

УДК 674.047.001

**Б.Д. Руденко, М.Д. Андреев, А.В. Давыдик**

Руденко Борис Дмитриевич родился в 1948 г., окончил в 1972 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии композиционных материалов Сибирского государственного технологического университета. Имеет около 60 научных трудов в области изучения процессов создания древесных композитов и массопереноса в древесине.



Андреев Михаил Дмитриевич родился в 1946 г., окончил в 1970 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов. Имеет более 30 научных трудов в области древесиноведения и автоматизации технологических процессов в деревообработке.



Давыдик Андрей Владимирович родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Сибирский государственный технологический университет, начальник цеха сушки ООО «Красноярский ЛДК». Имеет 2 печатные работы в области сушки древесины, комплексного выбора средств автоматизации деревообрабатывающих производств, создания сушильных камер малой мощности.

**ДИНАМИКА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ  
В КАМЕРАХ HILDEBRAND**

Установлено, что при наличии оперативной информации о средней влажности высушиваемых пиломатериалов можно качественно проводить процесс сушки в камерах Hildebrand.

пиломатериалы, сушка, динамика сушки.

Согласно ГОСТ 19773–84 «Режимы сушки в камерах периодического действия» [1], за время сушки хвойных пиломатериалов предусмотрено трехступенчатое изменение параметров сушильного агента, к ним относятся: температура  $t$ , степень насыщенности  $\phi$ , психрометрическая разность  $\Delta t = t - t_m$  (где  $t_m$  – температура смоченного термометра-психрометра).

В качестве теплоносителя используют горячую воду, которую для увлажнения воздуха распыляют с помощью специальных форсунок.

В сушильных камерах Hildebrand измеряют температуру сушильного агента и равновесную влажность древесины. Этого достаточно для информации о состоянии высушивающей среды. В принципе безразлично какие параметры измерять, так как все они связаны Id-диаграммой и диаграммой равновесной влажности древесины.

Для качественной сушки достаточно выдерживать в камере соответствующий режим. В камерах Hildebrand параметры процесса сушки устанавливают следующим образом: задают температуру по сухому термометру  $t_c$  и в качестве второго параметра – соотношение  $W_t/W_p = 1,6 \dots 5,0$  ( $W_t$  и  $W_p$  – текущая и равновесная влажность древесины). Так как влажность древесины при ее сушке постоянно уменьшается, а значение  $W_t/W_p$  задано, то равновесная влажность древесины будет также постоянно меняться. По этой причине трехступенчатая выдержка параметров не представляется возможной без изменения параметров теплоносителя, используемого в камерах Hildebrand для управления процессом.

Камеры Hildebrand имеют дистанционное измерение влажности древесины. Эту информацию выводят на пост оператора. Система управления предусматривает возможность оперативного изменения равновесной влажности древесины, вплоть до распыления воды в сушильном пространстве, что позволяет резко замедлять процесс сушки древесины.

Критерием рационального проведения процесса является скорость снижения влажности. Этот показатель зависит от характеристик высушиваемого материала, толщины, влажности, породы и т.д. Продолжительность сушки измеряется десятками и сотнями часов, поэтому влияние этого параметра при визуальном наблюдении трудно выявляемо.

Ларс Мальмквист в своей работе [3] в качестве критерия качественной сушки пиломатериалов рассматривает параметр интенсивности  $\beta$ , который должен иметь такое значение, при котором поверхностные слои не будут высыхать слишком быстро до достижения предела гигроскопичности в начале сушки. Он приводит упрощенную формулу для расчета продолжительности сушки  $\tau$  в виде

$$\tau = \frac{f}{3600} \frac{\delta_1^2}{a^1 \beta^2} \ln \frac{u_{mo}}{u_m},$$

где  $f = 1/(1+\delta_1/\delta_2)$ ;

$\delta_1$  – толщина материала;

$\delta_2$  – ширина материала;

$a^1$  – коэффициент влагопроводности;

$\beta$  – параметр интенсивности;

$u_{mo}$  – переходная влажность;

$u_m$  – средняя влажность древесины.

Значения параметра интенсивности в [3] приводят в предположительной форме (не давая определенных значений) и рассматривают примерные режимы для хвойных пород древесины. Сопоставление приведенных данных показало, что режимы [3] в среднем на 10 % интенсивнее российских.

Продолжительность сушки можно находить по различным методикам. Наиболее целесообразной является методика, изложенная в руководящих материалах по технологии камерной сушки древесины [2] (приложение 3). Приведенная там расчетная формула имеет вид

$$\tau = \frac{C_{\tau} S_1^2 K}{a_m^1} C A_{ц.р.} A_{\phi} \lg \frac{W_n}{W_k},$$

где  $\tau$  – продолжительность сушки, ч;

$C_{\tau}$  – поправка на многомерность;

$S_1$  – толщина материала;

$K$  – коэффициент, зависящий от толщины  $S_1$ ;

$a_m^1$  – коэффициент влагопроводности древесины, определяемый по средней в течение процесса температуре смоченного термометра,  $\text{см}^2/\text{с}$ ;

$C$  – коэффициент замедления сушки в штабеле по сравнению с сушкой единичных сортиментов;

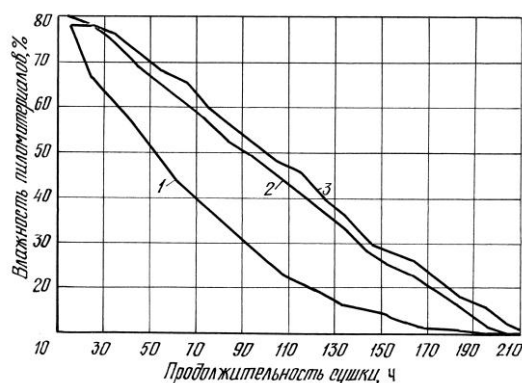
$A_{ц.р.}$  – коэффициент, учитывающий характер циркуляции (реверсивная, нереверсивная);

$A_{\phi}$  – коэффициент, учитывающий начальную ступень насыщенности среды  $\phi_n$ ;

$W_n, W_k$  – начальная и конечная влажность древесины, % [2].

Для проверки справедливости расчетов скорости снижения влажности нами была проведена сушка пиломатериалов из древесины лиственницы (толщина 25 мм, ширина от 100 до 150 мм,  $W_n = 70\%$ ,  $W_k = 10\%$ ) в сушильной камере Hildebrand на ООО «Красноярский ЛДК». По уравнению [2] была построена кривая снижения влажности пиломатериалов и ориентировочно заданы параметры режима сушки применительно к используемым в камере.

На рисунке показаны расчетная кривая и две экспериментальные (фактические) кривые снижения влажности. Кривая (1) получена расчетным путем по уравнению [2]. Скорость снижения влажности предопределяет качественное проведение процесса сушки, в резуль-



Динамика сушки в камере Hildebrand: 1 – расчетная кривая; 2 и 3 – кривые фактических процессов сушки I и II

тате которого неравномерность распределения влажности по объему сортамента не превысит установленных значений, т. е. перепад влажности по толщине пиломатериалов будет иметь нормативные значения. Фактические кривые 2 и 3 снижения влажности получены в результате высушивания в камере при низкой температуре.

Кривая зависимости  $W(t)$  делит область диаграммы на две части – верхнюю, характеризующую качественное проведение процесса сушки, и нижнюю, характеризующую быстрое снижение влажности, что неизбежно приведет к неравномерной влажности по толщине пиломатериалов и обусловит появление внутренних напряжений в древесине, значения которых выше допустимых, определяемых категориями качества сушки. Чем интенсивнее будет снижаться влажность древесины в процессе сушки, тем большие внутренние напряжения будут иметь место в ней.

Для выравнивания влажности пиломатериалов указанного сечения их выдерживали в цехе в течение двух недель, после чего были отобраны образцы для определения показателей качества сушки пиломатериалов в соответствии с требованиями [2].

Образцы взяты из трех зон средней части сушильной камеры: нижней (1), средней (2) и верхней (3). Определены средняя влажность, среднее квадратичное отклонение влажности, перепад влажности по толщине, остаточные напряжения. Для определения каждого показателя испытывали по 5 выпиленных из досок образцов. Значения показателей качества сушки приведены в таблице.

Из таблицы видно, что для пиломатериалов, высушенных при процессе I, уровень значений условного показателя остаточных напряжений достаточно высок, более чем в три раза превышает допустимые значения для 2-й категории качества. Наличие больших внутренних напряжений предопределено высокой скоростью снижения средней влажности пиломатериалов в первые 90 ч (см. рисунок) и ее неоднородностью по толщине пиломатериалов. Что касается низких значений среднего квадратичного отклонения влажности и перепада влажности по толщине пиломатериалов, то наблюдаемое выравнивание значений получено в результате длительной

Показатели	Значения показателей для зоны сушильной камеры		
	1	2	3
Средняя конечная влажность, %	<u>10,2</u>	<u>9,3</u>	<u>8,1</u>
	10,1	9,6	8,5
Среднее квадратичное отклонение влажности, %	<u>0,9</u>	<u>0,7</u>	<u>0,8</u>
	0,9	0,8	0,7
Перепад влажности по толщине пиломатериалов, %	<u>1,1</u>	<u>0,9</u>	<u>0,8</u>
	1,2	1,0	0,9
Условный показатель остаточных напряжений, %	<u>9,4</u>	<u>9,8</u>	<u>9,1</u>
	0,9	0,8	1,0

Примечание. В числителе приведены данные для фактического процесса сушки I, в знаменателе – II.

выдержки древесины после сушки. При достаточно медленном снижении влажности (процесс II) наблюдается более качественное высушивание древесины: приведенные показатели соответствуют 1-й категории качества сушки.

#### *Вывод*

Динамика снижения влажности древесины является характеристикой, определяющей качество сушки. При наличии оперативной информации о средней влажности высушиваемых пиломатериалов можно качественно проводить процесс сушки независимо от пригодности камеры к поддержанию режимных параметров по российским стандартам. Данная методика может быть использована не только для сушки пиломатериалов в камерах Hildebrand, но и в других, имеющих оперативное измерение влажности в процессе сушки и возможность управлять ею.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 19773–84. Пиломатериалы хвойных и лиственных пород. Режимы сушки в камерах периодического действия.
2. Руководящие технические материалы по камерной сушке древесины. Архангельск, 1985. – 142 с.
3. Analysis of modern lumber drying. Part 1. Tekn dr Lars Malmquist. Sv Träforskningsinstitutet.

Сибирский государственный технологический университет

Поступила 23.03.2000 г.

*B.D. Rudenko, M.D. Andreev, A.V. Davydik*

#### **Dynamics of Sawn Timber Drying in the Drying Chambers Hildebrand**

It was stated that the process of drying in chambers Hildebrand could be carried out qualitatively if the operative information about the average humidity of dried up sawn timber is available.