

УДК 674.04.047.3

О. Г. Рудак, аспирант (БГТУ);

В. Б. Снопков, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАЧАЛЬНОГО ПРОГРЕВА ДРЕВЕСИНЫ БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В статье приведены результаты исследования напряженно-деформированного состояния древесины во время прогрева. Проведен расчет количества влаги, испаряемой из древесины при прогреве, глубины испарения, определена величина внутренних напряжений. На основе результатов расчета получены графические зависимости, отражающие характер процессов, происходящих при прогреве древесины.

In article results of research of the is intense-deformed condition of wood are resulted during warming up. Calculation of quantity of the moisture evaporated from wood at warming up, depths of evaporation is carried out, the size of internal pressure is defined. On the basis of results of calculation the graphic dependences reflecting character of processes, occurring at wood warming up are received.

**Введение.** Первой технологической операцией процесса сушки пиломатериалов является начальный прогрев. В современных сушильных камерах операция прогрева проводят при степени насыщенности обрабатываемой среды меньше 1, т. е. в ненасыщенной среде. Для создания требуемых параметров режима прогрева в сушильную камеру через увлажнительную систему подается распыленная вода достаточно высокой степени диспергирования. Испаряясь, эта вода доводит степень насыщенности воздуха в камере до требуемого значения. Заданная температура обеспечивается работой калориферов.

Однако довести степень насыщенности обрабатываемой среды до требуемой величины можно за счет испарения влаги из поверхностных слоев древесины, не вводя в камеру дополнительное количество воды.

**Цель работы.** Целью настоящей работы было установление принципиальной возможности увлажнения обрабатываемой среды во время прогрева за счет влаги, имеющейся в древесине, и оценки безопасности этого процесса, т. е. условий обеспечения целостности прогреваемой древесины.

**Методика проведения исследований.** Для проведения расчетов были приняты следующие исходные данные. Сушильная камера – LAUBER, которая имеет внутренний объем  $V = 477 \text{ м}^3$  и вместимость  $E = 100\text{--}155 \text{ м}^3$ . В качестве прогреваемого материала рассматривали сосновые пиломатериалы толщиной 19, 25, 40 и 50 мм, имеющие начальную влажность  $W_n = 60\%$ .

Расчетная схема распределения влаги по толщине сортимента в период начального прогрева в ненасыщенной среде представлена на рис. 1. В сечении сортимента толщиной  $S$  выделяем внутреннюю и поверхностные зоны. Влажность внутренних слоев равна начальной влажности древесины. В поверхностных слоях

толщиной  $x$ , которые в дальнейшем будем называть зоной испарения влаги, влажность древесины изменяется от  $W_p$  до  $W_{nn}$ .

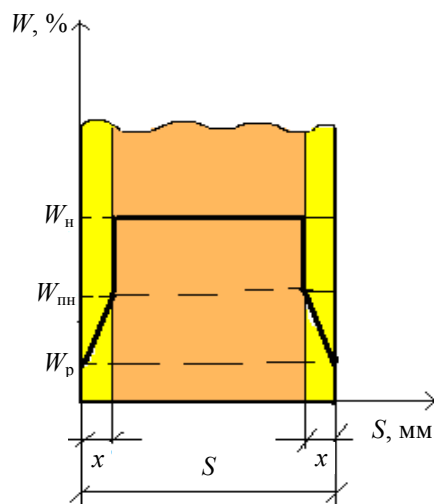


Рис. 1. Расчетная схема распределения влаги по толщине сортимента во время прогрева в ненасыщенной среде:

$W_n$  – начальная влажность сортимента, %;  
 $W_{nn}$  – предел насыщения клеточных стенок, %;  
 $W_p$  – равновесная влажность древесины, %;  
 $S$  – толщина сортимента, мм;  
 $x$  – глубина зоны испарения влаги, мм

Толщину зоны испарения рассчитывали с использованием следующих формул:

$$x = \frac{1000 \cdot D}{m \cdot F}, \text{ мм}; \quad (1)$$

$$D = \frac{E_a \cdot \rho_0 \cdot d}{1000}, \text{ кг}, \quad (2)$$

где  $D$  – количество влаги, испарившейся из древесины, кг;  $m$  – масса влаги, испаряющейся из  $1 \text{ м}^3$  древесины, кг;  $F$  – площадь испарения, м;  $E_a$  – объем воздуха в камере,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_0$  – плотность абсолютно сухого воздуха при расчетной тем-

пературе, кг/м<sup>3</sup>;  $d$  – влагосодержание воздуха при расчетной температуре и степени насыщенности, г/кг;

$$d = \frac{622 \cdot p_n}{p_a - p_n}, \quad (3)$$

где  $p_n$  – парциальное давление;  $p_a$  – атмосферное давление, МПа;

$$E_v = E_{вн} - E, \quad (4)$$

где  $E_{вн}$  – внутренний объем камеры, м<sup>3</sup>;  $E$  – вместимость камеры, м<sup>3</sup>;

$$E_{шт} = L \cdot B \cdot H \cdot \beta \cdot n, \quad (5)$$

$$\beta = \beta_d \cdot \beta_{ш} \cdot \beta_v \cdot \frac{100 - Y_v}{100}, \quad (6)$$

где  $L, B, H$  – соответственно длина, ширина и высота штабеля, м;  $\beta$  – объемный коэффициент заполнения штабеля;  $n$  – количество штабелей в камере;  $\beta_d, \beta_{ш}, \beta_v$  – коэффициенты заполнения штабеля по длине, ширине и высоте;  $Y_v$  – объемная усушка древесины, % [1].

**Результаты исследований.** Расчет количества влаги, испарившейся из древесины, и глубины испарения производили для степени насыщенности обрабатываемой среды 0,70; 0,75; 0,80; 0,85 и при возрастающей температуре от 30°C до 60°C. Результаты расчета, выполненные для толщины пиломатериалов 40 мм, представлены в таблице и на рис. 2.

**Количество влаги  $D$ , кг, испарившейся из древесины при прогреве**

Температура, °C	Степень насыщенности среды			
	0,70	0,75	0,80	0,85
35	10,08	10,84	11,60	12,35
40	13,20	14,20	15,25	16,26
45	17,22	18,54	19,88	21,23
50	22,33	24,16	25,87	27,30
55	28,83	31,17	33,54	35,90
60	37,18	40,30	43,50	46,78

Как показано в таблице, количество влаги, которое должно испариться из древесины для того, чтобы обеспечить нужную степень насыщенности, быстро увеличивается с ростом температуры обрабатываемой среды. Это объясняется тем, что с повышением температуры увеличивается влагоемкость воздуха и, соответственно, скорость испарения влаги с поверхностных слоев древесины.

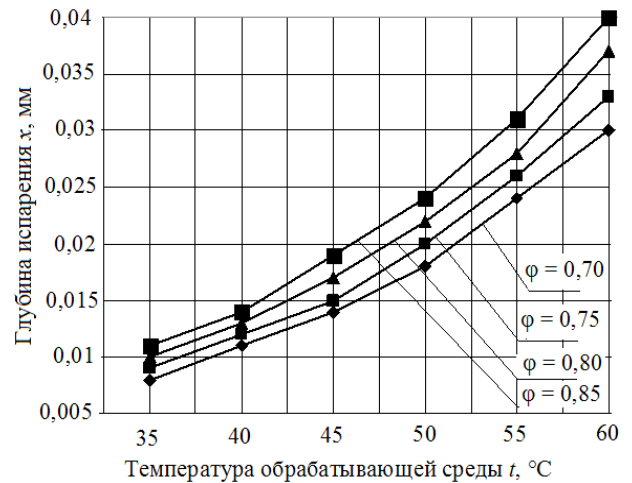


Рис. 2. Зависимость глубины испарения влаги от температуры обрабатываемой среды ( $S = 40$  мм)

Анализируя представленные на рис. 2 зависимости, следует отметить, что с ростом температуры увеличивается глубина испарения влаги из древесины (увеличивается зона испарения). Это объясняется тем, что с повышением температуры воздуха увеличивается его влагоемкость. Соответственно возрастает количество влаги, испаряющейся из древесины, что, в свою очередь, предполагает увеличение глубины испарения. Также из графиков видно, что чем больше степень насыщенности среды, тем больше влаги должно быть камере и тем большее значение имеет глубина испарения. Аналогичные зависимости были получены для других толщин пиломатериалов: 19, 25 и 50 мм (рис. 3).

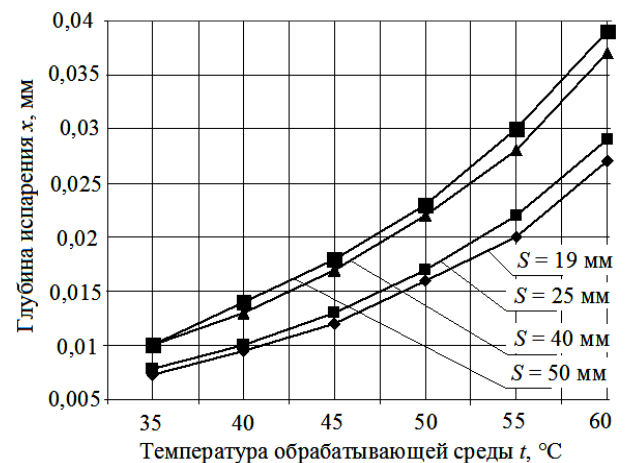


Рис. 3. Зависимость глубины испарения влаги от температуры обрабатываемой среды для различных значений толщины пиломатериалов ( $\phi = 0,80$ )

Как видно из графиков рис. 3, чем больше толщина пиломатериалов, тем больше глубина испарения влаги. Это можно объяснить тем, что

площадь испарения для сортиментов различной толщины разная. Например, при одинаковом объеме загружаемой в камеру древесины площадь испарения для пиломатериалов толщиной 40 мм меньше, чем для пиломатериалов толщиной 19 мм.

Следует отметить, что древесина подвергается усушке, если ее влажность меньше влажности предела насыщения клеточных стенок. Операция начального прогрева в ненасыщенной среде предполагает, что в процессе обработки из поверхностных слоев древесины испаряется влага. Это происходит потому, что обрабатывающая среда, не достигшая насыщения, может принять в себя некоторое количество влаги из древесины. Другими словами, при прогреве в ненасыщенной среде происходит сушка поверхностных слоев древесины. Известно, что если влажность поверхностных слоев меньше влажности предела насыщения клеточных стенок, то они испытывают деформации растяжения. Влажность внутренних слоев древесины больше влажности предела насыщения клеточных стенок, и напряжений в них не возникает. Для вышеописанного напряженно-деформированного состояния древесины Уголевым Б. Н. была предложена формула (7) для расчета величины влажностных напряжений  $\sigma$ , МПа [2].

$$\sigma = \alpha \cdot E_0 (1 + \beta \cdot \Delta W) \times \left[ \Delta W - \frac{\Delta W_{\max} \cdot x \left( 1 + \frac{2}{3} \cdot \beta \cdot \Delta W_{\max} \right)}{2R + \beta \cdot \Delta W_{\max} \cdot x} \right], \quad (7)$$

где  $\alpha$  – коэффициент усушки;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий зависимость модуля упругости  $E$  от перепада влажности;  $\Delta W$  – перепад влажности, %;  $\Delta W_{\max}$  – максимальный перепад влажности, %;  $x$  – глубина испарения, мм;  $R$  – половина толщины доски, мм.

Расчет величины внутренних напряжений производили для степени насыщенности обрабатывающей среды 0,70; 0,75; 0,80; 0,85 и для возрастающей температуры от 30 до 60°C с градацией 5°C. В качестве расчетного материала принимали обрезную доску из древесины сосны толщиной 40 мм.

Результаты расчетов величины внутренних напряжений, возникающих в древесине в процессе прогрева в ненасыщенной среде по вышеприведенной формуле, отражены в виде диаграммы на рис. 4.

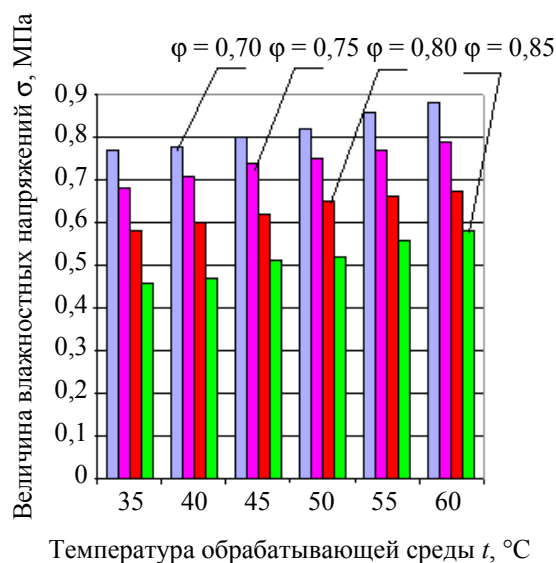


Рис. 4. Величина внутренних напряжений, возникающих в древесине при прогреве в ненасыщенной среде ( $S = 40$  мм)

Анализ вышеприведенной диаграммы показывает, что с увеличением температуры обрабатывающей среды внутренние напряжения в древесине возрастают. Однако они не превышают допустимого значения  $\sigma = 5,4$  МПа [3] и, более того, меньше его в 8–10 раз. Возрастание степени насыщенности обрабатывающей среды при одинаковой температуре позволяет уменьшить величину внутренних напряжений в древесине, а значит, делает процесс начального прогрева более безопасным.

**Закключение.** Исследования показывают возможность проведения операции начального прогрева без дополнительного увлажнения обрабатывающей среды. Происходящее при этом подсушивание поверхностных слоев древесины не вызывает растрескивания пиломатериалов, т. к. величина возникающих внутренних напряжений не превышает допустимого значения предела прочности древесины на растяжение поперек волокон.

## Литература

1. Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П. С. Серговский, А. И. Рассев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – С. 63–64.
2. Уголев, Б. Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке / Б. Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – С. 63–64.
3. Уголев, Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник / Б. Н. Уголев. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – С. 168–169.

Поступила 14.03.2011