УДК 691.11

Цыбакин С.В.,
кандидат технических наук,
доцент, декан Архитектурно-строительного факультета,
Костромская ГСХА Россия, п. Караваево
Бубнов А.Е.,
Аспирант 1-го года обучения
по научной специальности 2.1.5
Строительные материалы и изделия,
Костромская ГСХА
Россия, п. Караваево

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ КОМПЕНСАЦИОННЫХ ПРОРЕЗЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ НА ВЕЛИЧИНУ КОРОБЛЕНИЯ КЛЕЁНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СУШКЕ

Аннотация. *В статье проведён обзор современных научных исследований, посвящённых влиянию температурно-влажностных факторов на деградацию клеёной древесины. Рассмотрены механизмы разрушения материала под воздействием циклических нагрузок, проанализированы ключевые экспериментальные работы последних лет, систематизированы основные направления повышения стойкости конструкций. Проведено исследование влияния процесса сушки древесины на величину коробления изделий, содержащих технические прорези.*

Ключевые слова: *клеёная древесина, температурно-влажностные воздействия, деградация, клеевые соединения, гидрофобные пропитки, долговечность, защита конструкций, коробление древесины, влажностные деформации.*

THE EFFECT OF THE POSITION OF COMPENSATION NOTCHES RELATIVE TO THE GROWTH RINGS ON THE DEGREE OF SHRINKAGE OF GLUED WOOD DURING DRYING

Annotation. *The article presents an overview of current scientific research on the influence of temperature-humidity factors on glulam degradation. It considers mechanisms of material destruction under cyclic loads, analyzes key experimental works from recent years, and systematizes main directions for improving structural durability. In addition, the study investigates the influence of the wood drying process on the warping of products containing technical grooves.*

Keywords: *glued laminated timber, temperature-humidity effects, degradation, adhesive joints, hydrophobic impregnations, longevity, structure protection, wood warping, moisture-induced deformation.*

Ведение. В современных условиях развития строительной отрасли клееная древесина демонстрирует устойчивый рост востребованности как высокотехнологичный конструкционный материал. Её популярность обусловлена комплексом существенных преимуществ: повышенной прочностью (на 50–70% выше цельной древесины), стабильностью геометрических параметров при изменении влажности, отсутствием природных дефектов и возможностью создания конструкций сложных форм. [1]

Практическое применение клееных конструкций охватывает широкий спектр объектов — от малоэтажного строительства до большепролетных сооружений, включая бассейны, аквапарки и складские помещения с агрессивной средой. Экономическая эффективность материала проявляется в существенном снижении массы конструкций, что уменьшает нагрузку на фундамент и упрощает транспортировку. Современные технологии производства позволяют изготавливать элементы точной геометрической формы, что минимизирует отходы и обеспечивает точность монтажа. [2,3]

Материалы и методы исследования. При производстве клееной древесины в процессе её сушки до требуемой влажности неизбежно возникают внутренние напряжения, которые являются следствием неравномерного распределения влаги в структуре материала. Механизм формирования напряжений связан с тем, что поверхностные слои древесины высыхают быстрее внутренних, что приводит к возникновению разнонаправленных деформаций: наружные слои испытывают растягивающие напряжения, а внутренние — сжимающие. Эти напряжения могут достигать критических значений и приводить к серьёзным дефектам материала, таким как: образованию трещин, нарушению целостности структуры, появлению деформаций, короблению готовых изделий.

При сушке и обработке древесины возникает несколько типов коробления, каждый из которых характеризуется специфической деформацией материала. Поперечное коробление проявляется в виде вогнутой или выпуклой формы доски поперек волокон, возникающей из-за разной степени усушки наружной и внутренней пласти при тангенциальном распиле. Продольное коробление по пласти выражается в искривлении доски вдоль волокон относительно широкой грани, что связано с разницей усушки вдоль и поперек волокон, а также наличием наклонных волокон или косослоя. Продольное коробление по кромке характеризуется искривлением вдоль волокон относительно узкой грани и вызывается неравномерным выходом влаги и внутренними напряжениями, особенно при наличии сучков. Наиболее сложным видом является крыловатость (винтовое коробление), при котором происходит спиралевидное скручивание пиломатериала по длине, обусловленное наличием косослоя или свилеватости древесины, а также неравномерным высыханием при ускоренной сушке. [4].

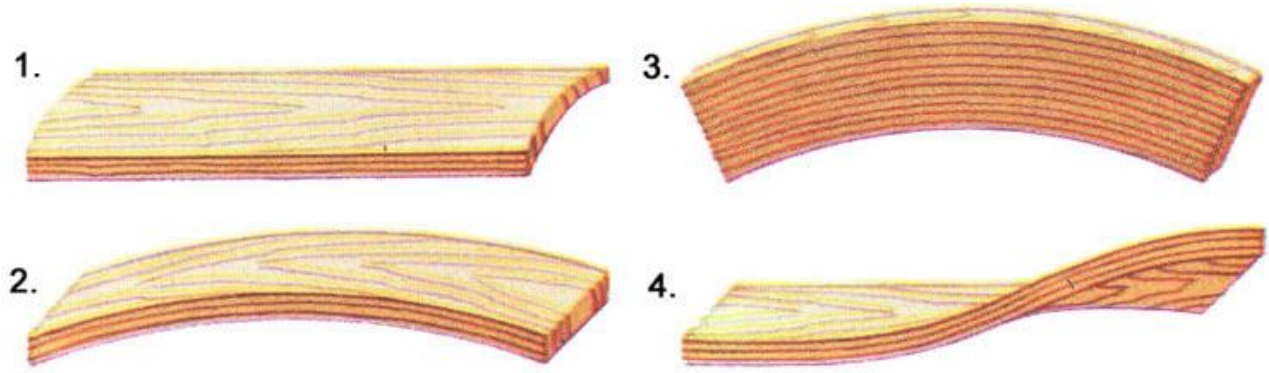


Рисунок 1. Виды коробления: 1 — поперечное; 2 — продольное по пласти; 3 — продольное по кромке; 4 — крыловатость.

Результаты исследования.

Проблема коробления древесины при производстве клееных конструкций, обусловленная возникновением внутренних напряжений, нашла свое решение в разработке технологии компенсационных прорезей [Патент RU 2283222][5]. Данный метод предполагает выполнение прорезей определенной геометрии (шириной 2-3 мм и глубиной 2/3 толщины материала) до процесса сушки, что позволяет существенно снизить внутренние напряжения как при изготовлении, так и при дальнейшей эксплуатации конструкций.

Однако существующая технология имеет определенный недостаток — в ней не учитывается ориентация годичных слоев древесины относительно направления пропилов. Данный недостаток снижает эффективность снятия напряжений, поскольку анизотропия материала и направление роста годичных колец играют существенную роль в процессе распределения внутренних напряжений при сушке и эксплуатации.

На основании вышеизложенного выдвигается гипотеза, что оптимизация процесса изготовления клееных конструкций требует разработки нового подхода, учитывающего не только технические параметры пропилов, но и учёта взаимосвязей между размерами и толщиной обрабатываемых досок, количеством пропилов, их расположением относительно направления годичных колец и общей геометрией пиломатериала. Можно предположить,

что при правильном учёте всех факторов возможно достижение более равномерного распределения напряжений в структуре материала, что позволит существенно повысить качество и надёжность конечных конструкций при использовании пиломатериалов.

Исследование влияния годичных слоев древесины:

В рамках исследования было проведено изучение влияния расположения годичных слоев древесины на величину коробления при сушке пиломатериалов. Для эксперимента использовались доски размером 4×20×35 см с тремя продольными прорезями.

Были подготовлены две серии образцов с прорезами в 3 мм:

- 8 образцов, в которых одна прорезь располагалась со стороны ядровой части древесины, а две прорези - со стороны годичных слоев (рисунок 2);

- 8 образцов, в которых две прорези располагались со стороны ядровой части древесины, а одна прорезь шириной - со стороны годичных слоев (рисунок 3).

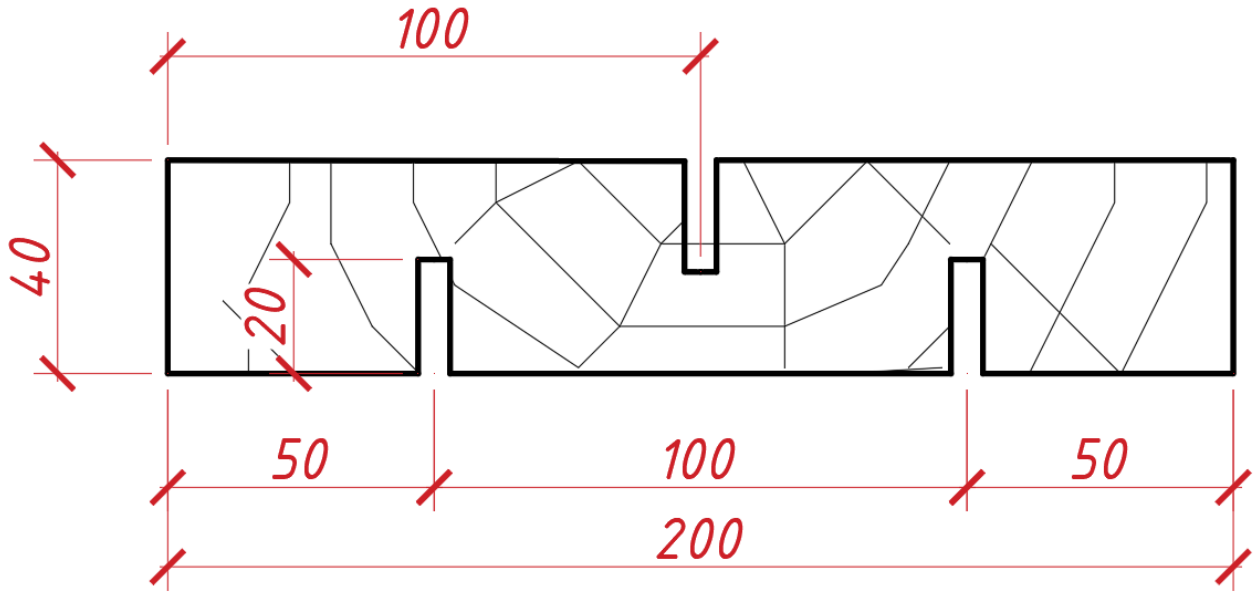


Рисунок 2.

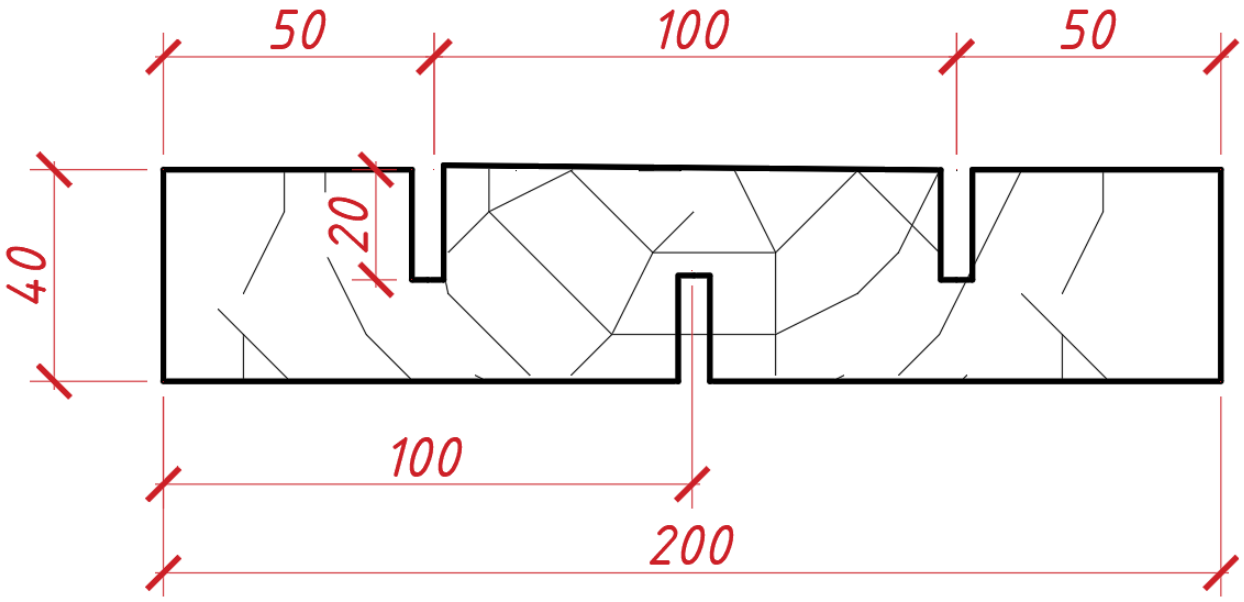


Рисунок 3.

Сушка образцов осуществлялась в естественных условиях окружающей среды. Измерения деформаций проводились по окончании первой и второй недели сушки. При выполнении измерений учитывалась постоянная величина толщины столешницы, равная 10 мм. Схема расположения точек измерения представлена на рисунке 4.

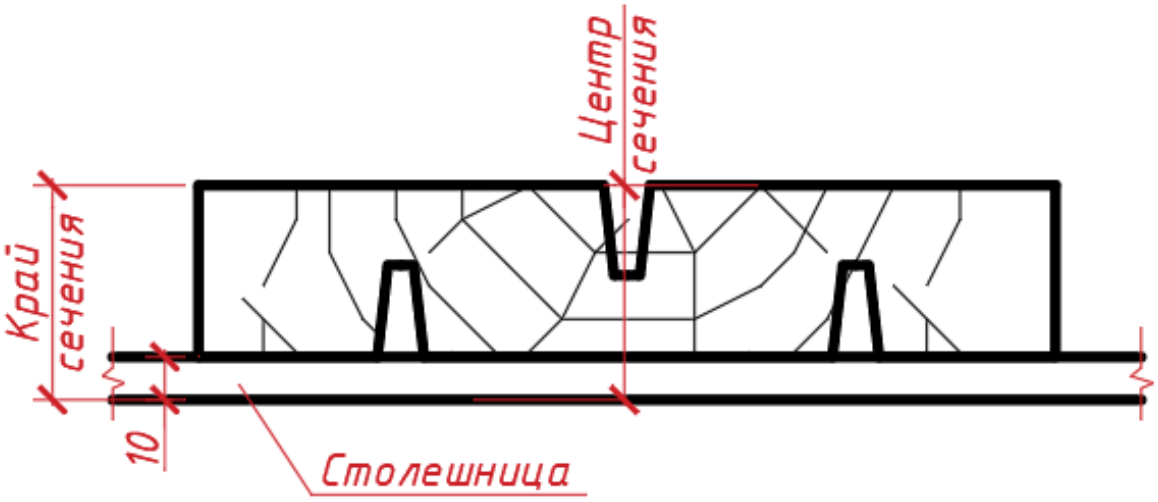
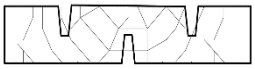
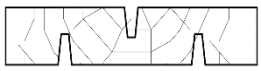


Рисунок 4.

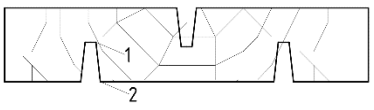
Полученные данные были занесены в таблицу 1

Таблица 1.

Определение стрелы прогиба									Среднее значение стрелы прогиба	Рисунок
	1 неделя				2 неделя					
№	Центр сечения	Край сечения	Центр-Край	Стрела прогиба	Центр сечения	Край сечения	Центр-Край	Стрела прогиба		
1	57,75	57,34	0,41	0,20%	55,86	55,13	0,73	0,36%	0,85%	
3	56,37	55,56	0,81	0,40%	57,05	56,03	1,02	0,51%		
5	57,61	55,8	1,81	0,91%	58	55,53	2,47	1,24%		
7	57,08	55,57	1,51	0,75%	57,15	55,16	1,99	1,00%		
9	57,7	57	0,7	0,35%	57,77	56,27	1,5	0,75%		
11	56,95	55,3	1,65	0,83%	57,2	55,01	2,19	1,10%		
13	56,05	55,88	0,17	0,08%	56,31	54,42	1,89	0,95%		
15	57,53	55,74	1,79	0,90%	56,8	55	1,8	0,90%		
2	57,93	56,69	1,24	0,62%	57,08	55,46	1,62	0,81%	1,08%	
4	57,48	56,09	1,39	0,69%	57,64	54,79	2,85	1,43%		
6	57,1	55,61	1,49	0,75%	57,86	55,13	2,73	1,37%		
8	57,15	55,62	1,53	0,77%	57,6	55,14	2,46	1,23%		
10	57,44	56,56	0,88	0,44%	56,44	54,98	1,46	0,73%		
12	57,2	55,58	1,62	0,81%	56,96	54,85	2,11	1,06%		
14	57,17	56,14	1,03	0,52%	57	55,35	1,65	0,82%		
16	57,62	56,57	1,05	0,52%	56,9	54,57	2,33	1,17%		

Одновременно с короблением древесины наблюдалась деформация прорезей, выполненных фрезой толщиной 3 мм. Изменения геометрических параметров прорезей в процессе сушки были зафиксированы и занесены в таблицу 2.

Таблица 2.

Замеры пропилов									
	1 неделя				2 неделя				Рисунок
№		Край 1	Край 2	Середина		Край 1	Край 2	Середина	
4	**[1]**	4,29	3,8	4,34	**[1]**	3,6	3,71	3,7	
	[2]	5,94	5,17	5,15	**[2]**	3,88	3,75	4,22	
6	**[1]**	3,77	4,66	3,91	**[1]**	3,3	3,64	2,97	
	[2]	4,62	6,06	4,78	**[2]**	3,67	4,12	3,63	
14	**[1]**	3,72	4,33	4,33	**[1]**	3,27	3,41	3,62	
	[2]	4,1	5,24	5,24	**[2]**	3,71	3,71	3,99	

Вывод:

По результатам проведенного исследования было выявлено то, что положение годичных слоев древесины влияет на поперечное коробление древесины. Наличие двух прорезей со стороны ядра уменьшает величину стрелы прогиба древесины на 27% по сравнению с двумя прорезями со стороны годичных колец.

Список литературы:

1. Саранина П. Д. Эффективность применения клеёных деревянных конструкций в современном строительстве / П. Д. Саранина // Самарский государственный технический университет (Академия строительства и архитектуры). — Самара, 2023.

2. Беляева З. В. Эффективность применения клеёных деревянных конструкций в современном строительстве / З. В. Беляева, Р. И. Разводов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. — 2019. — № 1 (40). — С. 74–78.

3. Холявкин А. О. Оценка эффективности применения клеёных деревянных конструкций в строительстве большепролётных сооружений / А. О. Холявкин // Материалы конференции Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ). — Санкт-Петербург, 2018.

4. Дефекты сушки древесины: причины, диагностика, устранение [Электронный ресурс] / Автор-составитель: И.В. Иванов // Inner.su: образовательный портал.

5. Способ изготовления многослойных деревянных клееных конструкций : пат. 2283222 Рос. Федерация / Славик Ю.Ю., Паук С.В. ; патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-исследовательский центр “Строительство”. — №2005101685/12 ; заявл. 25.01.2005 ; опубл. 10.09.2006, Бюл. №25. — 6 с.