

УДК 624.011

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПНЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ НА ЕЕ ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ВПЛИВ АНИЗОТРОПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ НА ЇЇ МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

EFFECT OF ANISOTROPIC PROPERTIES OF WOOD TO ITS STRENGTH CHARACTERISTICS

Фурсов В. В., д.т.н., проф., Бидаков А.Н., асп., Пурядзянхах М., асп., Васильев А.Ю., асп.(Харьковский национальный университет строительства и архитектуры)

Фурсов В. В., д.т.н., проф., Бідаков А.Н., асп., Пурядзянхах М., асп., Васильєв А.Ю., асп. (Харківський національний університет будівництва та архітектури)

Fursov V.V., doctor of technical sciences, professor, Bydakov A.N., graduate, Puryadzyanhah M., graduate, Vasylyev A.U., graduate, (Kharkiv National University of Construction and Architecture)

Обширные испытания образцов из цельной и клееной древесины на сжатие под различными углами к направлению волокон позволили оценить точность существующих формул по определению прочности древесины под различными углами. Анализируемые данные являются результатами экспериментов проведенных на кафедре в течение последних двадцати лет.

Обширні випробування зразків з цільної і клеєної деревини на стиск під різними кутами до напрямку волокон дозволили оцінити точність існуючих формул по визначенню міцності деревини під різними кутами. Аналізовані дані є результатами експериментів проведених на кафедрі протягом останніх двадцяти років.

Extensive testing of samples of wood and glued wood in compression at various angles to the direction of the fibers allowed us to estimate the accuracy of the existing formulas to determine the strength of the wood at different angles. The analyzed data are the results of experiments carried out at the department for the past twenty years.

Ключові слова:

Клеєна деревина, міцність, формула Ханкінсона.

Клееная древесина, прочность, формула Ханкинсона.

Glued wood, the strength, the formula Hankinson.

Вступлення. Старые советские нормы [1] основывались на массовых испытаниях, так называемых малых «чистых» (без пороков и несовершенств) образцов. При этом существенную роль играли места их выборки из кряжей. В цельной древесине рассматривались три основные оси упругой симметрии (вдоль волокон, тангентальное и радиальное направление). Наиболее эффективным и показательным при оценки прочности древесины при условии приложения нагрузки под углами к волокнам являются испытания на сжатие. При изгибе наклон волокон более 15° аналогичен явлению сильного косослоя и не может быть показательным.

Анализ последних исследований. Первые подобные испытания были проведены Д. И. Журавским и Н. А. Белелюбским [6]. В более поздних работах R. Baumann (1922) исследовал не только хвойные породы древесины, но и лиственные. Дальнейшие исследования в этом направлении проводились Kollmann F., Жаксоном, а также советскими исследователями Флаксерманом А. Н. [9] (ЦАГИ), Губенко А. Б., Шишкиным В. Е. Отдельные результаты по всем выше указанным материалам были приведены в классической работе Иванова Ю. М. [6].

При этом во всех указанных работах не всегда четко фиксировалась влажность, а также размеры образцов. В первых советских нормах учет анизотропии древесины на смятие и скалывание производился с помощью формулы (1).

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_0}{1 + \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_{90}} - 1 \right) \sin^2 \alpha} \quad (1)$$

После испытаний произведенных в ЦНИИПС Леняшиным А.В. и Тахтамышевым Г.Г. в знаменателе формулы 1 в нормах вместо $\sin^2 \alpha$ появился $\sin^3 \alpha$. При этом определяя предел пропорциональности, авторы добросовестно указали на эту условность, допустив возможность сравнения показателей прочности при разных углах наклона. Авторы также подтвердили, что после угла в 45° σ_{\max} не определялся. Всего на каждое значение угла испытывалось по пять «сухих» и «мокрых» образцов. По последним данные не приведены.

На основании этих работ в нормы 1962 года и был введен $\sin^3 \alpha$. Эта формула приведена в [1], а также в постсоветских российских нормах [2]. На американском континенте по данным Мэдисоновской лаборатории (США) [12] использовалась универсальная формула Ханкинсона (2).

$$\sigma_{\alpha} = \frac{\sigma_0 \sigma_{90}}{\sigma_0 \sin^n \alpha + \sigma_{90} \cos^n \alpha} \quad (2)$$

В общем виде показатели степени при тригонометрических функциях принимались равными от 1,6 до 2,6. По сути своей эта формула с показателями степени 2, является тензориальной и впервые была получена проф. Митинским А.Н. В Еврокодах и DIN используется формула (3). Для большинства случаев $k_{c,90}=1$. В случаях передачи нагрузки перпендикулярно к волокнам $k_{c,90}$ колеблется от 1,25 до 1,75.

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (3)$$

Постановка цели и задачи исследования. На кафедре МДК ХНУСА (ХИСИ) проводились широкие исследования образцов различных сечений. Поскольку, как указывалось, все ГОСТы на испытания предусматривали исследование малых образцов, с 1993 года в лабораторных исследованиях кафедры МДК ХНУСА размеры образцов квалифицировались по трем основным группам: малые образцы с площадью до 10см^2 , средние – с площадью от 10 до 100см^2 , крупные образцы площадью свыше 100см^2 .

Европейские рекомендации EN408 [11] предлагают проводить лабораторные испытания на образцах конструктивных размеров. После 1995 года на кафедре МДК испытания малых «чистых» образцов не проводились. Анализируя форму образцов при испытаниях на сжатие следует указать, что гостированные испытания призм с высотой в полтора раза превышающих размеры граней характерны для малых и средних образцов. Что касается крупных образцов, то наиболее оптимальной для испытаний формой следует признать не призму, а куб [6]. Такая форма наиболее рациональна и для определения компонентов модуля объемной деформации. Подобные исследования в последние годы также проводились в ХНУСА. Особенность испытаний на сжатие малых образцов при приложении сил под углами к волокнам было выявлено отрицательные значения коэффициента Пуассона при углах в 45° , а в отдельных случаях и при углах 30° . На этот факт впервые указала Ашкенази Е.К. [8].

В дальнейшем аналогичные результаты были получены профессорами Е.Н. Серовым, Орловичем Р.Б., Фурсовым В.В. Этот феномен нами был объяснен скручиванием малых образцов из-за разницы прочностных показателей в тангентальной и радиальной плоскостях. Профессор Ашкенази Е.К. даже привела в [8] математическое объяснение этому факту. Однако в дальнейших работах с образцами крупных размеров появление отрицательного значения коэффициентов Пуассона не наблюдалось.

Методика исследований. Настоящая статья подводит предварительный итог многолетней работы кафедры по этой проблеме. В работах последних

лет нами был проведен цикл экспериментов, включающих в себя учет масштабного фактора, а также влияние температурно-влажностных условий при исследовании клееной древесины.

Результаты исследований. Испытания при приложении усилий под углами к волокнам проводились в обычном режиме (ступенчатое нагружение) на гидравлических прессах УИМ-50, УИМ-100. На всех боковых гранях использовались датчики активного сопротивления с базой 20мм, установленные розеткой. Результаты испытаний размещены в таблице 1.

Таблица 1
Результаты испытаний древесины при приложении усилий под уклоном к волокнам (МПа)

Вид древесины Вид испытаний	α углы	Цельная древесина (малые образцы)					
		1		2		3	
		$\sigma_{пч}$	%	$\sigma_{пч}$	%	$\sigma_{пч}$	%
Сжатие	0°	38,2	100	48,5	100	51,1	100
	30°	10,7	28	25,5	52,5	15,2	29,7
	45°	9,5	24,8	15	30	11,8	23
	60°	6,3	16,4	10,6	21,8	9,5	18,5
	90°	3,7	9,6	5,9	12,1	6,3	12,3
Год		1957		1967		1993	
Автор		Иванов Ю.М.		Крицук А.А.		Фурсов В.В. Прыгунков А.В.	

продолжение табл.1

Вид древесины Вид испытаний	α углы	Клееная древесина (крупные образцы)											
		4		5		6		7		8		9	
		$\sigma_{пч}$	%	$\sigma_{пч}$	%	$\sigma_{пч}$	%	$\sigma_{пч}$	%	$\sigma_{пч}$	%	$\sigma_{пч}$	%
Сжатие	0°	49,9	100	50	100	41	100	45,5	100	55,9	100	43,4	100
	30°	22,8	45	15	30	11,4	27	14,0	30,7	19,9	35,6	17,2	36,9
	45°	14,1	28	9,8	19,6	10,8	26	10,9	23,9	11,3	20,2	14,7	33,9
	60°	9,1	18	6,1	12,2	6,31	15,3	8,8	19,3	6,22	11,1	13,0	29,9
	90°	5,3	10,6	5,2	10,4	4,72	11,5	4,9	10,7	6,15	11	7,7	17,7
Год		1995		1998		2012				2013		2013	
Автор		Фурсов В.В.		Фурсов В.В. Чередник Д.Л.		Фурсов В.В. Пурядзянхах Моин Васильев А.Ю.				Фурсов В.В. Бидаков А.Н.		Фурсов В.В. Пурядзянхах Моин	

В колонках серий 6 и 7 приведены результаты образцов полученных при испытаниях балок натуральных образцов (колонка 6 – новые образцы, колонка 7 – образцы, вырезанные после испытаний из неповрежденных зон балок). Колонка 8 получена по испытаниям образцов из клееных поясов клефанерной

балки с X-образной стенкой. В колонке 9 приведены результаты испытаний клееных образцов из сосны иранской поставки.

Характер разрушения образцов приведен на рис. 1 и 2. В большинстве своем характер разрушения при углах 30,45 и 60° был идентичен. Разрушение происходило на границе между ранними и поздними клетками волокон годовых колец.

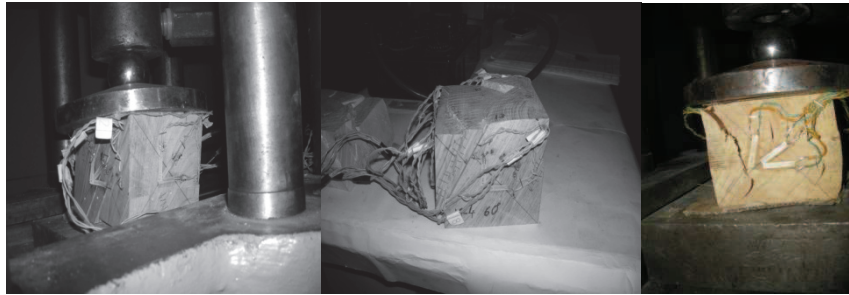


Рис.1 Разрушение образцов при испытании проф. Фурсовым В.В. и аспирантом Пурядзянхах



Рис.2 Разрушение образцов при испытании проф. Фурсовым В.В. и аспирантом Бидаковым А.Н.

По результатам испытаний 2012-2013, а также наиболее интересным ранее проведенным исследованиям построен сводный график (см. рис. 3).

По сводной диаграмме (рис. 3) можно сделать следующие **выводы**:

1. Использование формулы (3), согласно [1 и 2] дают завышенные результаты.
2. Для цельной древесины кривые располагаются в зоне базовой кривой « $\sin^2\alpha$ ».
3. Все остальные кривые, полученные для клееной древесины, расположены ниже базовой кривой « $\sin^2\alpha$ ».

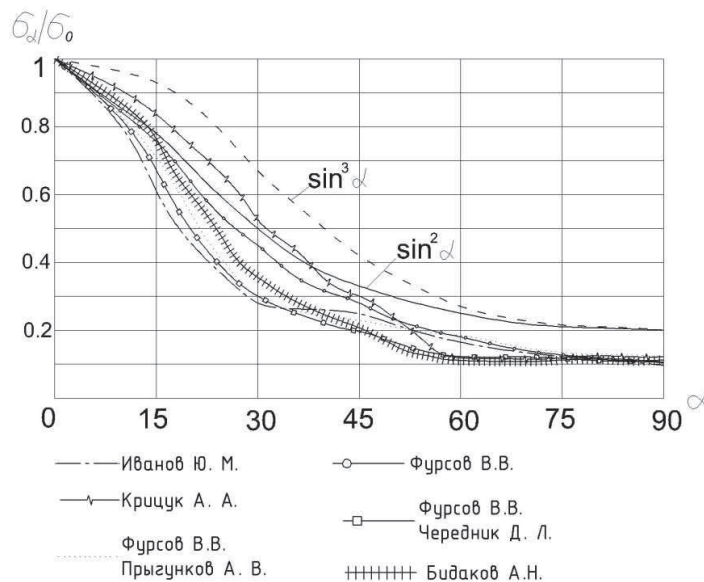


Рис. 3 Графики построенные по результатам испытаний табл.1

4. Формула Ханкинсона, а также рекомендации DIN [5] более близко отвечают экспериментальным данным, если вводить поправку на изменяющиеся температурно-влажностные режимы эксплуатации и размеры образцов.
5. Существующие ГОСТы регламентирующие испытания малых «чистых» образцов следует пересмотреть с учетом рекомендаций [11].
6. Предложить работы по учету масштабного фактора, по которым следует уточнить уравнение связи.

1. Деревянные конструкции. Нормы проектирования; СНиП II-25-80.-М.-Стройиздат.-1982.-64с. 2. Свод правил. СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. 3. ДСТУ-Н Б В.2.6-184:2012 Конструкції із цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування, К. 2013, 120с. 4. ДБН В.2.6-161:2010. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. Мінрегіонбуд України. К. 2011, 102с. 5. DIN 1052:2004-08: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Deutschland. 6. Иванов Ю.М. Сопротивление древесины сосны сжатию под разными углами к волокнам. // Тр. ин-та леса АН СССР. Т.ШЧ.-1953. с.347-370. 7. Крицук А.А. Решение плоской задачи для древесины как анизотропного материала при действии нагрузки под углом к главным осям упругости — Информ. материалы Института строительной механики АН УССР. 1967, №9, с. 30-38. 8. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. М.- Лесная промышленность.- 1978.- 247с.