

**ВЛИЯНИЕ УКЛАДКИ ПИЛОМАТЕРИАЛА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ  
СУШКИ ДЛЯ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР БОЛЬМАН**

Сушильные камеры Больман – конвективные сушилки периодического действия с поперечно-вертикальной циркуляцией сушильного агента. Они оборудованы семью осевыми вентиляторами, установленными в нижней части камеры. Воздух, циркулирующий в камере, за один цикл дважды подогревается и дважды проходит через штабель пиломатериала, прежде чем снова попасть на вентилятор. В камерах сушится в основном пиломатериал, предназначенный для изготовления клеедеревянных конструкций. Укладка его, по рекомендации фирмы, производится со шпациями (промежутками в горизонтальном ряду). Однако сравнительные исследования полей скоростей в штабеле, равномерности сушки показали, что укладка пиломатериала без шпаций более предпочтительна, причем загрузка камер в этом случае увеличивается на 15–20%.

Поскольку плотную укладку пиломатериала в горизонтальном ряду нельзя отождествлять с пластиной бесконечных размеров из-за того, что между отдельными досками все равно остаются небольшие зазоры, представляет интерес определить теоретически, как влияет на продолжительность сушки плотная укладка пиломатериала по сравнению с раздельной.

Определение продолжительности сушки при раздельной укладке не вызывает особых трудностей. В этом случае доски, находящиеся в потоке сушильного агента, хорошо омываются как с пласти, так и с кромки. Следовательно, условия сушки, а значит и коэффициент массоотдачи пласти и кромки без существенной погрешности можно принять одним и тем же.

Коэффициент массоотдачи зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения сушильного агента, влажности поверхности древесины и определяется по специальным графикам [1].

При плотной укладке возникает трудность в определении параметров среды между кромками досок и коэффициента массоотдачи с кромки. Задача осложняется еще тем, что при влажности пиломатериала 30% начинается усушка древесины, которая способствует увеличению расстояния между кромками.

Н.Ф. Докучаев, определяя распределение парциального давления и температуры воздуха в пограничном слое при сушке влажного капиллярно-пористого тела, показал, что толщина пограничного слоя поля давления при слабой подвижности воздуха (около 0,5 м/с) составляет 3 мм, а поля температуры 3,7 мм [2]. Скорости же в зазорах между кромками, по данным А.М. Пет-

ровского [3], зависят от скорости движения воздуха в канале, ограниченном соседними рядами досок, размеров зазора и толщины материала и для малых зазоров (1–5 мм) являются ничтожно малыми – порядка 0,05 м/с.

Следовательно, при плотной укладке, когда расстояние между кромками не более 5 мм, пограничные слои полей давления и температур на кромках соседних досок будут накладываться друг на друга и между кромками будет находиться воздух, более насыщенный влагой, чем циркулирующий в штабеле. Зная размер зазора и принимая приближенно распределение давлений пара в пограничном слое линейным, можно определить параметры воздуха между кромками (рис. 1). Чем меньше расстояние между кромками, тем более насыщенный воздух будет находиться между ними. Степень насы-

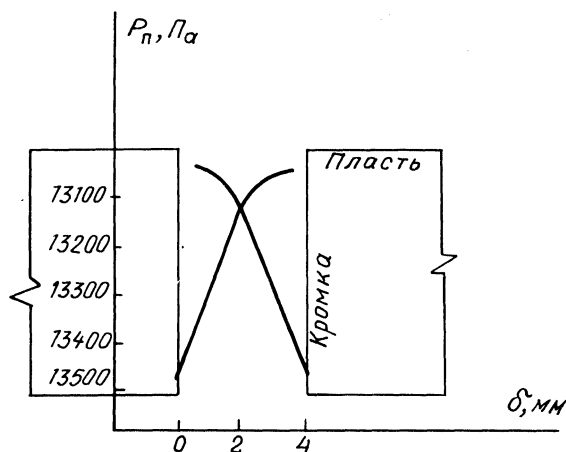


Рис. 1. Характер распределения парциальных давлений водяного пара пограничных слоев между кромками досок.

щения воздуха между кромками можно найти, пользуясь графиком распределения давления водяного пара в пограничном слое, построенным А.В. Несстеренко. Учитывая, что картина распределения парциальных давлений в пограничном слое, приведенная на рис. 1, справедлива для каждой из кромок, расположенных отдельно друг от друга, и при сближении кромок характер распределения парциальных давлений может измениться, проверялась правильность определения параметров пара между кромками по уравнению

$$j = - \rho D \frac{\partial c}{\partial n}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность смеси водяной пар–воздух, кг/м<sup>3</sup>;  $D$  – коэффициент диффузии, м<sup>2</sup>/с;  $c$  – массовая доля водяного пара во влажном воздухе.

На основе найденных параметров определялась плотность диффузионного потока пара с поверхности кромки в пространство между кромками и из этого пространства в поток сушильного агента, циркулирующего в штабеле.

В случае неравенства диффузионных потоков пара, определенных из уравнения (1), параметры среды между кромками корректировались.

При определении расстояния между кромками необходимо учитывать усушку древесины, благодаря которой зазор между кромками в процессе сушки от влагосодержания 30% до конечного 10% постоянно увеличивается. Для облегчения расчета условно принимаем, что увеличение размера зазора за счет усушки постоянно для указанного диапазона влагосодержания. Ему будет соответствовать некоторое условное влагосодержание. Расчеты показывают, что оно равно 16%.

В нашем случае для доски шириной 150 мм увеличение зазора между кромками досок за счет усушки составит 3 мм. Теперь мы имеем все начальные данные, по которым, пользуясь таблицами [1], можно определить необходимые влажкоэффициенты.

Расчет ведем в два этапа:

I – от начального влагосодержания  $u_0$  до влагосодержания, при котором начинается усушка древесины ( $u=0,3$ );

II – от влагосодержания 0,3 до конечного 0,1.

Причем, если граничные условия для обоих этапов одинаковы

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \pm R = -\frac{\beta m}{a} (u_{II} - u_p), \quad (2)$$

то начальные для первого этапа характеризуются равномерным начальным распределением влагосодержания

$$u_0 = u_{II} = u_p = \text{const} \quad (3)$$

и для второго – параболическим

$$u = u_{II} - \left(\frac{x}{R}\right)^2 (u_{II} - u_p). \quad (4)$$

Поэтому аналитическое решение для первого и второго этапов будет различным.

Для бесконечного бруса решение дифференциального уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a_{mx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a_{my} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (5)$$

при условиях (2), (3) для среднего влагосодержания запишется

$$E_{\text{общ}} = \frac{\bar{u} - u_p}{\bar{u}_0 - u_p} = B_{x1} B_{y1} \exp(-\mu_{x1}^2 Fo_{\text{пк}} - \mu_{y1}^2 Fo_{\text{мy}}), \quad (6)$$

а при условиях (2), (4) для среднего влагосодержания

$$E_{\text{общ}} = \frac{\bar{u} - u_p}{\bar{u}_0 - u_p} = B_{x1} B_{y1} S_{x1} S_{y1} \exp(-\mu_{x1}^2 Fo_{\text{мx}} - \mu_{y1}^2 Fo_{\text{мy}}), \quad (7)$$

Т а б л и ц а 1. Продолжительность сушки, ч

Этап	Без штапий	Со штапциями
Первый	35,9	30
Второй	119	118
Всего	154,9	148

где

$$S_{x1} = \left[ \left( \frac{u_{\Pi} - u_p}{u_{\Pi} - u_{\Pi}} \right) - 2 \left( \frac{1}{Bi_{mx}} - \frac{1}{M_{x1}^2} \right) \right]; \quad (8)$$

$$S_{y1} = \left[ \left( - \frac{u_{\Pi} - u_p}{u_{\Pi} - u_{\Pi}} \right) - 2 \left( \frac{1}{Bi_{my}} - \frac{1}{\mu_{y1}^2} \right) \right], \quad (9)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $\mu$  – параметры, зависящие от критерия БИО, приведены в [4];  $\bar{u}_0$  – начальное среднее влагосодержание;  $u_p$  – равновесное влагосодержание;  $u_{\Pi}$  – влагосодержание центра бруса в момент  $\tau = 0$ ;  $u_{\Pi}$  – влагосодержание поверхности бруса в момент  $\tau = 0$ .

Прологарифмировав выражения (4), (5), (6), можно легко определить время, необходимое для сушки бруса от начального  $u_0$  до заданного конечного влагосодержания.

Расчет, проведенный подобным образом для продолжительности низкотемпературной конвективной сушки древесины сосны сечением 150 x 50 мм, при укладке пиломатериалов со штапциями и без штапий, дал результаты, которые представлены в табл. 1.

Анализ результатов расчета позволяет сделать вывод о том, что при плотной укладке продолжительность сушки увеличивается весьма незначительно по сравнению с раздельной укладкой пиломатериала в штабеле. В то же время производительность камер за счет увеличения загрузки вырастает почти на 20%.

При плотной укладке улучшается качество сушки, так как выравнивание гидродинамических потоков способствует уменьшению разброса конечной влажности, а некоторое замедление сушки вызывает снижение напряжений в пиломатериале.

Кроме того, сокращаются удельные расходы тепла.

### Л и т е р а т у р а

1. Ш у б и н Г.С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины. – М., 1973, с. 10.
2. Л ы к о в А.В. Тепломассообмен в процессах сушки. – М.–Л., 1956, с.

137. 3. Петровский А.М. Исследование процесса и способов интенсификации камерной сушки брусковых пиломатериалов твердых лиственных пород: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Киев, 1975, с. 12. 4. Лыков А.В. Теория теплопроводности. — М., 1952, с. 155, 160, 167.

УДК 666.97

Богумир Бетько, *канд. техн. наук*  
(Словацкая Высшая техническая школа)

## ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ЖИЛОГО ДОМА ИЗ МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА БАЗЕ ДЕРЕВА В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Большой практический интерес представляют экспериментальные и теоретические исследования теплотехнических качеств объектов из многослойных ограждающих конструкций на основе дерева. В связи с широким внедрением в практику строительства таких объектов требуется точное знание их теплотехнических характеристик и условий эксплуатации. Развитие производства многослойных ограждающих конструкций на основе дерева на предприятиях деревообрабатывающей промышленности ЧССР определяет экономическую эффективность использования их для строительства административных, общественных, производственных и жилых зданий до трех этажей.

В данной статье рассматриваются результаты теплотехнических испытаний двухквартирного жилого дома серии Е—АВ/15, построенного в г. Малацки по проекту Государственного института типового проектирования в Братиславе.

**Описание конструкций объекта.** Вертикальные ограждающие конструкции дома выполнены из материалов на основе дерева с утепляющим слоем из минеральной ваты. Панель состоит из: асбестоцементной плиты ( $\delta - 0,8$  см); вентилируемой воздушной прослойки ( $\delta - 3,2$  см); древесноволокнистой плиты ( $\delta - 1,2$  см); слоя минеральной ваты ( $\delta - 8,0$  см); невентилируемой воздушной прослойки ( $\delta - 2,0$  см); поливинилхлоридовой пленки; древесноволокнистой плиты, оклеенной обоями ( $\delta - 1,9$  см).

Для защиты от атмосферных воздействий с внешней стороны панели нанесен защитный слой пасты "ТЕКС". Дом имеет чердачное покрытие. Перекрытие выполнено из древесноволокнистых плит с прикрепленными с нижней стороны звукоизоляционными панелями. Тепловая изоляция — из минераловатных матов, уложенных на перекрытие. Чердачное покрытие из двухслойного рубероидного ковра на битумной мастике уложено на деревянные стропила со сплошной обрешеткой досками.

Пол в жилых помещениях выполнен следующей конструкции: доска половая ( $\delta - 3$  см); воздушная невентилируемая прослойка ( $\delta - 6,5$  см); ми-