперечна сила змінює свою величину та напрямок, дослідження характеру дотичних напружень з врахуванням анізотропії матеріалу має важливе значення. З початком криволінійної ділянки спостерігається викривлення форми епюри та зміщення максимального значення від центру ваги перерізу до стиснутої зони. В зоні бісектрисного перерізу спостерігається знакозмінні епюри, що пояснюється характером зміни поперечної сили. З зменшенням співвідношення r/h епюри дотичних напружень приймають несиметричну форму з більш суттєвим знакозмінним характером. На величину та характер розподілу дотичних напружень значно впливає особливість зовнішнього навантаження карнизного вузла. До того ж це впливає і на розподіл напружень впоперек волокон. В цих випадках анізотропія згладжує локальні збільшення напружень в розтягнутій зоні біля зони прикладання зосередженої сили. Врахування анізотропії матеріалу приводить до зміни значень окремих напружень, для співвідношення $r/h \leq 2,5$ значення дотичних напружень збільшуються від 1,8 % до 33,7 %, а для співвідношення $r/h > 2,5$ зменшуються від 4,4 % до 13 %. Чисельне аналіз максимальних напружень в карнизних вузлах досліджуваних гнукоткесних рам типу ДГРП наведено у таблиці 1, 2 та 3.

Максимальні напруження в карнизних вузлах рам при R=2000 мм /

The maximum stress the curtain nodes frames with R=2000 mm

L, м	Напруження без врахування анізотропії				Напруження з врахуванням анізотропії			
	σ_p	σ_c	σ_r	τ_{xy}	σ_p	σ_c	σ_r	τ_{xy}
12	6.24	-9.17	-0.67	-0.92	6.74	-10.5	-0.67	-0.85
15	5.2	-8.87	-0.74	-0.87	5.71	-9.88	-0.72	-0.83
18	4.47	-8.24	-0.79	-0.85	5.04	-9.3	-0.76	-1.08
21	4.28	-8.31	-0.88	-0.90	4.95	-9.58	-0.84	-0.91
24	4.03	-8.31	-0.97	-0.92	4.79	-9.71	-0.91	-1.0
36	3.15	-8.45	-1.28	-1.14	4.32	-10.4	-1.14	-1.24
42	4.08	-10.6	-1.62	-1.38	5.44	-13	-1.43	-1.49
50	4.39	-12.1	-1.96	-1.65	6.08	-14.8	-1.7	-2.1
65	4.18	-13.4	-2.38	-1.84	6.44	-16.1	-2.1	-2.21

Таблиця 2

Максимальні напруження в карнизних вузлах рам при R=3000 мм /

The maximum stress the curtain nodes frames with R=3000 mm

L, м	Напруження без врахування анізотропії				Напруження з врахуванням анізотропії			
	σ_p	σ_c	σ_r	τ_{xy}	σ_p	σ_c	σ_r	τ_{xy}
12	7.06	-10.2	-0.49	-0.93	7.4	-10.8	-0.50	-0.87
15	5.57	-8.62	-0.51	-0.86	5.96	-9.15	-0.51	-0.79
18	5.2	-8.63	-0.58	-0.84	5.64	-9.34	-0.57	-0.78
21	4.92	-8.48	-0.64	-0.83	5.41	-9.27	-0.63	-0.80
24	4.81	-8.47	-0.70	-0.87	5.39	-9.44	-0.68	-0.89
36	3.73	-8	-0.89	-0.94	4.55	-9.42	-0.9	-1.25
42	4.99	-10.3	-1.17	-1.14	5.95	-12.2	-1.08	-1.18
50	5.24	-11.4	-1.37	-1.23	6.39	-13.5	-1.25	-1.33
65	5.36	-12.9	-1.75	-1.52	6.92	-15.5	-1.55	-1.68

Таблиця 3

Максимальні напруження в карнизних вузлах рам при R=4000 мм /

The maximum stress the curtain nodes frames with R=4000 mm

L, м	Напруження без врахування анізотропії				Напруження з врахуванням анізотропії			
	σ_p	σ_c	σ_r	τ_{xy}	σ_p	σ_c	σ_r	τ_{xy}
12	8.89	-12.3	-0.45	-1.04	9.15	-12.6	-0.47	-1.0
15	5.75	-8.74	-0.46	-0.91	6.09	-9.2	-0.46	-0.82
18	5.73	-8.74	-0.46	-0.92	6.07	-9.2	-0.46	-0.83
21	5.43	-8.61	-0.51	-0.94	5.84	-9.18	-0.5	-0.85
24	5.14	-8.46	-0.55	-0.89	5.57	-9.14	-0.54	-0.81
36	4.27	-8.11	-0.71	-0.86	4.92	-9.15	-0.68	-0.76
42	5.53	-10.2	-0.91	-1.08	6.29	-11.5	-0.87	-1.11
50	6.19	-11.7	-1.12	-1.18	7.12	-13.3	-1.07	-1.34
65	6.36	-13	-1.41	-1.31	7.52	-15.1	-1.31	-1.36

Аналізуючи напружений стан у цілому необхідно відмітити, що нормальні напруження мають плавну зміну по довжині елементів гнукоткесної рами, особливо в зоні бісектрисного перерізу, при незначних дотичних напруженнях. Цей факт дає змогу проводити оцінку міцності, в даному перерізі, при врахованні тільки двох компонентів напруженого стану.

Щодо перехідних та криволінійних ділянок, де мають місце локальні напруження, у зв'язку з прикладанням зосередженої сили, в даних перерізах потрібно враховувати усі три компоненти напруженого стану.

Також слід підкреслити, що в опорному вузлі спостерігається складний напружений стан. Епюри дотичних напружень мають знакозмінний характер, але менші за значенням в порівнянні з дотичними напруженнями в ригельній частині рами. Причиною цього є тертя, яке виникає по поверхні дотику опорної металевої конструкції. Найбільша концентрація виникає в місці дотику вертикальної металевої пластини опорного башмаку, це можливо пояснити прижимною силою від розпору. Таку концентрацію напружень можливо зменшити при застосуванні вертикальної дерев'яної або клеєфанерної прокладки в місці дотику опорної вертикальної пластини опорного башмаку. Напруження вздовж та поперек волокон в опорному вузлі не мають великого значення та стабілізуються по довжині стійки, це також відмічалось в роботі [6]. Але розглядаючи напружений стан в опорному вузлі необхідно враховувати усі компоненти напруженого стану з врахуванням місцевої концентрації.

Підсумовуючи вище сказане, необхідно відмітити наступні висновки:

1) В роботі проаналізований напружено-деформований стан гнотоклеєних рам з врахуванням геометричної нелінійності та анізотропії фізико-механічних властивостей клеєної деревини;

2) В криволінійних ділянках вплив анізотропії з різними радіусами кривизни приводить до збільшення крайових нормальних розтягуючих напружень на 54,1 %, стискуючих на 23,1 %. При $r/h \leq 2,5$ максимальні дотичні напруження збільшуються на 33,7 %, а при $r/h > 2,5$ навпаки, зменшуються на 13 %. Максимальні радіальні напруження в криволінійній ділянці зменшуються на 11,8 %. В прямолінійних ділянках рами вплив анізотропії фізико-механічних властивостей не є суттєвим.

3) Визначальними в зоні бісектрисного перерізу є максимальні нормальні напруження, в перехідних зонах та місцях стику стійко-карнизного блоку з ригелем, там де прикладена зосереджена сила, всі компоненти плоского напруженого стану мають суттєві значення, тому для оцінки міцності на цих ділянках необхідно розглядати взаємну дію всіх трьох компонентів напруженого стану, що неодноразово відмічено в роботах авторів [7,8,9,10,11,12,13,14,15].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Анализ причин обрушений зданий и сооружений. / Богданова Е.Н. – Обзор. – М.: ВНИИТПИ, 1991. – 72с.

Analiz prichin obrusheniya zdaniy i sooruzheniy. Bogdanova E.N. [Analysis of the causes of the collapse of buildings and structures], Moscow, 1991, pp.72.

2. Еволюція карнизних вузлів рам з клеєної деревини. Михайловський Д.В., Матющенко Д.М. // Строительные материалы и изделия. Всеукраинский научно-технический и производственный журнал. №3 (74) – Киев, 2012 – с. 27-29.

Evolutsiya karniznykh vuzliv ram z kleenoyi derevyny. Mihaylovskiy D.V., Matyushchenko D.M. [Evolution curtain nodes frames made of laminated wood]. Stroitelnye materialy i izdeliya. Vseukrainskiy nauchno-tehnicheskii i proizvodstvennyi zhurnal. №3 (74) – Kiev, 2012 – s. 27-29.

3. Порівняння методів розрахунку згинального моменту в карнизних вузлах рам типу РДП та ДГРП з клеєної деревини / Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. трудов. Вып. 75, - Дн-вск, ГБУЗ «ЛГАСА», 2014. – 324 с. (в обл.). Porivnyannya metodiv rozrakhunku zgyalnogo momentu v karniznykh vuzlakh ram typu RDP ta DGRP z kleenoy derevyny [Comparison of methods for calculation of bending moment the curtain nodes frame type RDP and DGRP of glued wood]. Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie [Construction, materials science, mechanical engineering] Sbornik nauchnykh trudov – collection of proceedings, Dnepropetrovsk, 2014, issue 75, pp.324.

4. Експериментальні та чисельні дослідження гнотоклеєних рам з клеєної деревини // Чернігівський часопис Чернігівського державного інституту економіки і управління. Серія 2, Техніка і природа: електронний збірник наукових праць. – Чернігів: ЧДІЕУ, 2012. – №1 (3) – с.92-99.

Ekspereimentalni ta chiselni doslidzhennya gnutoklenikh ram z kleenoyi derevyny. [Experimental and numerical studies of bent plywood frame laminated wood]. Chernigivskyy visnyk Chernigivskogo derzhavnogo instytutu ekonomiky i upravlinnya. [Chernihiv state Institute of Economics and management, series 2, Technology and nature: an electronic collection of scientific works], Chernihiv, 2010, pp.92-99.

5. Беляев Н.М. Сопrotивление материалов. –М.: 1965г., с.598-600.

Belyaev N.M. Soprotivlenie materialov [strength of materials], Moscow, 1965, pp.598-600.

6. Расчет и выбор оптимальных параметров рам с прямолинейным ригелем и гнотоклееными стойками для сельскохозяйственных зданий: дис. канд. техн. наук: 05.23.01. – М.: РГБ, 1984.

Raschet vybor optimalnykh parametrov ram s pryamolineynym rigelem i gnutokleenymi stoykami dlya selskokhozyaystvennykh zdaniy [Calculation and selection of optimal parameters of frames with straight bolt and bent racks for agricultural buildings]. dissertatsiya kandidata tekhnicheskikh nauk 05.23.01 [thesis of candidate of technical Sciences 05.23.01], Moscow, 1984.

7. Щодо визначення радіальних напружень в криволінійних карнизних вузлах рам з клеєної деревини // Містобудування та територіальне планування: Наук.– техн. Збірник / Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2010. – Вип. 38, с.241-245.

Shchodo viznachennya radialnykh napruzen v kryvolininykh karniznykh vuzlakh ram z kleenoyi derevyny [Regarding the definition of radial stresses in curved eaves nodes frames made of laminated wood] – Mistobuduvannya ta teryturalne planuvannya: naukovu-tekhnichnyu zbirnyk.

[Urban development and territorial planning: scientific-technical collection], Kiev, 2010, issue 38, pp.241-245.

8. Особливості напружено-деформованого стану в гнукотієсних рамах з клеєної деревини // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. – 2012. – №23. – с. 244-250.

Osoblyvosti napruzhenno-deformovanogo stanu v gnutokleenykh ramakh z kleenoy derevyuny [Features of the stress-strain state in the bent frames made of laminated wood]. Resursoekonomichni materialy, konstruktsiy, budivli ta sporudy. Zbirnyk naukovykh prats [Resources economic materials, constructions, buildings and structures. Collection of scientific papers], 2012, pp.244-250.

9. Складний напружений стан клеєної деревини в карнизних вузлах гнукотієсних рам // Наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів, тези доповідей. – у 2-х частинах. – Ч.1. – К.: КНУБА, 2012. – 184 с.

Skladnyu napruzheny stan kleenoy derevyuny v karniznykh vuzlakh gnutokleenykh ram [Complex stress state laminated timber glued bent frames]. Naukova konferentsiya molodykh vchenykh, aspirantiv i studentiv, tezy dopovidey [Scientific conference of young scientists, postgraduates and students, abstracts], Kiev, 2012, pp.184.

10. Состояние и перспективы применения строительных деревянных конструкций в Украине / В.А. Пермяков, В.З. Клименко – К. : АБУ, часопис Економіка будівництва №4. 2005. – С. 36-41.

Sostoyanie s perspektivy primeneniya stroitelnykh derevyanykh konstruktsiy v Ukraine, V.A. Permyakov, V.Z. Klimenko [The state and prospects of application of building wooden structures in Ukraine]. Chasopys Ekonomika budivnitsva [Journal of construction Economics of construction], 2005, pp.36-41.

11. Вітчизняний досвід впровадження в капітальному будівництві конструкцій з клеєної деревини. Здобутки і проблеми / Кліменко В.З. – К. : науково-виробничий журнал Будівництво України №5 2009. – С. 17-21.

Vitchiznyanu dosvid vprovadzhennya v kapitalnomu budivnitsvi z kleenoy derevyuny. Zdobutky i problemy. Klimenko V.Z. [Domestic implementation experience in capital construction structures made of laminated wood. Achievements and problems]. Naukovo-virobnychiy gurnal Budivnitsvo Ukrainy [Scientific and production journal of Construction of Ukraine], 2009, issue 5, pp.17-21.

12. Проектирование современных конструкций из клееной древесины на принципах новой концепции / Клименко В.З., Найчук А.Я., Фурсов В.В., Михайловский Д.В. - К. Видавництво «Сталь», 2010, 24с.

Proektirovanie sovremenykh konstruktsiy iz kleenoy drevesiny na printsypakh novoy kontseptsii. Klimenko V.Z., Naychuk A.Y.A., Fursov V.V., Mikhaylovskiy D.V [Design of modern structures made of laminated wood on the principles of the new concept], 2010, pp.24.

13. Некоторые особенности расчета клееных деревянных конструкций. / Найчук А.Я., Серов Е.Н., Захаркевич И.Ф. // Сб. науч. тр. «Современные металлические и деревянные конструкции (нормирование, проектирование и строительство)» – Брест : ОАО «Брестская типография», 2009. – С. 205-211.

Nekotorye osobenosti rascheta kleenykh derevyanykh konstruktsiy [Some features of the calculation of glued wooden structures]. Sbornik nauchnykh trudov «Sovremenyye metallicheskie i derevyanye konstruktsii (normirovanie, proektirovanie i stroitelstvo)» [Proceedings of the "Modern metal and wooden structures (permitting, design and construction)"], 2009, pp.205-211.

14. Матющенко Д.М. Експериментальні та чисельні дослідження гнукотієсних рам з клеєної деревини [Електронний ресурс]/ Д.М. Матющенко // Чернігівський науковий часопис, Серія 2, Техніка і природа. – 2012. – Вип.1. – с. 92-99. – Режим доступу: <http://www.chasopis.geci.cn.ua/nomer/2012/1/092-099.pdf>. – Загол. з екрану. – Перевірено: 17.04.15.

Matyushchenko D.M. Eksperimetalni ta chiselni dosladzhennya gnutokleenykh ram z kleenoy derevyuny (Experimental and numerical studies of curved frames of laminated wood). Chernihiv scientific journal, Series 2, Technology and nature, 2012, issue 1. pp. 92-99. Available at: <http://www.chasopis.geci.cn.ua/nomer/2012/1/092-099.pdf> (Accessed 17 April 2015).

15. Карунас О.А., Чернова К.В., Елькина И.И. Клееные деревянные конструкции в современном строительстве / О.А. Карунас, Чернова К.В., Елькина И.И. // Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергосбережения: сб. науч. тр. – 2012. – Вип.4. – с. 320-324. – Режим доступа: http://www.napks.edu.ua/library/compilations/avasie/2012/4/p_320_324.pdf. – Загол. с экрана. – Проверено: 17.05.15.

Karanas O.A., Chernova K.V., Elkina I.I., Kleenye derevyanye konstruktsii v sovremennom stroitelstve (Glued wooden structures in modern construction) Actual problems of architecture, construction and conservation: proceedings of the, 2012, issue 4. pp. 320-324. Available at: http://www.napks.edu.ua/library/compilations/avasie/2012/4/p_320_324.pdf. (Accessed 17 April 2015).

Стаття рекомендована до публікації доктором технічних наук проф. Давиденко О. І. (Україна), доктором технічних наук, проф. Перишаков В.М. (Україна)

Стаття поступила до редколегії 20.04.15