

DOI: 10.12737/8463

УДК 674.047

### **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И РЕЖИМЫ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ ЛИПЫ БЕЗ ИСКУССТВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ**

кандидат технических наук, доцент **А. Н. Чернышев**<sup>1</sup>

кандидат технических наук **Т. В. Ефимова**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

Липа относится к роду листопадных деревьев семейства липовых. Древесина липы используется для производства токарных изделий, для изготовления моделей отливок в машиностроении, фанеры, деталей мебели, столярно-строительных изделий, в бондарном производстве, для изготовления тары, вагонки, карандашей, игрушек, музыкальных инструментов. В статье рассмотрены особенности проведения процесса и режимы сушки без искусственного увлажнения необрезных пиломатериалов липы в конвективных сушильных камерах без искусственного увлажнения для изготовления деталей мебели и столярно-строительных изделий. Описана методика проведения работ, размеры образцов и правила их отбора. Приведены данные физико-механических свойств древесины липы, такие как: плотность, число годичных слоев и процент поздней древесины. Исследования были проведены на кафедре механической технологии древесины ВГЛТА и на одной из девелоперских компаний г. Воронежа. Практические производственные сушки проходили в одноштабельной камере объемом загрузки 10 м<sup>3</sup>. Режимы предусматривают четыре ступени с начальным прогревом и конечной ВТО. По результатам исследований предложены режимы низкотемпературной сушки необрезных пиломатериалов из древесины липы в конвективных камерах без искусственного увлажнения. Также были сделаны выводы, что по своим физико-механическим показателям древесина липы сохнет хорошо, быстро, ровно, при усыхании уменьшается в объеме значительно, но почти не трескается, несколько склонна к короблению в поперечной плоскости. В результате проведенных мероприятий удалось снизить среднюю продолжительность процесса сушки древесины липы на 30 % – с 12 до 7 суток.

**Ключевые слова:** липа мелколистная (сердцевидная), сушка, плотность, сушка без искусственного увлажнения, конвективная сушильная камера периодического действия, режим сушки, качество сушки.

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES AND MODES OF DRYING LINDEN  
WOOD WITHOUT ARTIFICIAL HUMIDIFICATION

PhD in Engineering, Associate Professor A. N. Chernyshev<sup>1</sup>

PhD in Engineering T. V. Efimova<sup>1</sup>

1 – FSBEI HPE «Voronezh State Academy of Forestry and Technologies», Voronezh, Russian Federation

**Abstract**

Linden belongs to the genus of deciduous trees, family Tiliaceae. Linden wood is used for the production of turning products for the manufacture of castings in engineering models, plywood, furniture parts, joinery products, cooperage industry, for the manufacture containers, boards, pencils, toys, and musical instruments. The article describes the features of the process and conditions of drying without artificial humidification of uncut lumber of linden in convective drying chambers without artificial humidification for the manufacture of furniture parts and joinery products. Methodology of the work, the size of the samples and the rules for their selection are described. The data of physical and mechanical properties of linden wood are given, such as density, number of annual rings and the percentage of late wood. Studies have been conducted at the Department of Mechanical Wood Technology of VSAFT and one of the real estate companies of Voronezh. Practical industrial drying took place in single-bank chamber with load capacity of 10 m<sup>3</sup>. Modes include four stages with the initial warming and final wet-heat treatment. According to the research modes of low-temperature drying of uncut lumber from linden wood are proposed in convective cells without artificial humidification. Also, it was concluded that due to its physical and mechanical characteristics linden wood dries well, fast, smooth, with the drying up it shrinks considerably, but almost does not crack; it is prone to warping in the transverse plane. As a result of activities it was managed to reduce the average duration of the drying process of linden wood by 30 % – from 12 to 7 days.

**Keywords:** linden (*Tilia cordata*), drying, density, drying without artificial humidification, convective drying chamber of periodic action, drying mode, drying quality

Кафедра МТД ВГЛТА в течение последних шести лет сотрудничает с девелоперской воронежской компанией ЗАО «Фирма «ГРАНД» с целью предоставления научно-технической и опытно-конструкторской информации в рамках договора о творческом сотрудничестве. На предприятии установлено три котла марки МС-80 длительного горения для твердого топлива, в котором сжигаются как отходы производства, так и уголь в холодное время года. Котлы используются для отопления поме-

щений и получения горячей воды до 96 °С для сушки древесины. Но парогенератора на предприятии нет в виду экономической нецелесообразности, поэтому необходимы специальные режимы, не предусматривающие использование технологического пара для поддержания психрометрической разности агента сушки. В течение этого периода для повышения полезного и качественного выхода были проведены испытания древесины липы, произрастающей в смешанных лесах Воронежской, Белгородской, Курской,

Тамбовской и Липецкой областей, получены физико-механические и реологические показатели и режимы камерной сушки без искусственного увлажнения агента с учетом специфики технологий [1]. Для этого из чистых заготовок выпиливались образцы радиальной и тангенциальной распиловки размерами 30x20x20 мм в количестве, необходимом и достаточном для проведения комплексных исследований [2]. Оценивался как внешний вид и текстура, так и такие показатели, как: число годовичных слоев на единице площади, шероховатость, твердость, влажность, усушка, плотность, а также модуль упругости и предел прочности. В качестве исходного материала использовались необрезные доски, поставляемые с периодичностью один раз в три месяца, толщиной 50 мм (30 %) и 32 мм (70 %), длиной 6 м и шириной от 200 до 600 мм. Объем одной партии около 10 м<sup>3</sup>. Из партии отбирались доски без пороков и раскраивались на заготовки для образцов. Немедленно определялись влажность и плотность в свежесрубленном состоянии. Затем для достижения промежуточной или конечной оптимальной влажности образцы выдерживались в эксикаторах над раствором серной кислоты соответствующей концентрации. После этого проводились остальные опыты для получения других показателей.

Липа (*Tilia*) – род листопадных деревьев семейства липовых. В России наиболее распространена липа мелколистная, сердцевидная, или сердцелистная (*Tiliacordata*). Образует почти чистые липовые леса в Башкирии, Чувашии и Татарии, в лесостепной зоне Европейской части России встречается повсеместно как спутник, главным образом дуба, а также сосны и ели, кле-

на и ясеня. Липа достигает высоты 25-30 м, это дерево с густой, яйцевидной, высоко расположенной кроной. Теневынослива, может расти даже под пологом ели и пихты. Морозами и заморозками не повреждается, поэтому морозные трещины (морозобой) не встречаются. По распространенности липа занимает четвертое место (после березы, осины и дуба) среди лиственных пород в России [3]. Площадь смешанных липовых лесов в России около 2,6 млн га, или 1,3 % площади занимаемой лиственными породами. Запас деловой древесины в липняках 326 млн м<sup>3</sup>, а во всех насаждениях с участием липы в несколько раз больше. Возраст технической спелости (получение средних и крупных сортиментов) в липняках наступает обычно в 80 лет. Средний годовичный прирост – до 4,5 м<sup>3</sup>/га.

Липа – рассеяннососудистая безъядровая спелодревесная порода. Центральная зона растущего дерева (так же, как и у березы) не отличается от периферийной ни цветом, ни влажностью, поэтому её, как и березу, относят к заболонным породам. Древесина белая с лёгким розоватым или красноватым оттенком, мягкая, легкая. Текстура липы невыразительна. Годичные слои на всех разрезах заметны слабо. Узкие сердцевинные лучи видны на поперечном разрезе в виде блестящих очень тонких линий, а на радиальном - как тусклые полоски и пятна, окрашенные несколько темнее, чем окружающая их древесина. Вследствие того, что поздняя древесина годовичных слоёв почти не отличается по плотности от ранней, при отделке изделий из липы с применением тонирующих или красящих составов не происходит яркого проявления элементов текстуры.

Показатель блеска у липы практически не отличается от аналогичного показателя древесины березы, но ниже, чем у хвойных.

Среднее число годовых слоёв на 1 см поперечного разреза для липы мелколистной (ЦЧР европейской части России) – 4,9 (табл. 1). Различимой разницы между ранней и поздней древесиной у липы нет, поэтому она обладает высокой равноплотностью.

В отличие от ядровых пород влажность распределена по сечению ствола равномерно. Благодаря этому обстоятельству, а также тому, что древесина липы имеет однородное строение, пиломатериалы полученные из липы, мало склонны к коробле-

нию и растрескиванию, в том числе и в сердцевинных и центральных досках (рис.).

Вследствие малой формоизменяемости и лёгкости в обработке древесина липы используется для производства токарных изделий, для изготовления моделей отливок в машиностроении, фанеры, деталей мебели столярно-строительных изделий. Но более всего она ценится мастерами народных промыслов. Липа издавна идет на изготовление деревянной посуды, в частности хохломской расписной, кухонного инвентаря. Липу используют также для производства карандашей, игрушек и музыкальных инструментов. Для соления и

Таблица 1

**Определение годовых слоёв и процента поздней древесины липы**

№ п/п	Число годовых слоёв N	Расстояние между отметками l, см	Число годовых слоёв в 1 см n	Общая ширина поздних зон δ, см	Общее протяжение годовых слоёв l, см	Процент поздней древесины m, %
1	5	2	2,50	1,05	1,9	55
2	7	1,9	3,68	1,05	1,9	55
3	8	2	4,00	1,35	1,9	71
4	7	1,9	3,68	1,1	2	55
5	6	2	3,00	1,1	2	55
6	14	2	7,00	0,77	1,9	41
7	9	2	4,50	0,99	1,9	52
8	8	2	4,00	1,05	1,9	55
9	8	2	4,00	1	1,9	53
10	9	2	4,50	1	1,8	56
11	11	2	5,50	0,95	1,9	50
12	18	2	9,00	1,07	2	54
13	11	1,9	5,79	0,85	1,8	47
14	18	2	9,00	0,84	1,9	44
15	7	2	3,50	1,05	1,9	55
16	14	2	7,00	0,98	2	49
17	8	2	4,00	1,05	2	53
18	6	1,9	3,16	1,05	2	53
19	10	2	5,00	0,86	2	43
20	9	2	4,50	0,94	1,9	49

Число годовых слоёв в 1 см n – 4,87; процент поздней древесины m – 52 %



Рисунок. Образцы поперечного раскроя липовых необрезных сердцевинных, центральных и боковых досок

квашения из липовой клёпки собирают кадки и бочки. Хороша липовая вагонка в чистой отделке бань: ее не поражают грызуны и она хорошо держит тепло. В современном бондарном производстве из липовых клёпок делают посуду, предназначенную для хранения и перевозки зернистой черной икры. В таре, приготовленной из липы, хорошо сохраняется масло и другие продукты.

Липа относится к сильноусыхающим породам малой плотности, умеренно пропитываемым. Коэффициенты разбухания (усушки) ее древесины составляют: в радиальном направлении –  $K_r=0,23$ ; в тангенциальном направлении –  $K_t=0,33$ ; объёмный –  $K_v=0,58$ . Свежесрубленная древесина липы имеет влажность 60-80 % в зависимости от места заготовки; значение плотности древесины при нормализован-

ной влажности  $W=12\%$ ,  $\rho_{12}=475-495 \text{ кг/м}^3$ .

Древесина липы обладает невысокими прочностными показателями, сравнимыми с показателями осины, существенно уступая берёзе и дубу. Износостойкость (истираемость) древесины липы можно оценить как низкую. Легко поддаётся гнутью, резьбе и другим видам обработки, легко окрашивается, хорошо полируется (минимальная высота микронеровностей –  $R_m 32-63 \text{ мкм}$ ). Сопротивляемость выдергиванию креплений (гвоздей и шурупов) можно оценить как низкую, примерно в 2-2,5 раза ниже, чем у берёзы. Стойкость пород древесины к гниению (воздействию биологических факторов – грибов) принято выражать в условных единицах по отношению к стойкости древесины заболони липы. Иначе говоря, по этому показателю древесина липы (из распространенных в Рос-

сии пород) является наихудшей.

По своим физико-механическим показателям древесина липы сохнет хорошо, быстро, ровно, при усыхании уменьшается в объеме значительно, но почти не трескается, несколько склонна к короблению в поперечной плоскости. Всего с июля 2008 г. по настоящее время было осуществлено (табл. 2) 25 сушек без искусственного увлажнения агента сушки липовых необрезных пиломатериалов в 2-штабельной сушилке мягкими режимами для изготов-

ления элементов мебели и 10 сушек нормальными режимами в 1-штабельной конвективной камере для изготовления наличников, карнизов, картушей, резных балясин, сандриков, панелей и т.п.

В результате проведенных мероприятий удалось снизить среднюю продолжительность процесса на 30 % – с 12 до 7 суток; получить для пиломатериалов, высушенных мягкими режимами, I категорию качества, нормальными – II категорию качества.

Таблица 2

Режимы низкотемпературной сушки необрезных липовых пиломатериалов в конвективных камерах без искусственного увлажнения

Средняя влажность, %	Параметры режима	Толщина, мм			
		Мягкие режимы (М)		Нормальные режимы (Н)	
		32	50	32	50
>50	$t, ^\circ\text{C}$	75	63	90	82
	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	7	5	7	6
	$\varphi$	0,73	0,78	0,75	0,77
50-35	$t, ^\circ\text{C}$	63	57	82	75
	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	5	4	4	4
	$\varphi$	0,78	0,81	0,82	0,84
35-25	$t, ^\circ\text{C}$	75	73	80	73
	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	9	8	11	10
	$\varphi$	0,68	0,69	0,61	0,63
<25	$t, ^\circ\text{C}$	83	77	108	91
	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	27	23	33	30
	$\varphi$	0,28	0,32	0,27	0,26

### Библиографический список

1. Мещерякова, А. А. Энергосберегающие технологии сушки пиломатериалов [Текст] : сушка пиломатериалов хвойных и твердых лиственных пород в камерах периодического действия без их искусственного увлажнения / А. А. Мещерякова, А. Н. Чернышев. – Германия: LAP Lambertacademicpublishing, 2014. – 278 с.
2. Чернышев, А. Н. Напряжённо-деформированное состояние обрезного сортимента при непаровой сушке [Текст] : монография / А. Н. Чернышев. – Воронеж, 2005. – 80 с.
3. Уголев, Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения [Текст] : доп. М-

вом образования РФ в качестве учеб. для студентов высш. учеб заведений, обучающихся по направлениям подгот. бакалавров "Лесн. дело" и "Технология и оборудование лесозаготовительных и деревообраб. пр-в" и направлениям подгот. дипломир. специалистов "Лесн. хоз-во и ландшафт. стр-во" и "Технология и оборудование лесозаготовительных и деревоперераб. пр-в" / Б. Н. Уголев; М-во образования Рос. Федерации, Моск. гос. ун-т леса. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : МГУЛ, 2001. – 340 с.

### References

1. Meshcheryakova A.A., Chernyshev A.N. Jenergoberegajushhie tehnologii sushki pilomaterialov: sushka pilomaterialov hvojnnyh i tverdyh listvennyh porod v kamerah periodicheskogo dejstvija bez ih iskusstvennogo uvlazhnenija [Energy-saving technologies of lumber drying: drying of softwood and hardwood in the chambers of periodic action, without artificial humidification]. Germany: LAP Lambertacademicpublishing, 2014, 278 p.
2. Chernyshev A.N. *Naprjazhjonno-deformirovannoe sostojanie obreznogo sortimenta pri neparovoj sushke* [The stress-strain state of cut lumber at non-vapor drying]. Voronezh, 2005, 80 p. (In Russian).
3. Ugolev B.N. *Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedenija* [Wood Science with forest-based merchandising]. Moscow, 2001, 340 p. (In Russian).

### Сведения об авторах

*Чернышев Александр Николаевич* – доцент кафедры механической технологии древесины, ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», кандидат технических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: alnik19@yandex.ru.

*Ефимова Татьяна Владимировна* – доцент кафедры механической технологии древесины ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: tanechka-ef@rambler.ru.

### Information about authors

*Chernyshev Aleksandr Nikolaevich* – Associate Professor of Mechanical Wood Technology Department of FSBEI HPE «Voronezh State Academy of Forestry and Technologies», PhD in Engineering, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: alnik19@yandex.ru.

*Efimova Tatyana Vladimirovna* – Associate Professor of Mechanical Wood Technology Department of FSBEI HPE «Voronezh State Academy of Forestry and Technologies», PhD in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: tanechka-ef@rambler.ru.