

Оптимальные режимы облицовывания плит  
из отходов окорки древесины

Параметры	Пленка	Бумага	Картон
Время от начала загрузки пакетов в пресс до момента достижения рабочего давления, не более, с	75	75	90
Температура плит пресса, °С	160	160	160
Давление прессования, МПа	0,8	1,2	1,2
Выдержка, с	50	50	150
Продолжительность снятия давления, с	30	35	35

4. Физико-механические свойства плит, облицованных пленкой, бумагой и картоном, связаны с давлением прессования.

Влажность и плотность плит, облицованных бумагой и картоном, возрастают с увеличением давления от 0,4 до 2,0 МПа, а плит, облицованных пленкой, незначительно снижаются.

Режимы облицовывания были проверены в производственных условиях по Минскпроектмебель.

УДК 674.815-41

В.М.САЦУРА, канд.техн.наук,  
А.В.НОВОСЕЛЬСКИЙ, канд.техн.наук (БТИ)

### О ПРИБЛИЖЕННЫХ МОДЕЛЯХ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

Перенос энергии и вещества при нагреве влажных пористых тел, например в производстве древесностружечных плит, обусловлен явлениями с различными механизмами и подчиняется общим закономерностям термодинамики необратимых процессов [1]. Взаимосвязь их создает сложную обстановку переноса веществ в порах. Феноменологические законы взаимосвязанного переноса можно сформулировать в виде

$$\vec{J}_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} \vec{X}_k t \quad (i = \overline{1, n}),$$

где  $\vec{J}_i$  — плотность потока переносимой субстанции;  $\vec{X}_k$  — термодинамическая сила, создающая соответствующий поток;  $t$  — температура;  $L_{ik}$  — коэффициенты, характеризующие кинетику процесса.

Для коэффициентов  $L_{ik}$  выполняются условия взаимности Онзагера

$$L_{ik} = L_{ki}.$$

В соответствии с общими закономерностями термодинамики необратимых процессов перенос тепла и массы в капиллярно-пористом материале имеет вид

$$\vec{q} = -\lambda \nabla t + \sum_i h_i \vec{J}_i; \quad (1)$$

$$\vec{J}_i = -a_m \rho_0 \nabla W - a_m \rho_0 \delta \nabla T - \lambda_p \nabla p. \quad (2)$$

В случае использования потенциала влагопереноса  $\theta$  закон переноса выражает зависимость

$$\vec{J}_i = -\lambda_m \nabla \theta - \lambda_m \delta \theta \nabla t - \lambda_p \nabla p, \quad (3)$$

где  $\theta$  — потенциал влагопереноса;  $t$  — температура;  $W$  — влагосодержание;  $p$  — давление;  $\lambda_m$  — коэффициент влагопроводности;  $\delta \theta$  — термоградиентный коэффициент;  $\lambda_p$  — коэффициент молярного переноса.

На основании уравнений (1)–(3), уравнений сохранения энергии и массы веществ, полагая коэффициенты переноса и термодинамические характеристики постоянными и считая равными, температуру скелета и связанного вещества представили как систему дифференциальных уравнений тепломассопереноса [1]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = k_{11} \nabla^2 t + k_{12} \nabla^2 \theta + k_{13} \nabla^2 p; \quad (4)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = k_{21} \nabla^2 t + k_{22} \nabla^2 \theta + k_{23} \nabla^2 p; \quad (5)$$

$$\frac{\partial p}{\partial \tau} = k_{31} \nabla^2 t + k_{32} \nabla^2 \theta + k_{33} \nabla^2 p, \quad (6)$$

где выражения для коэффициентов  $K_{ij}$  ( $i = 1, 3, j = \overline{1, 3}$ ) приведены в [1, 2].

Взаимосвязанность процессов обусловлена тем, что массообменные коэффициенты зависят от температуры, а тепловые — от концентрации влаги в материале; кроме того, температура непосредственно входит в термодиффузионный поток. Интегрирование уравнений (4)–(6) при соответствующих начальных и граничных условиях дает функцию  $T = f_1(x, y, z, \tau)$ ;  $\theta = f_2(x, y, z, \tau)$ ;  $p = f_3(x, y, z, \tau)$  в любой момент времени от начала процесса. Такой путь решения задачи является теоретически наиболее обоснованным. Однако использование его в инженерных расчетах сдерживается отсутствием данных по кинетическим коэффициентам  $a_m, \lambda_m, C_m, \delta, \epsilon, \beta, k$ , зависимость которых от потенциалов переноса создает существенные трудности для капиллярно-пористых тел различных композиций. Получение полных и надежных данных по указанным коэффициентам представляет собой самостоятельную сложную задачу, требующую разработки новых экспериментальных методик. В связи с этим на современном этапе знаний необходимо построение вспомогательных приближенных моделей тепломассопереноса в капиллярно-пористом теле, которые позволили бы искусственно "развязать" систему (4)–(6), т.е. рассматривать перечисленные процессы либо как тепловые, либо как массообменные. При таком подходе целесообразно рассматривать процессы в капиллярно-пористом теле как массообменные, а контактный нагрев влажного пористого тела можно представить как наложенное температурное поле. Учет влияния этого поля на кинетику массопереноса можно производить при помощи экспериментально получаемых функций взаимосвязи между среднеобъемными

температурой и влагопереносом в условиях, приближенных к условиям прессования:

$$T = f_1(\theta). \quad (7)$$

В соответствии с уравнением (7) можно сформулировать следующие приближенные соотношения:

$$\begin{aligned} k_{ij} &= f_2(\theta, T, P) \approx f_2[\theta, f_1(\theta), P] = k_{ij}(\theta, P); \\ \delta_\theta &= f_3(\theta, T, P) \approx f_3[\theta, f_1(\theta), P] = \delta_\theta(\theta, P); \\ \nabla T &\approx f_1'(\theta, P) \nabla \theta. \end{aligned} \quad (8)$$

С учетом соотношений (9) можно переписать уравнение (5) в виде

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \nabla (k_{ij}^* \nabla \theta), \quad (9)$$

где  $k_{ij}^* = k_{ij}(\theta, P)[1 + \delta(\theta, P) f_1'(\theta, P)]$  – функция потенциала влагопереноса и давления.

Коэффициент  $k_{ij}^* = k_{ij}(\theta, P)$  следует считать условным коэффициентом влагопереноса, учитывающим собственно массопроводность и барродиффузию, зависящим от режима прессования. Уравнение (9) используется без привлечения уравнения поля температур, и, следовательно, для кинетического расчета системы требуется знание только двух коэффициентов  $K_{ij}$  и  $\delta_\theta$ , а не семи коэффициентов ( $a_m, \lambda_m, c_m, \delta, \varepsilon, \beta, K$ ). Справедливость указанного способа расчета для рассматриваемых процессов необходимо проверить экспериментально.

Наряду с указанным способом преобразования системы возможен и другой способ, являющийся более удобным. Он связан с приведением системы дифференциальных уравнений (4)–(6) к уравнению нестационарной теплопроводности с эквивалентными теплофизическими характеристиками капиллярно-пористого тела. Этот способ аналогичен предыдущему, но оказывается более удобным в связи с тем, что непосредственное использование уравнения (9) связано с определенными трудностями в силу нелинейности уравнения и отсутствия его решения для практически важных краевых условий. Решение уравнения (9) для случая контактного нагрева влажного пористого тела при граничных условиях I рода возможно с помощью метода конформных преобразований или используя обобщенные функции Векуа.

В работе [3] впервые показана целесообразность "развязки" классической системы А.В.Лыкова и Ю.А.Михайлова, а в работе [4] дан вывод нестационарного уравнения теплопроводности, которое в данном случае имеет вид

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = a_{\text{экв}} \left[ \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x} \right],$$

с граничными условиями I рода, вывод которых основан на допущении существования одинаковой для всех точек материала зависимости между локальными температурой и влагосодержанием

$$T(x, \tau) = f[W(x, \tau)],$$

которая аппроксимируется по зонам капиллярно-пористого тела кусочно-линейной зависимостью

$$T(x, \tau) = T_{0i} + b_i \bar{W}(x, \tau).$$

Влияние массопереноса в этом случае учитывается введением эквивалентных теплофизических коэффициентов

$$a_{\text{экв}} = \frac{\lambda}{c_{\text{экв}} \rho}; \quad c_{\text{экв}} = c \frac{R_B + \varepsilon}{R_B}.$$

Здесь  $R_B = cb/\tau$  – число Ребиндера;  $c, \lambda, a$  – теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность материала;  $\varepsilon = d\bar{W}_{\text{исп}}/d\bar{W}_{\text{общ}}$ , где  $\bar{W}$  – среднее объемное влагосодержание материала;  $\Gamma = 0, 1, 2$  – выбирается в зависимости от формы капиллярно-пористого тела (пластина, цилиндр, шар).

Рассмотренные приближенные математические модели могут быть использованы для расчета параметров процесса тепломассопереноса при производстве древесностружечных плит плоского и экструзионного прессования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 536 с.
2. Обливин А.Н., Воскресенский А.К., Семенов Ю.П. Тепло- и массоперенос в производстве древесностружечных плит. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 192 с.
3. Плановский А.Н. Массообмен в системах с твердой фазой. – Теоретические основы химической технологии, 1972, № 6, с. 832–841.
4. Коновалов В.И., Романков П.Г., Соколов В.И. Теорет. основы хим. технологии, 1975, т. 9, № 2, с. 203.

УДК 674.815–41

В.М.САЦУРА, канд. техн. наук,  
А.В.НОВОСЕЛЬСКИЙ, канд. техн. наук (БТИ)

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОМ ТЕЛЕ С ВНУТРЕННИМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛА ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПЕРВОГО РОДА

Увеличение выпуска конструкций жилых домов усадебного типа, производство деревянных панельных домов и комплектов деталей для сельского строительства, предусматриваемое решениями майского Пленума ЦК КПСС (1982 г.), ставит перед деревообрабатывающей промышленностью задачу увеличения производства и расширения ассортимента прогрессивных строительных материалов. Большое значение придается развитию малоэтажного деревянного домостроения. Намечена конкретная программа развития производственной базы индустриального строительства в сельской местности путем строительства новых и расширений действующих предприятий по производству современных панельных домов. В значительной степени решение задачи зависит от того, насколько домостроительные предприятия будут обеспечены