

**НАЧАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПЕРЕД СУШКОЙ**

The basic ways initial heat are resulted. Duration of an individual board is designed.

Сушка древесины представляет собой очень сложный энергоемкий процесс, связанный с протеканием физических явлений, принадлежащих к классу явлений переноса:

- 1) поглощение тепла поверхностью материала (теплообмен);
- 2) перемещение тепла по материалу (теплопроводность);
- 3) испарение влаги с поверхности материала (влагообмен);
- 4) перемещение влаги по материалу (влагопроводность).

Первой технологической операцией перед сушкой является начальный прогрев.

Пиломатериалы готовят к сушке путем равномерного их прогрева. Для этого создают в камере такие условия, при которых влага во время прогрева не могла бы испаряться из древесины, т. к. преждевременное испарение влаги с поверхностных слоев может вызвать появление напряжений. В конце начального прогрева древесина равномерно прогрета и ее влагопроводящая система подготовлена к началу сушки.

В Республике Беларусь используются камеры, в которых в качестве увлажнителя воздуха применяется как водяной пар, так и диспергированная холодная вода.

В камеры (увлажнитель – водяной пар) для интенсивного начального прогрева древесины пар подают через увлажнительные трубы при включенных калориферах, работающих вентиляторах и закрытых приточно-вытяжных каналах. Во время прогрева степень насыщенности поддерживают на уровне  $\varphi = 0,93-0,97$  (соответственно психрометрическая разность равна  $\Delta t = 0,5-1,5$ ).

Режимы и продолжительность начального прогрева в различных импортных камерах (увлажнитель – вода) отражены в таблице.

В связи с разнообразием подходов к проведению операции начального прогрева возникла необходимость в установлении режимов и продолжительности прогрева для камер, использующих в качестве увлажнителя воздуха диспергированную холодную воду.

На продолжительность начального прогрева влияют следующие факторы:

- 1) порода древесины;
- 2) размеры;
- 3) начальная влажность и температура древесины;
- 4) состояние среды;
- 5) ширина штабеля;
- 6) скорость циркуляции агента сушки;
- 7) агрегатное состояние влаги в древесине;

8) скорость подъема температуры.

Продолжительность начального прогрева (единичного пиломатериала), при применении в качестве увлажнителя воды, может быть рассчитана с использованием теории теплопроводности.

Процесс прогрева древесины воздухом относится к нестационарному теплообмену, который характеризуется температурным полем, переменным во времени и в пространстве [1].

Процесс начального прогрева определяется теплопроводностью материала и теплообменом его со средой. Интенсивность перемещения тепла в материале посредством теплопроводности характеризуется уравнением (1):

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} . \quad (1)$$

Изменение температуры произвольной точки одномерного тела при нестационарном теплообмене определяется уравнением Фурье (2):

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} , \quad (2)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;  $\tau$  – время, ч;  $x$  – координата в направлении теплового потока, м.

Искомое решение данного уравнения при граничных условиях (2) представляет собой в общем виде функцию (3).

$$-\lambda \left[ \frac{dt}{dx} \right] = \alpha (t_c - t_{\text{пов}}) , \quad (3)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности древесины, Вт/м<sup>2</sup>·°С;  $\alpha$  – коэффициент теплообмена, Вт/м<sup>2</sup>·°С;  $t_c$  – температура среды, °С;  $t_{\text{пов}}$  – температура поверхности образца, °С.

$$\theta = \left( \frac{x}{R}; Fo; Bi \right) , \quad (4)$$

где  $\theta$  – безразмерная температура;  $R$  – половина толщины образца, м;  $Fo$  – безразмерный критерий Фурье;  $Bi$  – безразмерный критерий Био.

Для практического использования вышеприведенного выражения (3) имеются специальные графики и номограммы [1, с. 128–130].

В результате продолжительность прогрева единичного пиломатериала с начальной температурой  $t_0 > 0^\circ\text{C}$  рассчитывается по следующей формуле:

$$\tau = \frac{Fo \cdot R^2}{a} . \quad (5)$$

Режимы и продолжительность начального прогрева

Порода, толщина S, мм	Скорость подъема температуры в камере, °С/ч	Равновесная влажность древесины $W_p$ , %	Продолжительность прогрева $\tau$ , ч	Параметры обработки		
				$\phi$	$\Delta t$	$t$ , °С
<b>Фирма «SEKAL»</b>						
Сосна, 30–60 мм	3	14	8	0,77	4	40
Сосна, > 60 мм	3	16	10	0,82	3	38
Сосна, < 25 мм	3	13	6	0,73	4,5	40
<b>Фирма «SATHILD»</b>						
Дуб, < 35 мм	8	15	24	0,77	3,5	32
Дуб, < 65 мм	6	17	24	0,82	2,5	30
Ель, 55–60 мм	20	16	8	0,85	3	60
<b>Фирма «НОК В HEIN»</b>						
Сосна, 25–60 мм	2	16	6	0,82	3	30
Сосна, > 60 мм	4	17	8	0,83	3,5	35
<b>Камера «2x2AS» (Словения)</b>						
Сосна, 40 мм	2	16	4	0,83	2,5	40
Дуб, 40 мм	9	17	10	0,88	2,5	55

*Примечание.* Температуру в камере поднимают до 40°С со скоростью 3°С/ч. Далее происходит выдержка при этой температуре в течение 8 ч при степени насыщенности воздуха  $\phi = 0,77$  и психрометрической разности  $\Delta t = 4$ .

При определении продолжительности прогрева древесины, имеющей начальную температуру  $t_0 < 0$ , следует дополнительно учитывать время на нагревание древесины от отрицательной температуры до 0°С и время на плавление льда, содержащегося в древесине. Для этой цели может быть использовано уравнение теплового баланса [2]:

$$q = \rho_w \cdot c_{(-)} \cdot (-t_0) + \rho_{\text{баз}} \cdot \frac{W - W_{\text{сж}}}{100} \cdot \gamma + \rho_w \cdot c \cdot t,$$

где  $q$  – расход теплоты на нагревание древесины от  $t_0$  до 0°С, от 0°С до температуры начального прогрева и на плавление льда;  $\rho_w$  – плотность древесины с влажностью  $W$ , кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{баз}}$  – базисная плотность древесины;  $c_{(-)}$  – удельная теплоемкость замороженной древесины, кДж/кг · °С;  $c$  – удельная теплоемкость незамороженной древесины, кДж/кг · °С;  $W$  – влажность древесины, %;  $W_{\text{сж}}$  – относительное содержание связанной воды, оставшейся в замороженной древесине в жидком состоянии, %;  $t_0$  – начальная температура, °С;  $t$  – температура, заданная режимом начального прогрева, °С;  $\gamma$  – скрытая теплота плавления льда, Дж/кг.

Тогда продолжительность нагревания древесины с начальной температурой  $t_0 < 0$ °С будет рассчитываться по формуле (5):

$$\tau = \frac{Fo \cdot R^2}{a} \cdot A_q, \quad (6)$$

где  $A_q$  – коэффициент, учитывающий увеличение продолжительности прогрева единичного

материала на плавление льда и прогрев древесины от  $t_0$  до 0°С (6):

$$A_q = \frac{q}{q - q_0 - q_{\text{пл}}}, \quad (7)$$

где  $q$  – расход теплоты на плавление льда, нагревание древесины от  $t_0$  до 0°С и от 0°С до температуры, заданной режимом  $t_{\text{реж}}$ , кДж/м<sup>3</sup>;  $q_0$  – расход теплоты на нагревание древесины от  $t_0$  до 0°С, кДж/м<sup>3</sup>;  $q_{\text{пл}}$  – расход теплоты на плавление льда, кДж/м<sup>3</sup>.

Следует отметить, что продолжительность нагревания пиломатериала зависит от отношения толщины к ширине доски. Для определения поправки на многомерность  $C_s$ , учитывающую ширину доски, можно использовать специальный график [2, с. 203].

В продолжительность начального прогрева входит время на подъем температуры воздуха в камере, которое можно определить с помощью формулы (7):

$$\tau_{\text{пт}} = \frac{t - t_n}{\omega}, \quad (8)$$

где  $t$  – температура среды, заданная режимом начального прогрева, °С;  $t_n$  – начальная температура в камере, °С;  $\omega$  – скорость подъема температуры в сушильной камере, °С/ч.

В реальных процессах прогрева температура агента обработки по ходу его движения снижается, в связи с чем разные зоны штабеля сохнут при различных параметрах среды [3]. В расчетные формулы для определения продолжительности

начального прогрева следует включать коэффициент замедления прогрева пиломатериалов в штабеле  $A_{ш}$ . Однако этот коэффициент требует уточнения, т. к. в современных сушильных камерах ширина штабеля увеличилась с 1,8 м до 5–6 м.

В общем виде продолжительность начального прогрева в воздушных камерах периодического действия может быть рассчитана по следующим формулам:

древесина с температурой  $t_0 < 0^\circ\text{C}$

$$\tau = \frac{Fo \cdot R^2}{a} \cdot A_q \cdot A_{ш} \cdot C_\tau + \tau_{нт} \quad (9)$$

древесина с температурой  $t_0 > 0^\circ\text{C}$

$$\tau = \frac{Fo \cdot R^2}{a} \cdot A_{ш} \cdot C_\tau + \tau_{нт} \quad (10)$$

где  $A_{ш}$  – коэффициент, учитывающий ширину штабеля;  $C_\tau$  – поправка на многомерность, учитывающая отношение толщины к ширине пиломатериала.

При выполнении операции начального прогрева в сушильной камере должна быть создана высокая степень насыщенности агента обработки, увлажнителем которого может быть пар или холодная вода.

В последние годы в Республике Беларусь появилось значительное количество камер, в которых используется холодная диспергированная вода. Для каждой камеры применяются своя

технология, режимы и продолжительность начального прогрева. При поведении анализа режимов прогрева в импортных камерах выяснилось, что в большинстве из них нагревание осуществляется при невысоких температурах (от  $30^\circ\text{C}$  до  $55^\circ\text{C}$ ), в зависимости от породы и толщины древесины. Продолжительность прогрева в несколько раз больше, чем в камерах с теплоносителем водяной пар, однако качество конечного продукта значительно выше.

При использовании основ теории теплопроводности была определена продолжительность прогрева единичного материала. Продолжительность прогрева единичной доски и досок в штабеле различна. Принимая во внимание эти замечания, мы предлагаем коэффициенты, учитывающие ширину штабеля  $A_{ш}$ , размеры древесины  $C_\tau$  (поправка на многомерность), начальную температуру древесины  $A_q$  (нагрев от отрицательной температуры до  $0^\circ\text{C}$  и плавление льда), а также дополнительное время на подъем температуры воздуха в камере  $\tau_{нт}$ .

#### Литература

1. Кречетов И. В. Сушка древесины. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 432 с.
2. Серговский П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. – М.: Лесная пром-сть, 1975. – 400 с.
3. Шубин Г. С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 312 с.