

Л. Ф. Донченко, канд. техн. наук, доцент

МОДЕРНИЗАЦИЯ СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ НАГРЕВОМ

The necessity of modernization of drying kiln of PAP-32 is grounded. There are results of technological and thermal calculations. Three variants of drying chamber are offered. After modernization circulation of air is horizontally-transversal.

Введение. В области сушки древесины за последние 10–15 лет достигнуты определенные успехи: увеличились мощности камерной сушки в основном за счет ввода в эксплуатацию импортной техники. Однако имеются камеры прошлых лет, морально устаревшие. Вопросы разработки новых сушильных камер, модернизации и реконструкции действующих морально устаревших камер приобретают важное значение.

В промышленности для сушки небольших объемов пиломатериалов нашли применение камеры периодического действия с аэродинамическим нагревом сушильного агента. В таких камерах теплота на нагревание и сушку создается за счет аэродинамических потерь. Одной из первых конструкций таких камер была камера ПАП-32 [1].

Камера одноштабельная цельнометаллическая. В торце камеры установлен ротор центробежного вентилятора, приводимый во вращение четырехскоростным асинхронным двигателем ($N = 75; 55; 37,5; 24$ кВт). Сушильный агент перемещается вдоль штабеля. Ротор вентилятора выполняет функции генератора тепла и устройства для перемещения агента сушки. Температура в камере регулируется изменением частоты вращения ротора и степенью закрытия жалюзийной решетки регулятора мощности.

Недостатки сушильной камеры ПАП-32: продольная циркуляция агента сушки, температурное поле неоднородно. Средний перепад температуры по длине штабеля достигает 1°C,

большой расход электроэнергии на сушку в среднем составляет $400 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ условного материала. Отклонение конечной влажности досок от средней влажности штабеля – 5%. Указанные недостатки являются основанием для модернизации камеры ПАП-32 [2].

Основная часть. Сущность модернизации состоит в изменении принципа теплоснабжения, направления вентиляции. Результатом является получение равномерного температурного поля и поля влажности, снижение расхода электроэнергии.

В камере ПАП-32 демонтируют вентиляторный узел, короб, жалюзийную решетку и получают камеру с внутренними размерами: длина – 8 м, ширина – 2,6 м, высота – 2,4 м. В полученной камере монтируют экран между торцевой стеной и штабелем и получают вентиляторную секцию, в которой располагают два осевых вентилятора, калорифер, приточно-вытяжные каналы, систему увлажнения воздуха. В сушильной секции размещают штабель.

Возможны три варианта сушильной камеры: с шириной штабеля 1,2; 1,4 и 1,6 м. После модернизации в сушильной камере в качестве теплоносителя будет использоваться горячая вода, увлажнителя воздуха – холодная вода. Сушильная камера оснащена электронным вариатором скорости, позволяющим изменять частоту вращения вентиляторов.

На рисунке показана схема камеры после модернизации.

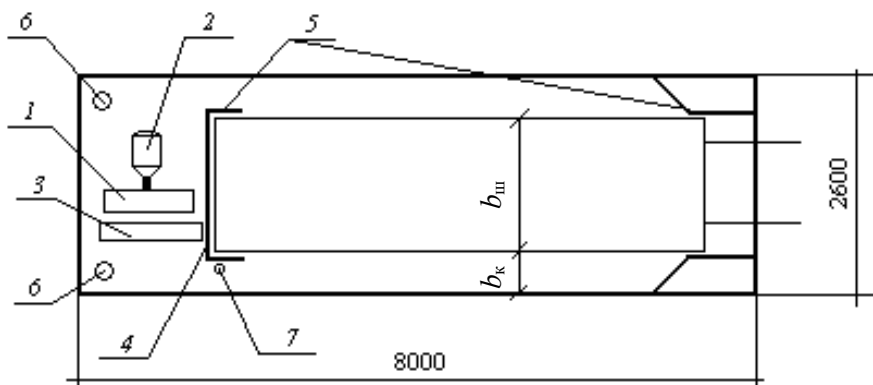


Рисунок. Схема камеры после модернизации:

1 – вентилятор; 2 – электродвигатель; 3 – калорифер; 4 – экран;
5 – экран; 6 – ПВК; 7 – увлажнитель воздуха; $b_{шт}$ – ширина штабеля:
1,2; 1,4; 1,6 м; $b_к$ – ширина канала: 0,7; 0,6; 0,5 м

Одноштабельная сушильная камера предназначена для высушивания пиломатериалов любых древесных пород и толщин мягкими режимами в паровоздушной среде по II категории качества. Она может устанавливаться на открытой площадке или внутри производственного помещения.

Сушка пиломатериалов осуществляется за счет подвода тепла к материалу при многократной замкнутой поперечно-горизонтальной циркуляции воздуха. Воздушный поток от вентиляторов проходит через калориферы КВБ, установленные в вентиляторной секции, и подается в нагнетательный канал, откуда поступает в штабель, а далее – в вентиляторную секцию.

В камере торцы штабеля прикрыты экранами, глубина которых может достигать 0,2–0,5 м.

Таким образом предотвращается растрескивание торцов пиломатериалов, уменьшается живое сечение штабеля и увеличивается скорость воздуха в штабеле.

С уменьшением ширины боковых каналов увеличиваются скорость воздуха и мощность электродвигателя вентилятора, которая составляет 1,5; 2,2; 3,0 кВт. Установленная мощность двигателей составляет при ширине канала 0,7 м ($b_{ш} = 1,2$ м) 0,44 кВт/м³ материала, а при ширине канала 0,5 м ($b_{ш} = 1,6$ м) – 0,67 кВт/м³ материала, т. е. в 1,5 раза выше.

Технические характеристики полученных камер представлены в таблице, составленной на основании технологического, теплового и аэродинамического расчетов [3].

Таблица

Технические характеристики камер после модернизации

Показатель	Значение показателя при ширине штабеля, м		
	1,2	1,4	1,6
1. Внутренние размеры камеры, м			
длина	8,0	8,0	8,0
ширина	2,6	2,6	2,6
высота	2,4	2,4	2,4
2. Количество штабелей, загружаемых в камеру, шт.	1	1	1
3. Размеры штабеля, м:			
длина	6,5	6,5	6,5
ширина	1,2	1,4	1,6
высота	1,9	1,9	1,9
4. Ширина боковых каналов, м	0,7	0,6	0,5
5. Вместимость камеры в условном материале, м ³	6,73	7,85	8,97
6. Производительность камеры в условном материале, м ³ /год	333,0	389,0	444,5
7. Характеристики калориферов:			
тип	КВБ-7	КВБ-7	КВБ-7
количество, шт.	3	3	3
вид теплоносителя	горячая вода		
8. Характеристики вентиляторов:			
тип, номер	WOR-700/9/1,5	WOR-710/9/2,2	BO6-300-8
установленная мощность привода, кВт	1,5	2,2	3,0
количество, шт.	2	2	2
диаметр, мм	700	710	800
производительность, м ³	18000	22000	15000–26000
9. Расход электроэнергии на 1 м ³ условного материала, кВт·ч/м ³	47,08	59,0	70,5
10. Установленная мощность двигателей на 1 м ³ условного материала, кВт/м ³	0,44	0,56	0,67
11. Тепловая нагрузка на калориферы во время сушки, кВт	34,5	40,0	44,8
12. Расход теплоты на 1 м ³ расчетного материала, гКал/м ³ , при начальной влажности, %:			
70	0,330	0,326	0,320
50	0,26	–	–

В таблице для всех камер объем циркулирующего воздуха принят равным $V_{\text{ц}} = 10 \text{ м}^3/\text{с}$. За расчетный материал приняты доски сосновые сечением $25 \times 150 \text{ мм}$, имеющие начальную влажность $W_{\text{н}} = 70\%$, конечную – $W_{\text{к}} = 10\%$.

Расход электроэнергии на 1 м^3 условного материала определяли, с использованием формулы

$$N = \frac{5226 \cdot N_{\text{аа}}}{\dot{I}_6} = \frac{5226 \cdot 2 \cdot 1,5}{333} = 47,08 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3,$$

где 5226 – количество часов работы двигателей в год; $N_{\text{дв}}$ – мощность одновременно работающих двигателей вентиляторов в камере, кВт; Π_y – производительность сушильной камеры в год в условном материале, $\text{м}^3/\text{год}$.

Установленную мощность двигателей вентиляторов на 1 м^3 условного материала определяли по формуле

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{аа}}}{\dot{A}_6} = \frac{3}{6,73} = 0,44 \text{ кВт}/\text{м}^3,$$

где E_y – вместимость камеры в условном материале, м^3 .

Расход теплоты на 1 м^3 расчетного материала для зимних условий определяли по формуле [3]

$$q_{\text{суш1}} = q_{\text{суш}} \cdot m_1, \text{ кДж}/\text{м}^3,$$

где $q_{\text{суш}}$ – расход теплоты на испарение 1 кг влаги, кДж/кг; m_1 – масса влаги, испаряемой из расчетного материала, кг.

$$q_{\text{суш}} = (q_{\text{уд}} + q_{\text{исп}} + q_{\text{ог}}) \cdot c;$$

$$q_{\text{оа}} = \frac{q_{i\delta}}{m_1};$$

$$q_{\text{еи}} = \frac{1000 \cdot (I_2 - I_0)}{d_2 - d_0} - c_{\text{а}} \cdot t_i;$$

$$q_{i\text{а}} = \frac{1,5 \cdot Q_{i\text{а}}}{m_{\text{н}}}.$$

Тогда расход теплоты на 1 м^3 расчетного материала для зимних условий составляет

$$\begin{aligned} q_{\text{суш1}} &= 5836 \cdot 240 = \\ &= 1\,400\,640 \text{ кДж}/\text{м}^3 = 0,33 \text{ Гкал}/\text{м}^3. \end{aligned}$$

Получена зависимость установленной мощности двигателей вентиляторов 50 сушильных камер Secal, Cathild, Lauber, ICD от их вместимости следующего вида:

$$N_{\text{аа}} = 0,486 \cdot e^{\frac{E_{\text{г}}}{25,2}} + 0,1699, \text{ кВт}/\text{м}^3,$$

где $E_{\text{к}}$ – вместимость камеры условным материалом, м^3 .

После подстановки в формулу значений вместимости камер получили:

для $E_{\text{к}} = E_{\text{ш}} = 6,73 \text{ м}^3$ ($b_{\text{ш}} = 1,2 \text{ м}$)
 $N_{\text{дв}} = 0,54 \text{ кВт}/\text{м}^3$, что больше $0,44 \text{ кВт}/\text{м}^3$;

для $E_{\text{к}} = E_{\text{ш}} = 7,85 \text{ м}^3$ ($b_{\text{ш}} = 1,4 \text{ м}$)
 $N_{\text{дв}} = 0,52 \text{ кВт}/\text{м}^3$, что меньше $0,56 \text{ кВт}/\text{м}^3$;

для $E_{\text{к}} = E_{\text{ш}} = 8,797 \text{ м}^3$ ($b_{\text{ш}} = 1,6 \text{ м}$)
 $N_{\text{дв}} = 0,51 \text{ кВт}/\text{м}^3$, что меньше $0,67 \text{ кВт}/\text{м}^3$.

Как видно, полученное значение мощности двигателей $0,44 \text{ кВт}/\text{м}^3$ загружаемых в камеру пиломатериалов ниже данных для малых современных камер. Значение $0,56 \text{ кВт}/\text{м}^3$ является допустимым. По данному показателю камеры № 1 и 2 ($b_{\text{ш}} = 1,2 \text{ м}$, $b_{\text{ш}} = 1,4 \text{ м}$) соответствуют малым современным камерам периодического действия.

Управление процессом сушки в камерах может быть компьютерное или с помощью системы автоматического регулирования.

Закключение. 1. Основные недостатки камеры ПАП-32: продольная циркуляция агента сушки, а значит, укладка пиломатериалов со шпациями. Температурное поле и поле влажности в камере неоднородны, качество сушки – низкое. Указанные недостатки являются основанием для модернизации камеры.

2. После модернизации камеры ПАП-32 возможны три варианта сушильной камеры: с шириной штабеля $1,2$; $1,4$ и $1,6 \text{ м}$.

3. Разработанная одноштабельная сушильная камера предназначена для сушки пиломатериалов мягкими режимами в паровоздушной среде по II категории качества.

4. После модернизации в камере будет горизонтально-поперечная циркуляция агента сушки.

5. Установленная мощность двигателей $0,44 \text{ кВт}/\text{м}^3$ условного материала соответствует данным для малых современных камер.

6. Вариант камеры с шириной штабеля $1,2 \text{ м}$ обеспечивает наименее энергоемкий процесс сушки.

7. Предварительная атмосферная сушка до влажности $W_{\text{н}} = 50\%$ позволяет снизить расход теплоты на 1 м^3 расчетного материала на 21% .

Литература

- Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учеб. / П. С. Серговский, А. И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.
- Расчет, проектирование и реконструкция лесосушильных камер / Е. С. Богданов [и др.]; под ред. Е. С. Богданова. – М.: Экология, 1993. – 352 с.
- Гидротермическая обработка и защита древесины: метод. указания к курсовому и дипломному проектам для студентов спец. Т. 16.04.00 / сост. Л. Ф. Донченко, В. Б. Снопков. – Минск: БГТУ, 1999. – 61 с.