

УДК 674.047.3

Д. П. Бабич, младший научный сотрудник (БГТУ);

В. Б. Снопков, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ)

РАСХОД ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ СУШКЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В КОНВЕКТИВНЫХ СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Выполнен расчет расхода тепловой энергии при сушке пиломатериалов в конвективных сушильных камерах периодического действия. Установлено, что с увеличением жесткости режима уменьшается суммарный расход теплоты на сушку. Рекомендовано для уменьшения расхода тепловой энергии применять более жесткие режимы.

The calculation of quality of drying of saw-timbers are conducted. The core on-board spent works was reduction of internal pressure in wood. It is established what to achieve reduction of internal pressure probably by change of a mode of air-conditioning of saw-timbers after drying.

Введение. Сушка пиломатериалов – важный этап в процессе обработки массивной древесины. При сушке происходит удаление из древесины свободной и связанной влаги, что приводит к значительному улучшению эксплуатационных свойств древесины. Процесс удаления влаги из древесины требует значительных затрат тепловой и электрической энергии.

В работе [1] приведены следующие данные: на тепловую энергию приходится 84,23% суммарного расхода энергии на сушку, а на электрическую энергию – 15,77%. Это свидетельствует о приоритетности решения задачи снижения расхода тепловой энергии по сравнению с расходом электрической.

Расход тепловой энергии состоит из трех слагаемых: затрат энергии на прогрев пиломатериалов, расход энергии на испарение влаги из древесины, потери энергии через ограждения сушильной камеры.

Основным фактором, влияющим на расход тепловой энергии, является режим, по которому производится сушка пиломатериалов. Режимы сушки пиломатериалов в сушильных камерах периодического действия регламентируются ГОСТ 19773–84 [2]. Кроме стандартных, на большинстве предприятий нашей страны используют нестандартные режимы сушки, которые рекомендованы зарубежными производителями сушильных камер.

Целью данной работы являлось определение расхода тепловой энергии на сушку пиломатериалов при использовании различных режимов, а также определение влияния параметров режима на расход энергии.

Методика проведения исследований. Исследования проводились применительно к сушильным камерам фирмы Cathild марки VS1E90ACC. Определялся расход тепловой энергии при сушке пиломатериалов из древесины сосны, березы и дуба толщиной 25, 32, 50 мм. Расчеты проводились для следующих режимов сушки: стандартных нормальной и

мягкой категории, режимов, рекомендованных производителем сушильных камер. Определение расхода энергии проводили для средних условий.

Расход тепловой энергии определяли в такой последовательности. Сначала производили расчет продолжительности процесса сушки пиломатериалов графоаналитическим методом [3, с. 116–121]. После этого определяли фактическую вместимость камеры для каждого вида пиломатериалов и объем циркулирующего агента сушки. Определяли массу влаги удаляемой из древесины на i -й ступени сушки D_i , кг/м³, по формуле

$$D_i = \frac{\rho_B \cdot (W_{н_i} - W_{к_i})}{100}, \quad (1)$$

где ρ_B – базисная плотность древесины расчетного материала, кг/м³, $W_{н_i}$, $W_{к_i}$ – начальная и конечная влажности для i -й ступени сушки, %.

Затем рассчитывали удельный расход тепловой энергии на прогрев пиломатериалов $q_{пр}$, кДж/м³, по методике, приведенной в литературе [4, с. 25–26]. Суммарный расход теплоты на прогрев пиломатериалов $Q_{пр}$, МДж, определяли по формуле

$$Q_{пр} = \frac{q_{пр} \cdot E_k}{1000}, \quad (2)$$

где E_k – вместимость камеры для расчетного пиломатериала, м³.

Удельный расход тепловой энергии на испарение влаги из древесины $q_{исп}$, кДж/кг, определяли по методике, изложенной в литературе [4, с. 26–27] для каждой ступени исследуемого режима сушки. Суммарный расход энергии на испарение влаги из древесины для i -й ступени режима ($Q_{исп_i}$, МДж) и за весь период сушки ($Q_{исп}$, МДж) определяли по формулам:

$$Q_{исп_i} = \frac{q_{исп_i} \cdot D_i}{1000}; \quad Q_{исп} = \sum_{i=1}^n Q_{исп_i}, \quad (3,4)$$

где n – количество ступеней режима сушки, шт.

Потери тепла через ограждения для *i*-й ступени режима $Q_{огр,i}$, МДж, определяли по методике, приведенной в источнике [4, с. 27–30]. Суммарные потери через ограждения сушильной камеры за цикл сушки $Q_{огр}$, МДж, определяли по формуле

$$Q_{огр} = \sum_{i=1}^n Q'_{огр,i} \quad (5)$$

Затраты тепловой энергии на сушку $Q_{сум}$, МДж, определяли по формуле

$$Q_{сум} = Q_{пр} + Q_{исп} + Q_{огр} \quad (6)$$

Результаты исследований. Результаты расчета затрат тепловой энергии приведены в таблице. Проанализируем их. Суммарный расход тепловой энергии меняется в широком диапазоне (от 43189,8 МДж до 113158,1 МДж) в зависимости от толщины, породы пиломатериалов и применяемых режимов сушки. Рассмотрим подробнее влияние каждого из этих факторов.

На рис. 1 приведена диаграмма, на которой изображены затраты тепловой энергии при сушке пиломатериалов различных пород и

толщин с использованием стандартных нормальных режимов.

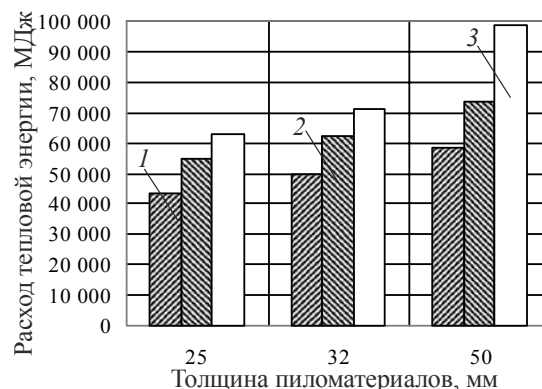


Рис. 1. Затраты тепловой энергии на сушку пиломатериалов из древесины различных пород нормальными режимами: 1 – сосна; 2 – береза; 3 – дуб

Из приведенной диаграммы видно, что с увеличением толщины пиломатериалов возрастает и расход тепловой энергии на их сушку. Эта закономерность справедлива для всех исследованных пород древесины и режимов сушки.

Расход тепловой энергии при сушке пиломатериалов в конвективных сушильных камерах периодического действия для различных режимов

Порода древесины	Толщина пиломатериалов, мм	Режим сушки	Продолжительность сушки, ч	Расход тепловой энергии, МДж			
				на прогрев	на испарение влаги	потери через ограждения	суммарный
Сосна	25	2-М	143,2	6673,5	36056,4	4209,4	46939,4
		2-Н	67,0	9858,3	30544,3	2787,1	43189,8
		112	102,4	6445,1	33773,8	3465,7	43684,6
	32	3-М	172,5	7493,1	39785,4	5101,0	52379,5
		3-Н	104,8	11069,0	34044,0	4403,4	49516,5
		112	132,9	7236,6	37858,1	4512,7	49607,4
	50	5-М	195,7	8434,0	48075,1	5562,6	62071,8
		5-Н	128,6	11685,6	41551,5	4977,9	58215,0
		112	165,3	8275,1	45023,6	5595,7	58894,5
Береза	25	Б2-М	147,4	8477,5	45392,5	4744,4	58614,4
		Б2-Н	106,1	10367,8	40419,4	4088,6	54875,8
		22	148,8	6923,7	46978,6	4336,3	58238,7
	32	Б-2М	165,4	9518,6	50894,8	5309,9	65723,4
		Б-2Н	137,0	11641,0	45375,0	5378,1	62394,1
		22	179,5	7773,9	52852,6	5212,9	65839,6
	50	Б-5М	174,4	10864,2	60617,8	5390,4	76872,5
		Б-5Н	151,0	11984,2	56605,4	5155,4	73745,1
		22	188,6	8841,4	63985,8	5180,1	78007,4
Дуб	25	Д2	190,8	7058,1	50385,8	5331,3	62775,3
		30	205,5	5234,5	63707,2	4626,9	73568,7
	32	Д2	237,7	7924,9	56659,7	6510,5	71095,2
		30	300,5	5877,3	72286,5	6706,5	84870,5
	50	Д4	902,1	8305,5	69521,9	21123,6	98951,1
		30	742,3	6614,0	90568,1	15976,1	113158,1

Из приведенной диаграммы также видно, что наибольшее количество тепловой энергии затрачивается при сушке пиломатериалов из древесины дуба, меньше теплоты требуется для сушки березовых пиломатериалов, наименьшее количество тепловой энергии расходуется на сушку сосновых пиломатериалов. Такой же характер имеет зависимость расхода тепловой энергии от породы древесины при использовании других исследованных режимов. Исходя из вышесказанного делаем вывод о том, что расход тепловой энергии при сушке увеличивается с увеличением плотности высушиваемой древесины.

На рис. 2, 3 приведены диаграммы, на которых показаны затраты тепловой энергии на сушку пиломатериалов из древесины сосны и березы различными режимами.

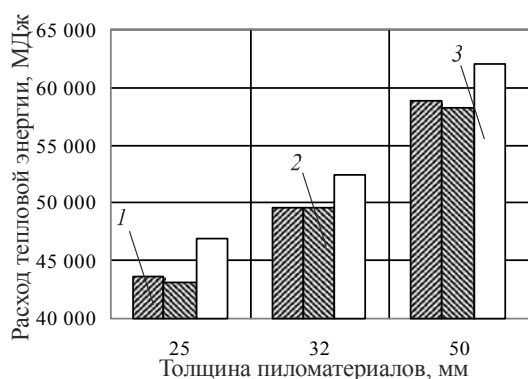


Рис. 2. Затраты тепловой энергии на сушку пиломатериалов из древесины сосны: 1 – режим Cathild; 2 – стандартный нормальный режим; 3 – стандартный мягкий режим

Из диаграммы рис. 2 следует, что для пиломатериалов из древесины сосны наибольшее количество тепловой энергии затрачивается при использовании стандартных мягких режимов, наименьшее количество тепла – при использовании стандартных нормальных режимов. Затраты тепловой энергии при использовании режимов Cathild незначительно превосходят энергозатраты для нормальных режимов.

Диаграмма, приведенная на рис. 3, показывает, что для пиломатериалов из древесины березы наименьшее количество тепловой энергии затрачивается при использовании нормальных режимов. Для мягких режимов и режимов Cathild требуется примерно одинаковое количество тепла при сушке пиломатериалов толщиной 25 и 32 мм. При сушке пиломатериалов толщиной 50 мм более энергоемок режим Cathild.

При сушке пиломатериалов из древесины дуба расход тепловой энергии больше при использовании режимов Cathild, чем при использовании нормативных режимов (см. таблицу).

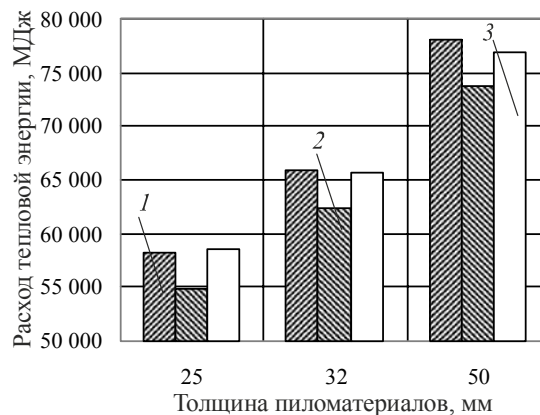


Рис. 3. Затраты тепловой энергии на сушку пиломатериалов из древесины березы: 1 – режим Cathild; 2 – стандартный нормальный режим; 3 – стандартный мягкий режим

Важнейшим критерием, характеризующим режим сушки, является его жесткость. С точки зрения кинетики процесса сушки продолжительность режима определяется, прежде всего, его жесткостью. Чем жестче режим, тем меньше времени затрачивается на удаление влаги из древесины. На рис. 4 приведены диаграммы, показывающие продолжительность сушки пиломатериалов из древесины сосны и березы.

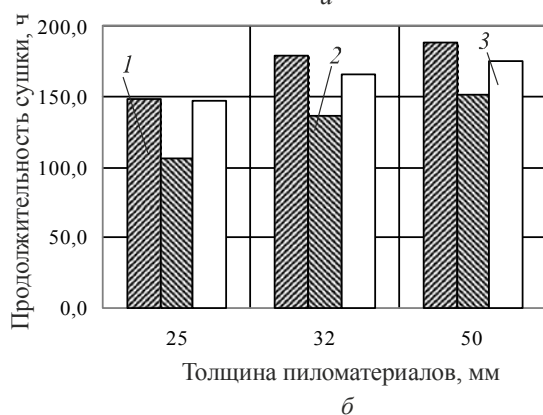
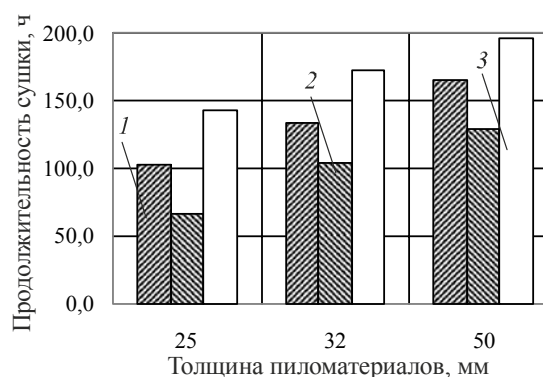


Рис. 4. Продолжительность процесса сушки пиломатериалов: а – сосна; б – береза; 1 – режим Cathild; 2 – стандартный нормальный режим; 3 – стандартный мягкий режим

Очевидно, что характер изменения продолжительности сушки в зависимости от применяемого режима на приведенных диаграммах соответствует характеру изменения затрат тепловой энергии на диаграммах рис. 2 и 3. Поэтому делаем вывод о том, что на расход тепла определяющее влияние оказывает продолжительность процесса сушки, или жесткость используемого режима: с увеличением продолжительности увеличивается расход тепловой энергии. Другими словами, чем жестче режим сушки, тем меньше тепловой энергии необходимо на ее проведение.

Как отмечалось выше, расход тепловой энергии при сушке пиломатериалов состоит из трех слагаемых. Воспользовавшись данными таблицы, определим вклад каждого слагаемого в суммарный расход тепла на сушку. На рис. 5 и 6 приведены диаграммы, на которых в процентном соотношении показан вклад каждого слагаемого в общий расход тепла на сушку при использовании различных режимов.

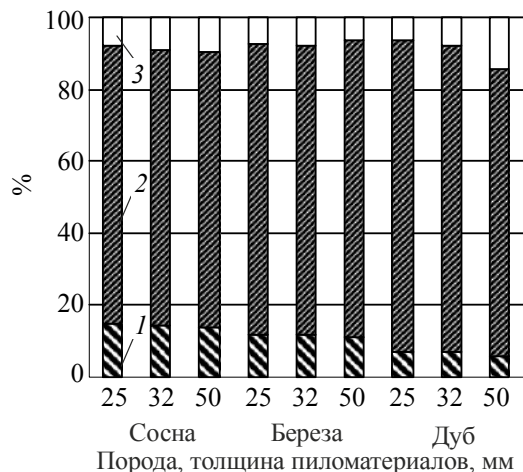


Рис. 5. Распределение затрат тепловой энергии на сушку пиломатериалов по слагаемым для режимов Cathild:

- 1 – затраты энергии на прогрев пиломатериалов;
- 2 – расход энергии на испарение влаги из древесины;
- 3 – потери энергии через ограждения сушильной камеры

Как видно из приведенных диаграмм, доля расхода тепла на прогрев пиломатериалов составляет от 7 до 22% суммарного расхода тепла, на испарение – от 68 до 86%, потери через ограждения – от 6 до 21%. Увеличение расхода тепла при прогреве характерно для быстросохнущих материалов и при использовании жестких режимов.

Среднее значение потерь через ограждение составляет 7–9% от суммарного расхода тепла, большие значения (14–21%) справедливы при очень продолжительной сушке пиломатериалов.

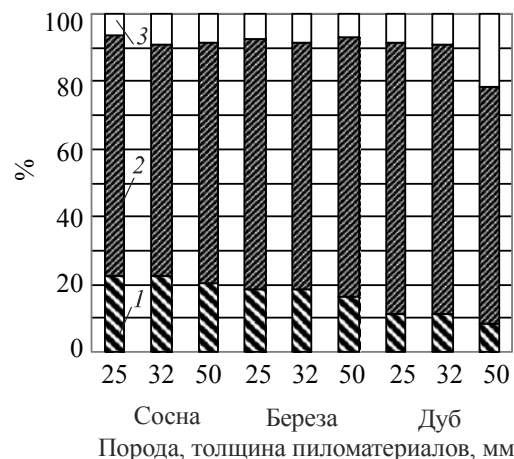


Рис. 6. Распределение затрат тепловой энергии на сушку пиломатериалов по слагаемым для стандартных нормальных режимов:

- 1 – затраты энергии на прогрев пиломатериалов;
- 2 – расход энергии на испарение влаги из древесины;
- 3 – потери энергии через ограждения сушильной камеры

Заключение. Выполнен расчет расхода тепловой энергии при сушке пиломатериалов в конвективных сушильных камерах периодического действия. Установлено, что энергозатраты зависят от жесткости применяемых режимов сушки. Наименьшее количество тепловой энергии расходуется при использовании стандартных нормальных режимов.

Литература

1. Гороховский, А. Г. Технология камерной сушки пиломатериалов с уменьшенными энергозатратами / А. Г. Гороховский, Е. Е. Шишкина // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 2005. – № 4. – С. 9–10.
2. Пиломатериалы хвойных и лиственных пород. Режимы сушки в камерах периодического действия: ГОСТ 19773–84. – Взамен ГОСТ 19773–74; введ. 29.06.84. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 12 с.
3. Снопков, В. Б. Гидротермическая обработка и защита древесины. Примеры и задачи: учеб. пособие для студентов специальности «Технология деревообрабатывающих производств». – Минск: БГТУ, 2005. – 240 с.
4. Снопков, В. Б. Гидротермическая обработка и защита древесины. Курсовое и дипломное проектирование. – Минск: БГТУ, 2007. – 110 с.

Поступила 14.03.2012