

УДК 674.047

И.М. Меркушев

Московский государственный университет леса

Меркушев Иван Михайлович родился в 1932 г., окончил в 1957 г. Московский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии мебели и изделий из древесины Московского государственного университета леса. Имеет свыше 100 печатных работ в области деревообработки и развития лесосушильной техники и технологии сушки древесных материалов.
Тел.: (8495) 512-75-92



ФАКТОРЫ, ПРЕДОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗДЕФЕКТНУЮ СУШКУ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Разработаны новые методы оценки безопасности режимов конвективной сушки пиломатериалов и расчета нелинейной усушки древесины, влажности начала усушки, допустимых ее перепадов по толщине и поверхности сортимента.

Ключевые слова: бездефектная сушка, коэффициент запаса прочности, критерий безопасности, допустимая усушка, предельная деформация, перепады влажности.

Критерии безопасности режимов сушки пиломатериалов. Условием безопасности режима сушки пиломатериалов должен отвечать такой максимально допустимый перепад влажности по их толщине ΔW_s , при котором упругие относительные деформации удлинения поверхностных слоев (периферийной зоны) сортимента в тангенциальном направлении ε , возникающие от их усушки U_t , стесненной противодействием центральной зоны, не достигали бы предельной относительной деформации $\varepsilon_{пр}$, а допускаемые напряжения $|\sigma|$ – предела прочности $\sigma_{пр}$ с гарантированным запасом прочности при коэффициенте K :

Таблица 1

Древесная порода	ρ_6 , кг/м ³	$\sigma_{пр}$, МПа	E_0 , МПа	$\varepsilon_{пр}$	ΔU_s	u , %
Лиственница	520	0,6	40	0,015	0,0075	0,75
Бук	530	0,5	32	0,016	0,0080	0,80
Сосна	400	0,5	20	0,025	0,0125	1,25
Ель	360	0,5	20	0,025	0,0125	1,25
Кедр	350	0,3	18	0,017	0,0085	0,85
Дуб	560	0,8	35	0,023	0,0115	1,15
Ясень	550	1,0	40	0,025	0,0125	1,25
Береза	500	0,5	20	0,025	0,0125	1,25
Клен	550	0,9	25	0,036	0,0180	1,80

$$\varepsilon < |u| \leq \varepsilon_{пр}/K, \quad (1)$$

где $|u|$ – допустимая относительная усушка.

Из анализа генеральной статистической совокупности множества наблюдений над объектом исследования, например при изучении предела

прочности при изгибе пиломатериалов σ_{np} по [1, с. 157, рис. 45], коэффициент запаса прочности при среднем квадратическом отклонении σ и допускаемом напряжении $|\sigma| = \sigma_{np} - 3\sigma$

$$K = \sigma_{np}/(\sigma_{np} - 3\sigma) \approx 1,7...2,0. \quad (2)$$

Следовательно, при расчете безопасных режимов сушки необходимо принимать $K = 2,0$, а не $K = 1,5$, чему соответствует норма безопасности сушки $|\sigma| = \sigma_{np} - 2\sigma$, обеспечивающая проведение бездефектного процесса лишь до 95 % высушиваемых досок. Поэтому в качестве критерия безопасности режима сушки следует принимать допустимую относительную усушку $|y|$ или ее перепад по толщине сортимента ΔY_s :

$$|y| = \Delta Y_s \leq 0,5 \varepsilon_{np}. \quad (3)$$

Допустимая предельная деформация и допустимая усушка древесины. Величины допустимой предельной деформации ε_{np} установлены с использованием формулы (1) по известным показателям предела прочности σ_{np} и жесткости при растяжении E_0 в тангенциальном направлении для основных древесных пород, имеющих разную плотность ρ [4, с. 36, табл. 1.1], и сведены в табл. 1.

Безопасный перепад усушки для девяти древесных пород рассчитан по условию безопасности режима (3). Средняя величина допустимого перепада усушки по толщине сортимента $\Delta Y_s = 0,0075...0,0180$, а допустимой усушки $y = (1,25 \pm 0,50) \%$.

Влажность начала усушки и допустимый перепад усушки по толщине сортимента. В высушиваемой древесине удаление связанной влаги из стенок мелких клеток сопровождается их усушкой, при этом в полостях крупных клеток и сосудах еще содержится свободная вода, т.е. когда средняя влажность материала выше предела насыщения волокна (30 %). Таким одновременным удалением влаги из разноразмерных клеток и объясняется фактор нелинейной усушки древесины, обнаруженный разными учеными. Например, по данным В.П. Галкина [2, рис. 2.10], тангенциальная усушка при снижении влажности от 60 до 30 % не равна нулю, а составляет около 1,5 % (рис. 1).

Из формул нелинейной тангенциальной усушки $Y_T(\rho_6, W_n)$ с использованием рис. 1 определена зависимость влажности поверхности сортимента от усушки:

$$W_n = (\rho_6^{0,12} - Y_T^{0,333})/0,03. \quad (4)$$

По условию безопасности режима (3) на основании (4) получена формула для определения безопаснорежимной влажности поверхности сортиментов в начале процесса:

$$W_n = [\rho_6^{0,12} - (50\varepsilon_{np})^{0,333}]/0,03. \quad (5)$$

Первый член $\rho_6^{0,12} / 0,03$ выражения (5) представляет собой начальную влажность сортимента (влажность

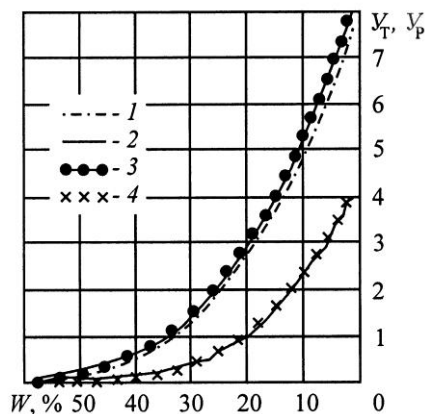


Рис. 1. Совмещение (1) кривых усушки по формулам $Y_T = (\rho_6^{0,124} - 0,03W)^3$ (3) и $Y_P = (\rho_6^{0,123} - 0,03W - 0,4)^3$ (4) с кривыми усушки (2) по [2]

начала усушки) W_n , от которой отсчитывается усушка:

$$W_n = 33,3 \rho_6^{0,12}; \quad (6)$$

второй $(50 \varepsilon_{пр})^{0,333} / 0,03$ – диапазон снижаемой влажности или допускаемый перепад влажности по толщине сортимента:

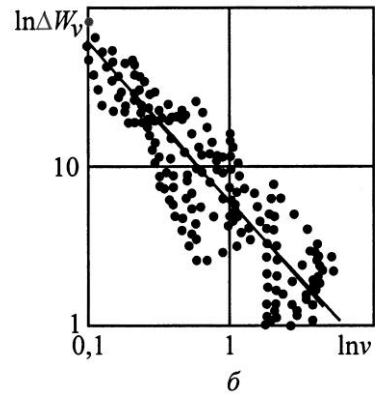
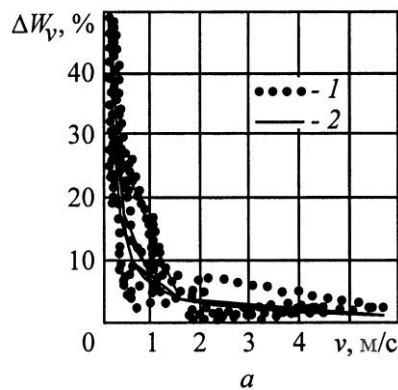
$$\Delta W_s = 123 \varepsilon_{пр}^{0,333}. \quad (7)$$

Параметры, рассчитанные по этим формулам, а также значения первой переходной влажности (средней по толщине сортимента W_{cl} и поверхностной $W_{п1}$) приведены в табл. 2.

Перепад поверхностной влажности сортимента. Зависимость перепада поверхностной влажности $\Delta W_v = W_n - W_p$ от скорости циркуляции сушильного агента v получена нами на основании экспериментальных данных по исследованию влияния скорости циркуляции сушильного агента на снижение влажности пиломатериалов по [3, рис. 32] (данные обработаны в MathCADe) (рис. 2).

Таблица 1

Древесная порода	$\rho_6, \text{кг/м}^3$	$\varepsilon_{пр}$	$ y $	ΔW_s	W_n	W_{cl}	$W_{п1}$
Лиственница	520	0,015	0,75	30,4	70,5	60,4	40,1
Бук	530	0,016	0,80	31,0	70,7	60,4	39,7
<i>Среднее</i>	525	0,015	0,77	30,7	70,6	60,4	39,9
Сосна	400	0,025	1,25	36,0	68,3	56,3	32,3
Ель	360	0,025	1,25	36,0	67,5	56,3	31,5
Кедр	350	0,017	0,85	31,7	67,3	56,7	35,6
Дуб	560	0,023	1,15	35,0	71,2	59,5	36,2
Ясень	550	0,025	1,25	36,0	71,0	59,0	35,6
Береза	500	0,025	1,25	36,0	70,2	58,2	34,2
<i>Среднее</i>	453	0,023	1,17	35,1	69,2	57,7	34,2
Клен*	550	0,036	1,80	40,7	71,0	57,4	30,3



*Осредненные параметры.

Рис. 2. Подбор функции $\Delta W_v(v)$ по данным [3]: a – в натуральном выражении; b – в логарифмическом; 1 – экспериментальные данные; 2 – расчетные данные

Как видно из рис. 2, массиву экспериментальных данных (точки) соответствует (непрерывная) кривая перепада поверхностной влажности:

$$\Delta W_v = 6 v^{-1}. \quad (8)$$

Таким образом, обоснованные величины влажности древесины W_n , от которой начинается усушка при ее снижении, допустимого ее перепада по толщине сортимента ΔW_s и перепада поверхностной влажности ΔW_v являются основным базовым материалом для разработки различных режимов бездефектной сушки пиломатериалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисенко, Н.Ф.* Исследование механических свойств чистой древесины в хвойных пиломатериалах, оцененных силовым методом [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / Н.Ф. Борисенко. – М., 1975.
2. *Галкин, В.П.* Дистанционный контроль конечной влажности пиломатериалов при сушке в камерах периодического действия [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / В.П. Галкин. – М., 1986.
3. *Меркушев, И.М.* Исследование циркуляционных характеристик лесосушильных камер [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / И.М. Меркушев. – М., 1975.
4. *Уголев, Б.Н.* Контроль напряжений при сушке древесины [Текст] / Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 208 с.

Поступила 28.06.09

I.M. Merkushev

Moscow State Forest University

Factors Predetermining Faultless Drying of Sawn Timber

New methods of safety evaluation of convective drying modes for sawn wood and calculation of non-linear wood drying, humidity of drying start, permissible humidity drop for thickness and surface of assortment are developed.

Keywords: faultless drying, safety factor, safety criteria, permissible drying, ultimate strain, humidity drop.
