

2. После вывода нагревателя на заданную температуру его эксплуатацию необходимо начинать, пропустив первый цикл охлаждения – нагрев автоматического режима.

3. Наименьшая (5...10 °С) разница температур по радиусу плит имеет место в середине интервалов нагрева или охлаждения, а наибольшая (15...20 °С) – по окончании нагрева и в начале охлаждения.

4. Повышение равномерности температурных полей рабочих плит можно обеспечить за счет увеличения их толщины или размещения асбестовой прокладки между рабочей и нагревательной плитами, а также за счет нагрева плит в камерных печах.

5. При двухсменном режиме работы отключение контактного нагревателя на третью (нерабочую) смену для экономии электроэнергии нецелесообразно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А.с. 639948 СССР, МКИ С 21 Д 9/24. Пресс для отпуска дисков / Б.В. Арефьев, А.С. Макарова, А.А. Настенко, Ю.М. Стахийев (СССР). - № - 2453706/22; Заявлено 16.02.77; Опубл. 30.12.78, Бюл. № 48 // Открытия. Изобретения. - 1978. - № 48. - С. 103. [2]. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - 384 с.

Поступила 13 октября 1994 г.

УДК 674.047.001.5

Б. Д. РУДЕНКО



Руденко Борис Дмитриевич родился в 1948 г., окончил в 1972 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии композиционных материалов Красноярской государственной технологической академии. Имеет 31 научный труд в области изучения процессов создания древесных композитов и массопереноса в древесине.

УНИВЕРСАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ*

В общем виде дано математическое описание объемного движения влаги в древесине с учетом особенности распределения влажности в процессе сушки. Приведена формула проницаемости древесины с непрерывно меняющейся влажностью. Изложена методика определения коэффициента турбулентной диффузии для движения влаги в древесине.

A general mathematical description of volume movement of moisture in wood with reference to features of moisture distribution in the process of drying is given. A permeability equation for continuously variable moisture content wood is presented. The procedure of determining the coefficient of turbulent diffusion of water movement in wood is stated.

Используемое в настоящее время уравнение влагопроводности для анализа продолжительности сушки древесины не вполне универсально, так как оно справедливо лишь при влажности ниже предела насыщения клеточных стенок [1].

Рассмотрим перемещение влаги в процессе сушки древесных сортиментов. При сушке снижение влажности начинается с поверхности сортимента. В его центре имеется область повышенной влажности, а по краям находятся менее влажные участки. Постепенно центральная область уменьшается и по всему объему происходит выравнивание влажности на некотором более низком уровне.

Для описания этого процесса примем следующие допущения:

рассматриваем перемещение влаги как турбулентный процесс ее диффузии (в неограниченном объеме древесины), который характеризуется эффективным коэффициентом D ;

весь объем древесины на начальный момент распространения влаги равномерно прогрет и имеет тепловую мощность Q ;

начальную неравномерность влажности и влияние силы тяжести можно не учитывать.

При этих допущениях можно использовать зависимость, приведенную в работе [2]:

* Работа выполнена при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда науки.

$$U(x, y, z, t) = Q \left(\frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} \right)^3 e^{-\frac{x^2+y^2+z^2}{4Dt}}, \quad (1)$$

где U – влажность древесины в момент времени t в некоторой точке объема, положение которого характеризуется координатами x, y, z .

Величину D можно определять по формуле

$$D = K / (C\rho), \quad (2)$$

где K – экспериментальный коэффициент;
 C – коэффициент удельной теплоемкости;
 ρ – плотность древесины.

Время сушки некоторой области в древесном сортименте зависит от его размеров, проницаемости древесины и заданной конечной влажности (размеры сортиamenta от $-\infty$ до $+\infty$).

Проницаемость (количество вещества, прошедшее через данную среду однородного слоя) опишем формулой

$$I = I_0 e^{-\alpha l}, \quad (3)$$

где I – проницаемость древесины;
 I_0 – номинальная проницаемость древесины;
 α – коэффициент проницаемости древесины, пропорциональный U , $\alpha = \alpha_0 U$;
 l – толщина слоя.

Для двух слоев толщиной l_1 и l_2 с различной влажностью U_1 и U_2 имеем

$$I = I_0 e^{-\alpha_0 U_1 l_1} e^{-\alpha_0 U_2 l_2} = I_0 e^{-\alpha_0 (U_1 l_1 + U_2 l_2)}. \quad (4)$$

Для массива древесины с непрерывно меняющейся влажностью проницаемость определяется по формуле

$$I = I_0 e^{-\alpha_0 \int U dl} \quad (5)$$

Продолжительность сушки находят как отношение I / I_0 , значение которого зависит от значения величины $\int U dl$.

Обозначим буквой δ заданную конечную влажность. Тогда при $(I_0 - I) / I_0 < \delta$ или $I / I_0 > 1 - \delta$ древесный сортимент высохнет, при $(I_0 - I) / I_0 > 1 - \delta$ или $I / I_0 < \delta$ – останется влажным, при $\delta < I / I_0 < 1 - \delta$ – будет иметь некоторую промежуточную влажность. Ее находят из соотношения

$$I / I_0 = e^{-\alpha_0 \int U dl} \quad (6)$$

Рассмотрим проекцию древесного сортимента в плоскости x, y . Для определения влажности различных участков в этой плоскости вычислим интеграл

$$\begin{aligned} \int U dl &= \int_{-\infty}^{\infty} U(x, y, z, t) dz = Q \left(\frac{1}{r\sqrt{\pi Dt}} \right)^3 \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{x^2+y^2+z^2}{4Dt}} dz = \\ &= Q \left(\frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} \right)^2 e^{-\frac{x^2+y^2}{4Dt}} \end{aligned} \quad (7)$$

Если влажность в некоторой точке достаточно мала (т.е. $\int U dl < \delta / \alpha_0$), то $I/I_0 > 1 - \delta$, и соответствующий участок будет сухим.

Если влажность больше заданной (т.е. $\int U dl > \Delta / \alpha_0$), то $I/I_0 < e^{-\Delta} = \delta$, и при заданных значениях $\Delta = \ln(1/\delta)$ участок будет влажным.

При $\delta/\alpha_0 < \int U dl < \Delta/\alpha_0$ имеем

$$\alpha_0 \int U dl = \delta \quad (8)$$

или

$$\alpha_0 Q \left(\frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} \right)^2 e^{-\left(\frac{r^2}{4Dt}\right)} = \delta, \quad (9)$$

где $r^2 = x^2 + y^2$.

Это условие определяет границу области, за пределами которой влажность меньше заданной. Радиус области можно найти по формуле

$$r = 2 \sqrt{-Dt \ln \left(\frac{\delta 4\pi D^2 t^2}{Q \alpha_0} \right)}. \quad (10)$$

При малых значениях t радиус области r мал и растет вместе с t .

При $t = t_0 = \frac{\alpha_0 Q}{4\pi e \delta D}$ радиус r достигает максимума:

$$r_{\max} = 2 \sqrt{D t_0} = \frac{\sqrt{\alpha_0 Q}}{\pi e \delta}. \quad (11)$$

При $t > t_0$ радиус области уменьшается.

При $t_1 = \frac{\alpha_0 Q}{4\pi\delta D}$ вся область имеет равномерную конечную влажность.

- Наблюдая процесс сушки древесного сортифта, можно определить коэффициент турбулентной диффузии D для движения влаги в древесине (например, из формул для t_1 или t_0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Серговский П.С., Расев А.И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины // Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Лесн. пром-сть, 1987. - 360 с. [2]. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики // Учебное пособие для вузов. - 5-е изд., стереотипное. - М.: Наука, 1977. - 736 с.

Поступила 21 февраля 1995 г.