

Тепло- и массообмен в период постоянной скорости сушки // ЖТФ.— 1953.— Т. 23, вып. 5.— С. 802—805. [14]. Романенко П. Н., Харченко В. Н., Семенов Ю. П. Влияние на теплообмен и трение лодачи охладителей в турбулентный пограничный слой // Инж.-физ. журн.— 1965.— Т. 9, № 6.— С. 384—390. [15]. Сергеев Г. Т. Тепло- и массообмен при испарении жидкости в вынужденный поток газа // Инж.-физ. журн.— 1961.— № 2.— С. 77—81. [16]. Смольский Б. М. Внешний тепло- и массообмен в процессе конвективной сушки.— Минск: Белгосуниверситет, 1957.— 205 с. [17]. Теория тепло- и массообмена / Под ред. А. И. Леонтьева.— М.: Высш. школа, 1979.— 496 с. [18]. Теплотехнический справочник.— М.: Энергия, 1976.— Т. 2.— 896 с. [19]. Шляхтинг Г. Теория пограничного слоя / Пер. с нем. под ред. Л. Г. Лойцянского.— 5-е изд.— М.: Наука, 1969.— 742 с. [20]. Шубин Г. С. О теплообмене в процессе конвективной сушки // Науч. тр. / МЛТИ.— 1969.— Вып. 21.— С. 170—189. [21]. Шубин Г. С. Тепло- и массообмен в процессе высокотемпературной сушки шпона // Лесонженерное дело.— 1958.— № 2.— С. 132—137. [22]. Шубин Г. С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 248 с. [23]. Шубин Г. С. Экспериментальное исследование тепло- и массообмена при высокотемпературной конвективной сушке плоских древесных материалов // Тепло- и массоперенос.— М., 1963.— Т. 4.— С. 186—196. (Материалы I Всесоюз. совещ. по тепло- и массообмену.— Минск, 1961), [24]. Шульман З. П. Исследование конвективного тепломассообмена на поверхности тела произвольной конфигурации при испарительном пористом охлаждении: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Минск, 1962.— 24 с. [25]. Malmquist L., Meishner H. Über den Wärmeübergang bei der Konvektion von Holz in Heissdampf // Holz als Roh- und Werkstoff.— 1964.— Bd. 22.— S. 96—106.

Поступила 12 мая 1989 г.

УДК 630\*812 : 630\*845.54

## ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ ТЕРМООБРАБОТАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

К. Ф. ДЯКОНОВ, Т. К. КУРЬЯНОВА, В. А. ШЕКИН

Воронежский лесотехнический институт

Термообработка древесины изменяет ее гигроскопичность, что достаточно полно рассмотрено в ряде трудов [5—7] и хорошо просматривается на графике изменения устойчивой влажности древесины сосны, обработанной при различных температурах в течение 96 ч (см. рис.). Однако оставалось некоторое сомнение в устойчивости приобретенного свойства, так как древесина предназначена для работы в изделиях в течение длительного времени.

Для изучения вопроса группа образцов термообработанной древесины в 1963—1964 гг. была заложена на длительное хранение [2—4].

Нами приведены результаты по определению гигроскопичности древесины сосны и березы спустя 25 лет после ее термической обработки.

### Методические условия

1. Определение устойчивой влажности. Образцы древесины размером  $20 \times 20 \times 30$  мм выдерживали в комнатных условиях ( $t = 20 \pm 2$  °С,  $\varphi = 50 \pm 10$  %) и периодически взвешивали. Число образцов на каждый вид испытания — 10 шт.
2. Определение предела устойчивой влажности. После выдержки в комнатных условиях образцы помещали в эксикаторы с концентрированной серной кислотой и выдерживали там 100 дн. Влажность древесины при этом достигала наименьшего значения и была близкой к сухому состоянию. Затем образцы помещали в эксикаторы, но уже над раствором серной кислоты со степенью насыщенности водяных паров, близкой к 100 %, и выдерживали 90 дн, периодически взвешивая. Данные по предельной устойчивой влажности древесины сведены в табл. 1. Результаты экспериментов обрабатывали методами математической статистики, показатель точности не превышал 3 %.

Хотя предельная устойчивая влажность древесины по физическому смыслу близка к пределу гигроскопичности, однако так ее назвать нельзя, так как условия проведения наших опытов не полностью соответствовали условиям установления предела гигроскопичности образцов древесины.

Таблица 1

**Устойчивая влажность древесины сосны и березы  
после термообработки и 25-летнего хранения**

Режим обработки $t_c/t_m$	Продолжительность обработки, ч	Устойчивая влажность после обработки и выдержки в течение 25 лет, %		Предельная устойчивая влажность после обработки и выдержки в течение 25 лет, %	
		Сосна	Береза	Сосна	Береза
80/45 ( $W_{др} = 2 \dots 3 \%$ )	6	5,9	4,2	23,8	22,7
	12	5,2	4,2	23,7	23,4
	24	5,8	3,9	24,1	22,6
	48	5,5	4,4	22,6	23,0
	96	5,6	4,0	22,7	22,0
100/65 ( $W_{др} = 2 \dots 3 \%$ )	6	5,7	4,5	22,9	22,8
	12	5,7	4,4	23,0	23,2
	24	5,8	4,3	22,8	22,7
	48	5,6	4,5	22,6	23,5
	96	5,4	4,3	22,4	21,4
115/82 ( $W_{др} = 2 \dots 3 \%$ )	6	5,9	4,7	23,0	18,7
	12	5,9	4,6	23,0	22,6
	24	5,4	4,5	21,7	21,1
	48	5,3	4,4	20,5	20,3
	96	5,4	4,2	20,4	20,0
130/98 ( $W_{др} = 2 \dots 3 \%$ )	6	5,7	4,2	23,5	21,3
	12	5,6	4,0	22,6	21,5
	24	5,1	3,6	22,7	20,2
	48	5,1	3,4	19,9	19,1
	96	5,0	3,2	20,2	18,7
140/98 ( $W_{др} = 2 \dots 3 \%$ )	6	5,3	3,5	23,3	20,9
	12	5,1	3,4	22,1	20,6
	24	5,1	3,3	21,4	19,2
	48	4,6	3,1	19,7	18,8
	96	4,4	3,0	18,7	16,0

*Устойчивая влажность*

Анализируя данные табл. 1, следует отметить, что устойчивая влажность термообработанной древесины полностью зависит от температуры и продолжительности процесса нагрева: чем жестче режим обработки, тем ниже влажность. В подтверждение этого из табл. 1 сделаем выборку значений устойчивой влажности и сведем их в отдельные ряды (при продолжительности нагрева в 48 и 96 ч, как наиболее характерной) в табл. 2.

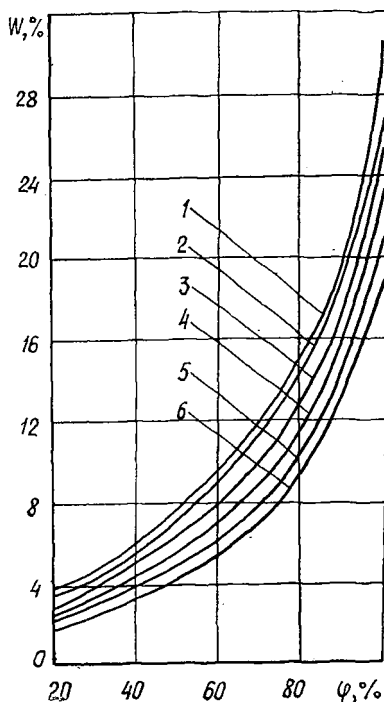
Здесь просматривается постоянное уменьшение устойчивой влажности от роста температуры и продолжительности обработки. Так, для сосны при 48 часовой обработке она уменьшалась от 5,5 до 4,6 %, при 96 часовой обработке — от 5,6 до 4,4 %, а для березы — от 4,4 до 3,1 % и от 4,0 до 3,0 %.

Если сравнить значения устойчивой влажности древесины сосны после термообработки и после атмосферной сушки (см. рис.), то видно, что в комнатных условиях ее влажность должна быть порядка 8...9 %. Снижение гигроскопичности произошло на 50...60 %, что должно привести к уменьшению усушки и разбухания.

*Предельная устойчивая влажность*

Для наглядности изменения этой величины из табл. 1 проведем выборку значений предельной устойчивой влажности, зависящей от условий обработки (табл. 3). Просматривается также изменение предельной устойчивой влажности в зависимости от температуры обработки.

Зависимость влажности древесины  $W$  от степени насыщения водяных паров  $\varphi$ : 1 — при атмосферной сушке древесины; 2 — после термообработки при 80 °С; 3 — 100 °С; 4 — 115 °С; 5 — 130 °С; 6 — при 140 °С. Продолжительность обработки — 96 ч



и ее продолжительности. Наименьшую предельную устойчивую влажность имеет древесина, обработанная при температуре 140 °С в течение 96 ч. Она составляет всего 16 % для березы и 18,7 % для сосны. Наибольшую предельную устойчивую влажность (в пределах 22...23 %) имеет древесина сосны и березы, обработанная при 80 и 100 °С.

Таблица 2

Температура обработки, °С	Продолжительность обработки, ч	Устойчивая влажность, %	
		Сосна	Береза
80	48	5,5	4,4
	96	5,6	4,0
100	48	5,6	4,5
	96	5,4	4,3
115	48	5,3	4,4
	96	5,4	4,2
130	48	5,1	3,4
	96	5,0	3,2
140	48	4,6	3,1
	96	4,4	3,0

Таблица 3

Температура обработки, °С	Продолжительность обработки, ч	Предельная устойчивая влажность, %	
		Сосна	Береза
80	48	22,6	23,0
	96	22,7	22,0
100	48	22,6	23,5
	96	22,4	21,4
115	48	20,5	20,3
	96	20,4	20,0
130	48	19,9	19,1
	96	20,2	18,7
140	48	19,7	18,8
	96	18,7	16,0

Древесина атмосферной сушки (см. рис.) имеет предельную устойчивую влажность, близкую к 29 %, что больше аналогичного показателя термообработанной древесины примерно на 7...13 %.

*Продолжительность хранения*

Влияние продолжительности хранения термообработанной древесины на устойчивую влажность при комнатных условиях хорошо просматривается на выборке, приведенной в табл. 4. Видно, что приобре-

Таблица 4

Температура обработки. °С (продолжительность обработки 96 ч)	Устойчивая влажность, %							
	после обработки		после хранения, через лет					
	Сосна	Береза	9		23		25	
			Сосна	Береза	Сосна	Береза	Сосна	Береза
80	8,6	7,2	8,5	6,7	5,32	5,64	5,6	4,0
100	7,6	6,9	7,5	6,3	5,4	6,12	5,4	4,3
115	6,8	6,0	7,0	5,5	5,0	4,8	5,4	4,2
130	5,9	5,2	6,2	5,7	4,7	4,2	5,0	3,2
140	5,2	5,1	5,4	4,6	4,4	3,9	4,4	3,0

тенное древесиной свойство снижать гигроскопичность при термообработке со временем не исчезает, а еще более усугубляется. Так, если сосна после обработки при температуре 80 °С имела устойчивую влажность 8,6 %, то через 9 лет она составила уже 8,5 %, а через 23 года [2—4] — 5,3 % и примерно столько же через 25 лет. А береза при обработке при температуре 140 °С имела влажность 5,1 %, а через 25 лет — только 3,0 %. И так по всем температурным градациям обработки.

Свойство снижать гигроскопичность при хранении древесины относится к сложному биологическому явлению, называемому «старением». В частности, при старении происходит выравнивание влаги по объему самой древесины, и, кроме того, в ней происходят малоизученные внутренние процессы, которые ограничивают процесс поглощения влаги из воздуха — происходит естественная блокировка гидроксильных групп целлюлозы, являющихся центрами адсорбции, и изменение химического состава [1].

Физика процесса старения древесины подлежит изучению. Изделия из выдержанной древесины более формоустойчивы и не коробятся. Этим объясняется, в частности, то, что опытные мастера для изготовления музыкальных инструментов и дорогих изделий выбирают старую, выдержанную древесину. Таким образом, процесс термообработки древесины вызывает снижение ее гигроскопичности. Это снижение тем значительнее, чем выше температура обработки и продолжительнее сам нагрев. Приобретенное древесиной свойство уменьшать гигроскопичность при термообработке необратимо. При длительном ее хранении (до 25 лет) оно не исчезает. При хранении древесины в ней происходят процессы, вызывающие дальнейшее снижение гигроскопичности. Древесина стареет. Выявлено, что степень изменения гигроскопичности термообработанной древесины у разных пород различна.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 719870 СССР. Способ ускоренного старения древесины / И. И. Пищик и др.— Опубл. 05.03.80. Бюл. № 9. [2]. Дьяконов К. Ф., Курьянова Т. К. Влияние длительного хранения древесины на ее гигроскопичность // Деревообаб. пром-сть.— 1973.— № 10.— С. 15. [3]. Дьяконов К. Ф., Курьянова Т. К. Изменение гигроскопичности древесины березы после термообработки и длительного хранения // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1975.— № 6.— С. 162—163. [4]. Дьяконов К. Ф., Курьянова Т. К. Сорбция термообработанной древесины при длительном хранении // Современные проблемы древесиноведения: Тез. докл. Всесоюз. конф.— Красноярск, 1987.— С. 93—94. [5]. Дьяконов К. Ф., Коноплева Т. М., Молодцова Р. П. Исследование влагопоглощения древесины сосны после гигротермической обработки // Науч. тр.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1964.— Вып. 19.— С. 22—25. [6]. Коноплева Т. М., Молодцова Р. П. Влагопоглощение древесины березы после гигротермической обработки // Деревообаб. пром-сть.— 1966.— № 2.— С. 14. [7]. Конопле-

ва Т. М., Молодцова Р. П. Влагопоглощение древесины лиственницы после гигротермической обработки // Деревообаб. пром-сть.— 1967.— № 2.— С. 13.

Поступила 24 ноября 1989 г.

УДК 630\*812

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ЧЕЛНА XV ВЕКА

Ю. В. ВИХРОВ, П. С. БОБАРЫКО, А. В. ДОРОЖКО,  
Л. П. РЫБАЛТОВСКАЯ

Белорусский технологический институт

По просьбе Запорожского краеведческого музея нами определено состояние древесины археологического челна XV века, найденного в Днепре в районе о-ва Хортица вблизи г. Запорожья.

Изучение физико-механических свойств древесины челна важно с целью не только его дальнейшего консервирования, но и получения информации об изменении свойств древесины, долго находящейся в воде.

Основная причина разрушения археологических находок из мокрой древесины при ее высыхании — значительная усадка, в связи с чем возникают большие внутренние напряжения и как следствие — коробление изделия и его растрескивание. Для определения ее образцы после обмера в трех направлениях помещали в сушильный шкаф, где выдерживали при  $t = 100 \pm 2$  °С до постоянной массы, и снова обмеряли.

Усадку образца древесины  $У$ , %, вычисляли по формуле

$$У = \frac{a_w - a_c}{a_c} 100, \quad (1)$$

где  $a_w$  — размер образца в насыщенном водой состоянии, мм;

$a_c$  — размер образца после полного высыхания, мм.

На основании полученных данных установлено, что тангенциальная усушка древесины челна  $У_\tau$  составляет 139 %, радиальная  $У_R$  — 24,6 % и вдоль волокон  $У_a$  — 18,8 %.

По данным В. Е. Вихрова [2], коэффициент усушки пойменного дуба  $K_y$  (челн, по-видимому, был изготовлен из дуба, произрастающего в пойме Днепра) в тангенциальном направлении составляет 0,304, в радиальном —  $K_y = 0,172$ . Следовательно,  $У_\tau = 0,304 \cdot 30 = 9,12$  %,  $У_R = 0,172 \cdot 30 = 5,16$  % (где 30 — предел насыщения клеточных стенок).

Значение  $У_a$  для здоровой древесины обычно считается равной нулю (не превышает долей процента).

Значит, тангенциальная усушка увеличилась более чем в 15 раз, радиальная — более чем в 4,5 раза.

Наличие большой продольной усушки, как правило, приводит к появлению поперечных трещин и к «шелушению» древесины, в связи с чем наружные слои отделяются по границе годичного слоя.

Значительное возрастание усушки объясняется деградацией клеточных стенок, особенно вторичных и третичных слоев. В связи с этим значительно возрастает пористость древесины. Об увеличении пористости можно косвенно судить по максимальному водосодержанию древесины. Для определения водосодержания образцы, отобранные из челна, взвешивали с точностью 0,01 г, высушивали до постоянной массы, и повторно взвешивали. Влажность образца древесины  $W$ , %, определяли по формуле

$$W = \frac{m_w - m_c}{m_c} 100. \quad (2)$$