

III. СУШКА, ПРОПИТКА И МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ

В. И. Каспер

СУШКА ДРЕВЕСИНЫ ПРИ КОНДУКТИВНО-КОНВЕКТИВНОМ ТЕПЛОПОДВОДЕ

Сушка является одним из самых длительных и дорогих процессов во всей технологии деревообработки. Применяемые методы сушки древесины должны обеспечивать высокие технические и экономические показатели при хорошем качестве высушенного материала.

В последнее время на ряде предприятий применяется сушка древесины с использованием тока промышленной частоты. Оценка эффективности этого метода противоречива. Нет единого мнения в толковании механизма процесса при индукционном методе сушки. С учетом данных работы процесс сушки в установках с использованием тока промышленной частоты можно представить как метод при кондуктивно-конвективном теплоподводе, где только нагрев ферромагнитных подложек происходит за счет электромагнитного поля.

Для расчета количества испаренной влаги из материала и расхода тепла на сушку необходимо знать кинетику процесса сушки. Аналитическое определение полей влагосодержаний и температуры требует решения системы дифференциальных уравнений тепло- и массопереноса при определенных начальных и граничных условиях. Поскольку эта система — система нелинейных дифференциальных уравнений, то решение ее представляет значительные трудности.

Общая длительность процесса контактной сушки может быть найдена по приближенной формуле (7):

$$\tau = \frac{W_0}{N} - \frac{1}{xN} (1 + 2,3 \lg xW_k).$$

Из рассмотрения данной формулы следует, что для практической ее реализации необходимо знать скорость сушки в первом периоде (N) и относительный коэффициент сушки (x). Начальная влажность материала (W_0) определяется по общепринятой методике, а конечная (W_k) — принимается в зависимости от назначения древесины.

Нами проведено исследование в установке, оснащенной соответствующей контрольно-измерительной аппаратурой, на образцах древесины хвойной и лиственной породы. Образцы отбирались заданной породы с одинаковыми характеристиками по начальному влагосодержанию, одного и того же распила.

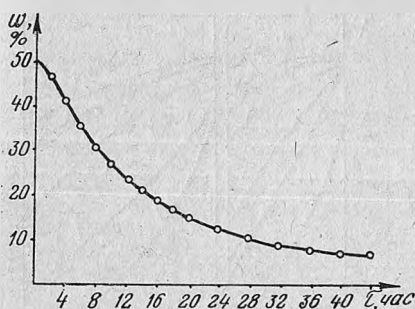


Рис. 1. Кривая кинетики сушки древесины (сосны) на нагретой поверхности, температура которой $t_k = 98^\circ\text{C}$; температура и относительная влажность окружающей среды — 80°C и $90 \div 30\%$.

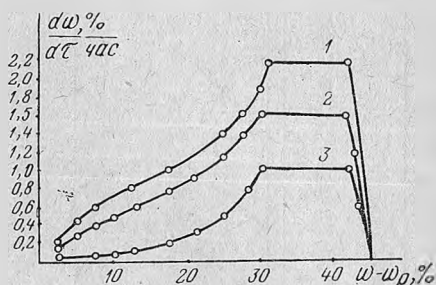


Рис. 2. Кривые скорости сушки древесины (сосны) при различных температурах нагретой поверхности: 1 — 110°C ; 2 — 98°C ; 3 — 82°C .

В опытах изучено влияние на процесс сушки и качество материала следующих параметров: температуры греющей поверхности, температуры и относительной влажности окружающей среды, толщины и рода материала.

Из экспериментальных данных следует, что с повышением температуры контактной греющей поверхности длительность процесса сушки значительно сокращается. Например, сосновая доска толщиной 30 мм с начальной влажностью 50% высыхает до влажности 15% при температуре греющей поверхности 82°C за 52 ч; при температуре 98°C — за 24 ч и при температуре 110°C — за 14 ч, т. е. при увеличении температуры греющей поверхности в 1,35 раза продолжительность сушки сокращается в 3,7 раза. Изменения температуры окружающей среды в пределах $60\text{--}80^\circ\text{C}$ и относительной влажности $90\text{--}30\%$ не оказали заметного влияния на продолжительность сушки. Из анализа кривой, приведенной на рис. 1, следует, что весь процесс сушки древесины состоит из периода постоянной и падающей скорости сушки. Изменение режима не приводит к изменению характера кривых кинетики сушки, а влияет только на расположение критических точек. Начиная с первой критической точки, кривая скорости сушки во втором периоде обращена выпуклостью к оси абсцисс, затем, начиная со второй критической точки, — к оси ординат (рис. 2), что соответствует различным формам связи влаги с материалом. Первый участок ха-

рактирует удаление капиллярной влаги, второй — адсорбционной влаги. Сравнение данных по сушке сосновых и березовых досок показывает, что березовый материал сохнет в 1,6 раза медленнее соснового.

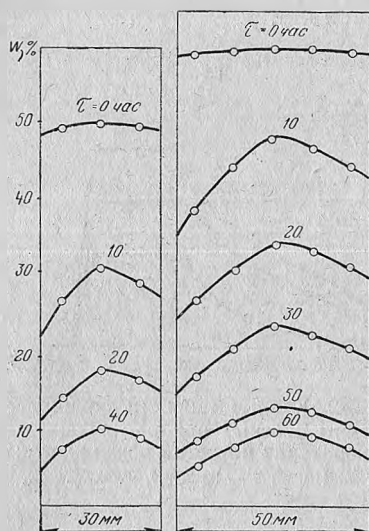


Рис. 3. Поля влагосодержаний в сосне в процессе сушки ($t_k = 98^\circ\text{C}$)

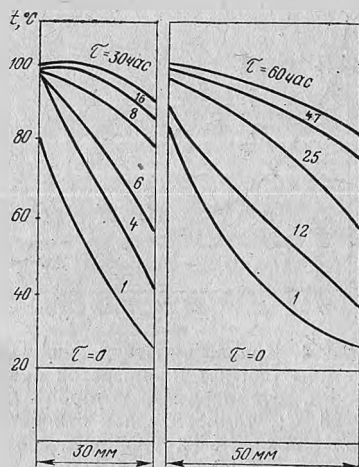


Рис. 4. Поля температур в сосне в процессе сушки ($t_k = 98^\circ\text{C}$).

На рис. 3 приведены кривые распределения влагосодержания по толщине сосновых досок $\delta = 30$ мм и 50 мм. Из рассмотрения рисунка видно, что поля влагосодержаний по толщине материала несимметричны: в контактном слое, прилегающем к греющей поверхности, влагосодержание на протяжении всего процесса сушки минимально, в центральных слоях — максимально. У открытой поверхности влагосодержание ниже, чем в центральных слоях, но выше, чем у контактной поверхности. Характерным для полей влагосодержаний является то, что по ходу процесса сушки влагосодержание во всех слоях материала последовательно снижается и кривые распределения влагосодержания располагаются друг за другом, не пересекаясь. По мере высыхания материала перепад влагосодержания уменьшается, однако в конце сушки при среднем влагосодержании материала, равном $0,075 \text{ кг/кг}$, перепад влагосодержания между центром и контактной поверхностью составлял 5%.

Из температурных кривых следует (рис. 4), что температура по сечению материала в направлении от контактного слоя к свободной поверхности убывает. Температура материала на контактной поверхности быстро растет, приближаясь к температуре грею-

Физико-механические свойства древесины

Таблица 1

Вид испытания древесины	Порода	Древесина при испытании ω , %	Контрольный образец, $\frac{кг}{см^2}$	Образцы после искусственной сушки					
				82°C		98°C		110°C	откл., °%
				$\frac{кг}{см^2}$	откл., %	$\frac{кг}{см^2}$	откл., %	$\frac{кг}{см^2}$	
Сжатие вдоль волокон	Сосна	15	362	366	+1	368	+2	335	-8
		15	475	484	+2	480	+1,5	—	—
Статический изгиб в тангенциальной плоскости	Сосна	15	976	972	-0,5	968	1,0	885	-10
		15	1282	1270	-1,0	1269	-1,0	—	—
Растяжение в тангенциальном направлении	Сосна	15	31	30,5	-1,5	31,0	0,0	28,5	-9
		15	38	37	-2,5	39	+2,5	—	—
Скалывание вдоль волокна в тангенциальной плоскости	Сосна	15	82	84	+2,5	83	+2	76,5	-7
		15	94	97	+3	94,0	0,0	—	—
Скалывание вдоль волокна в радиальной плоскости	Сосна	15	80	83	+3,5	81	+1,5	74	-8
		15	86	88	+2	87	+1,5	—	—

щей поверхности. С течением времени кривые обращены выпуклостью к оси абсцисс, затем они становятся близкими к прямой, а в конце процесса выпуклость обращена к оси ординат.

Зависимость между средней температурой материала и средним влагосодержанием имеет вид плавной кривой.

В табл. 1 приведены физико-механические свойства древесины, высушенной при кондуктивно-конвективном теплоподводе в сравнении с теми же свойствами древесины, подвергавшейся сушке в естественных условиях при температуре 20°C и относительной влажности 50—60%.

Из приведенных данных следует, что при сушке древесины на контактной поверхности до 100 °C имеют место отклонения в показателях прочности, обусловленные индивидуальными особенностями испытываемых образцов, а не действием режимных параметров. При сушке на поверхности с температурой 110°C ухудшаются свойства материала по всем исследуемым показателям.

Для практической реализации кондуктивно-конвективного метода сушки древесины необходимо, чтобы между рядами досок в штабеле были уложены нагретые подложки, обеспечивающие подвод тепла к высушиваемому материалу. Очевидно, равномерность нагрева древесины, а следовательно, и качество готового продукта будут определяться равномерностью нагрева самих подложек. Положительное решение данного вопроса могло быть достигнуто путем омического нагрева подложек, если бы для их изго-

товления был найден дешевый и прочный материал с большим сопротивлением.

В настоящее время на некоторых предприятиях применяется электромагнитный способ сушки с использованием тока промышленной частоты. В таких установках по периметру сушильной камеры на опорных изоляторах монтируется обмотка соленоида, питаемая переменным током промышленной частоты. Помещенные в соленоид стальные металлические решетки (ферромагнитные элементы) нагреваются и передают тепло высушиваемому материалу. В связи с тем, что равномерный нагрев ферромагнитных элементов в соленоиде обеспечить трудно, в настоящее время при сушке древесины в электромагнитных камерах применяется не кондуктивный, а конвективный способ передачи тепла. В этом случае металлические решетки укладываются между двумя сдвоенными поперечными прокладками, на которые затем складываются доски.

В результате такой укладки в индукционной камере емкость штабеля пиломатериалов уменьшается на 32—37% по сравнению с обычной конвективной паровой камерой (4). Отход от кондуктивного метода сушки к конвективному увеличивает процесс сушки, а следовательно, и ухудшает техникоэкономические показатели. По результатам проведенного межведомственной комиссией испытания электромагнитной сушилки в г. Рупена (Латв. ССР), опубликованным в журнале «Деревообрабатывающая промышленность» (1970, № 6), установлено, что продолжительность сушки сосновых обрезных досок с размерами 50×150 — 200×6500 мм при средней начальной влажности 55,7% и конечной 16,7 составляет 107 ч. Себестоимость сушки 1 м^3 условного пиломатериала в электромагнитной камере — 6 р. 09 к. Себестоимость сушки этого же материала в паровых камерах равняется 3 р. 50 к., т. е. в 1,75 раза меньше.

По нашим экспериментальным данным, продолжительность сушки сосновой доски $\delta = 50$ мм при кондуктивном теплоподводе $cW_0 = 60\%$ и $W_K = 15\%$ составляет 40 ч, т. е. в 2,5 раза меньше, чем в электромагнитной камере. Применение кондуктивного метода сушки позволит также увеличить емкость штабеля не только по сравнению с существующими электромагнитными камерами, но и паровыми. При высоте штабеля 2,5 м в паровой камере можно уложить 33 ряда 50-миллиметровых досок с прокладками, в индукционной с конвективным теплоподводом — 26 рядов и в камере с кондуктивным теплоподводом — 40 рядов. Таким образом, сокращение продолжительности сушки и увеличение коэффициента загрузки при кондуктивном теплоподводе может значительно снизить себестоимость сушки пиломатериалов.