

Л. Ф. Донченко, доцент; Г. С. Вахранев, доцент

### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПАРОВЫХ РОЛИКОВЫХ СУШИЛОК

The article dwells upon the main equipment of Belarusian enterprises and gives recommendations on its modernizing in order to make the process of drying more efficient and less energy consuming.

В настоящее время в системе концерна «Беллесбумпром» имеются 6 фанерных предприятий, которые входят в состав деревообрабатывающих объединений ОАО «Борисовдрев», ОАО «Гомельдрев», ОАО «Мостовдрев», ЗАО «Пинскдрев», ОАО «Речицадрев» и ОАО «Фандок». Основным оборудованием для сушки шпона на белорусских предприятиях являются роликовые сушилки с поперечной циркуляцией сушильного агента СУР-4 (18 шт.), газовые СРГ-25М (4 шт.). В объединении ЗАО «Пинскдрев» имеется современная высокопроизводительная сушилка ВАВСОСК.

Первый выпуск роликовых сушилок СУР был осуществлен в 1950 г. В то время эти сушилки соответствовали лучшим образцам по производительности и качеству.

В настоящее время они физически и морально устарели, имеют низкую производительность, высокую энергоемкость процесса сушки и подлежат постепенной замене или модернизации. Роликовая сушилка непрерывного действия 5-этажная. Температура агента сушки в сыром конце камеры  $120^{\circ}\text{C}$ , а в сухом –  $130^{\circ}\text{C}$ . Это является одной из причин завышенной продолжительности сушки.

Было проведено исследование [1] влияния температуры агента сушки на предел прочности шпона при растяжении его вдоль и поперек волокон.

Выявлено, что применение высоких температур возможно, если режимы построены таким образом, что свободная влага (влажность свя-

ше 25%) удаляется при температуре  $280\text{--}300^{\circ}\text{C}$ , а связанная – при температуре не выше  $180\text{--}200^{\circ}\text{C}$ . При такой температуре сушки прочность шпона не снижается.

На рис. 1 показана зависимость продолжительности сушки березового шпона толщиной 15 мм (от начальной влажности 80% до конечной влажности 6%) от температуры агента сушки.

Из рисунка видно, что при повышении температуры агента сушки от  $120$  до  $220^{\circ}\text{C}$  продолжительность сушки в сушилках с поперечной циркуляцией снижается в 2,4 раза, в сушилках с сопловым дутьем – в 3,2 раза, а при кондуктивной сушке – в 4 раза.

Однако в сушилках с паровым обогревом (например, СУР-4) возможность повышения температуры воздуха ограничена температурой пара при максимально возможном давлении  $1\text{--}1,5$  МПа ( $140\text{--}160^{\circ}\text{C}$ ). При принятом давлении пара в промышленности  $0,6\text{--}0,7$  МПа ( $160\text{--}164^{\circ}\text{C}$ ) температура воздуха в сушилке не превышает  $130\text{--}135^{\circ}\text{C}$ .

Имеется возможность повышения температуры агента сушки до  $160\text{--}200^{\circ}\text{C}$  путем замены теплоносителя (пара) на высококипящий теплоноситель [2].

Выбор теплоносителей определяется назначением теплообменных аппаратов, условиями их эксплуатации, а также теплофизическими свойствами теплоносителей, их доступностью, стабильностью в процессе длительной эксплуатации.

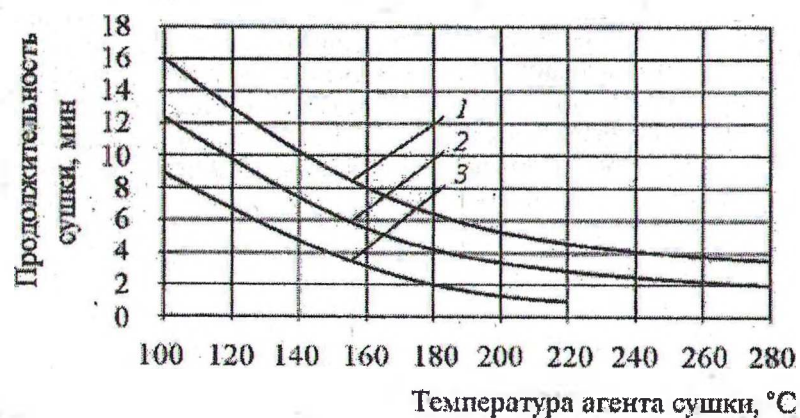


Рисунок. Зависимость продолжительности сушки шпона от температуры:

1 – сушка в роликовой сушилке с поперечной циркуляцией воздуха;  
2 – сушка в сушилке с сопловым дутьем; 3 – сушка в прессе

Из физических свойств теплоносителей наиболее важными являются плотность и теплоемкость. Теплоносители более высокой плотности и теплоемкости позволяют при небольших перепадах температур отвести большие тепловые потоки.

Теплопроводность влияет на интенсивность теплоотдачи.

Вязкость влияет на теплообмен и гидравлическое сопротивление – с увеличением температуры она снижается. Число Прандтля характеризует теплофизические свойства теплоносителей и является одной из важнейших характеристик.

Температура кипения должна быть высокой. В этом случае для поддержания теплоносителя в жидком состоянии не требуется повышения давления.

В качестве высококипящего теплоносителя применяют наиболее распространенный диталилметан (ДТМ), который находится в жидком и парообразном состоянии при температуре от  $-15$  до  $+350^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $292-296^{\circ}\text{C}$ . Диталилметан используют в качестве жидкого теплоносителя до температуры  $280^{\circ}\text{C}$ , поскольку его пары токсичны.

Теплофизические свойства жидкого ДТМ приведены в табл. 1.

Широкое применение получило минеральное масло АМТ-300. Однако при длительной работе теплообменников с температурой выше  $200^{\circ}\text{C}$  наблюдается частичное разложение масла, что приводит к осмолению поверхности нагрева и ухудшению теплообмена.

В сушилках, выпускавшихся с начала 70-х годов, хорошо зарекомендовала себя система регулирования скорости прохождения шпона по сушилке, включающая электродвигатель постоянного тока с плавным регулированием частоты вращения вала, связанного с подающими роликами.

В сушилке СУР-4 между этажами находятся громоздкие, с низким коэффициентом теплопередачи ребристые калориферы с общей поверхностью нагрева  $2400\text{ м}^2$ . Коэффициент теплопередачи составляет:

$$K = A \cdot v^{0,425} (0,66 + 0,00283 \cdot S_1) \cdot C_1 =$$

$$= 10 \cdot 2^{0,425} (0,66 + 0,00283 \cdot 130) \cdot 1,163 =$$

$$= 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}),$$

где  $A = 10$ ;  $v$  – скорость воздуха в живом сечении калорифера ( $1,7-2\text{ м/с}$ );  $S_1$  – расстояние между осями паровых трубок по потоку воздуха, мм;  $C_1$  – переводной коэффициент.

При скорости воздуха  $4\text{ м/с}$  коэффициент теплопередачи составляет  $21,5\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ . Более эффективными были бы биметаллические калориферы ( $K = 30-40\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ).

Требуемая мощность калорифера получена за счет большой поверхности нагрева калорифера:

$$Q = FK(t_t - t_c) \cdot 10^{-3} =$$

$$= 2400 \cdot 16 \cdot (170 - 120) \cdot 10^{-3} = 1820 \text{ кВт},$$

где  $F$  – поверхность нагрева калорифера,  $\text{м}^2$ ;  $t_t$ ,  $t_c$  – температура теплоносителя и агента сушки.

После замены теплоносителя

$$Q = 2400 \cdot 16 \cdot (220 - 160) \cdot 10^{-3} = 2304 \text{ кВт}.$$

При увеличении скорости воздуха в живом сечении до  $4\text{ м/с}$  мощность калорифера составит

$$Q = 2400 \cdot 21,5 \cdot (220 - 160) \cdot 10^{-3} = 3096 \text{ кВт}.$$

Более эффективными могли бы быть биметаллические калориферы.

В табл. 2 даны существующие на предприятиях режимы сушки в сушилках СУР-4. Из табл. 2 следует, что на практике используется недопустимо низкая температура агента сушки, а следовательно, высокая продолжительность сушки и энергоемкость процесса.

В табл. 3 представлены режимы сушки в сушилке ВАВСОСК (после замены теплоносителя пара на высококипящий теплоноситель – минеральное масло АМТ-300). В табл. 4 приведены результаты расчета продолжительности сушки шпона березового от начальной влажности  $90\%$  до конечной  $7\%$ . Как видно из табл. 3, продолжительность сушки только при замене теплоносителя снижается в 2 раза.

Дальнейшее повышение производительности роликовых сушилок СУР-4 может быть достигнуто за счет повышения скорости воздуха, которую можно получить после замены вентиляторов У-6, имеющих КПД =  $0,35$ , на более современные (например, У-12, В) и замены громоздких калориферов на биметаллические.

Таблица 1

Теплофизические свойства жидкого ДТМ

$t, ^{\circ}\text{C}$	$\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$	$c, \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	$h, \text{ кДж}/\text{кг}$	$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	$\gamma \cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$	Pr
200	851,0	2,07	414	0,104	0,267	4,63
220	829,0	2,13	464	0,099	0,224	4,03
240	807,0	2,18	525	0,097	0,189	3,53

Таблица 2

## Режимы сушки в сушилке СУР-4

Толщина шпона, мм	Температура со стороны, °С		Давление пара, МПа	Время прохождения шпоном сушилки, мин		
	загрузки	выгрузки		береза	ольха	сосна
1,15	120	135	0,69	9,8	10,3	
	115	130	0,59	11,0	11,5	
	110	125	0,49	12,1	12,6	
	105	130	0,39	13,2	13,7	
	100	115	0,29	14,3	14,8	
1,5	120	135	0,69	12,7	13,2	13,7
	115	130	0,59	14,0	14,5	15,0
	110	125	0,49	15,2	15,7	16,2
	105	120	0,39	16,3	16,8	17,3
	100	115	0,29	17,3	17,8	18,3

Таблица 3

## Режимы сушки в сушилке ВАВСОСК

Толщина шпона, мм	Температура со стороны, °С		Время прохождения шпоном сушилки, мин		
	загрузки	выгрузки	береза	ольха	сосна
1,5	190	170	3,0	3,3	4,0
	185	165	3,3	4,0	4,3
	180	160	4,0	4,0	5,3
	170	150	5,0	5,3	6,0

Таблица 4

## Режимы сушки

Толщина шпона, мм	Температура агента сушки, °С	Продолжительность сушки, мин	
		СУР-4	СУР-4-1
1,0	120-130	7,3	7,3
1,15	140	8,7	-
1,15	160	7,1	-
1,15	180	5,0	-
1,5	140	11,0	-
1,5	160	8,6	-
1,5	180	6,8	-

На предприятиях Республики Беларусь основным оборудованием, применяемым для сушки шпона, являются малопроизводительные сушилки СУР-4 устаревшей конструкции, которые подлежат замене или модернизации.

Одним из путей модернизации является замена теплоносителя на высококипящий. В результате подобной замены температура агента сушки будет повышена на 160-180°С, а произ-

водительность сушилки увеличится в два раза. Снизится также и энергоемкость процесса.

## Литература

1. Стерлин Д. М. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит. — М.: Лесная пром-сть, 1977. — 384 с.
2. Справочник по теплообменным аппаратам / П. И. Бажан и др. — М.: Машиностроение, 1989. — 366 с.