

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Заявка Японии №54-38252, МКИ В21В 1/40, 1979.
2. Заявка Японии №59-150648, МКИ В220Д 11/06.
3. Сребрянский Г.А., Стовпченко А.П., Чудная В.Л. Анализ условий формирования металлической ленты при закалке расплава на вращающемся барабане // Сучасні проблеми металургії. Дніпропетровськ: Системні технології, 2005.-том 7.-С.54-68.
4. Liebermann Н.Н. The Dependence of the Geometry of glassy alloy ribbons on chill black Melt-spinning Process Parameters //Mat. Sci. and Eng. -1980. -№43. - P.203-210.
5. Pavuna D. Production of metallic glass ribbons by the chill-black melt-spinning technique in stabilized laboratory conditions //J. Mater. Sci. – 1981. - №16. - P.2419-2433.
6. U.S. Patent №4475583, МКИ В22Д 11/06, 1984.
7. Аморфные металлы. - М.: Металлургия, 1987, 286 с.
8. Быстрозакалённые металлические сплавы. -М.:Металлургия, 1989.-С.17-19.
9. Аморфные металлические сплавы. М.: Металлургия.-1987.-584 с.
10. Стародубцев Ю.Н., Белозёров В.Я. Магнитные свойства аморфных и нанокристаллических сплавов. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2002.-380с.
11. Сребрянский Г.А., Стародубцев Ю.Н. Основные принципы совершенствования технологии производства аморфной ленты // Сталь.-1991.-№9.-С.73-78.
12. Авторское свидетельство СССР №1626517, МКИ В22Д 11/06, 1990.
13. Борисов В.Т., Сребрянский Г.А. О формировании аморфной металлической ленты при закалке расплава // Изв.АН СССР. Металлы.-1984.-№4.-С.82-85.
14. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1969.- 687с.
15. Фабрикант Н.Я. Аэродинамика. М.:Наука, 1964.- 794 с.

УДК 697.95

СУШКА ДРЕВЕСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
АТМОСФЕРНОГО ХОЛОДА

*В.А. Стебловцев, к.т.н., доцент, ПГАСА, Днепропетровск,  
Д.П. Лапко, студент, ДНУ, Днепропетровск*

Для производства столярных изделий, применяемых в строительстве, используется древесина с влажностью не более 13 %. Природная влажность древесины колеблется в интервале от 40% до 75% [1]. Для доведения влажности древесины до потребительских кондиций применяется сушка древесины - один из энергоёмких производственных процессов. Так, если бы сушка производилась сжиганием древесины, то треть ее объема было бы использовано в качестве топлива. Удельные затраты теплоты на сушку 1м<sup>3</sup> древесины составляют 2400 МДж.

Цель работы – разработка нового способа сушки древесины, позволяющего минимизировать энергозатраты.

В настоящее время сушка древесины производится в термических сушильных камерах. Принцип сушки следующий. Внутренний воздух нагревается в калориферах до 100 °С и выше. Воздух передает теплоту древесине, в результате чего интенсифицируется процесс испарения влаги, ассимилируемой воздухом. Удаление влаги из воздуха производится путем частичной замены отработанного воздуха наружным воздухом.

Продолжительность сушки зависит от температуры: чем выше температура воздуха, тем менее продолжительный процесс сушки.

Анализ изменения влажности древесины во времени, проведенный авторами в АО "Днепромобель", показал, что процесс сушки можно описать кривой нормального распределения:

$$T = W_{i\dot{a}} * \exp \left[ -\frac{1}{2} * \left( \frac{r * t}{c} \right)^2 \right], \quad (1)$$

где  $W_{i\dot{a}}$  - начальная влажность древесины, %,

$t$  – текущее значение продолжительности сушки, сут.,

$r$  и  $c$  – эмпирические параметры, зависящие от конструкции сушильной камеры и интенсивности воздухообмена в ней.

Ассимиляционная способность нагретого воздуха - вбирать в себя влагу - значительно больше возможности древесины отдавать влагу. Иногда это приводит к растрескиванию древесины и к полному "запираанию" сушки за счет образования сухой корки на поверхности древесины.

Стратификация влаги в толще древесины и, в частности, пересушивание внешней поверхности устраняется кратковременной пропаркой древесины, при которой внешние слои древесины, увлажняясь, вновь восстанавливают способность к миграции влаги из внутренних к внешним слоям.

Увлажнение является необходимым технологическим приемом, но одновременно и отрицательным фактором, увеличивающим продолжительность сушки.

Реальный и идеальный процессы сушки древесины изображены на рис.1.

На рис. 1. ломаная линия это реальный процесс сушки, плавная кривая – идеальный процесс сушки.

Продолжительность сушки с пропариванием увеличивается на период пропаривания, к тому же в камеру вносится дополнительная влага. Это неэффективно с энергетической точки зрения.

Процесс сушки определяется не столько температурным напором между воздухом и древесиной, сколько разностью парциальных давлений. Вакуумная сушка древесины в этом смысле является более эффективной. Глубина вакуума определяет интенсивность процесса испарения влаги. Однако обеспечение абсолютного давления в сушильной камере порядка 1,3÷3 кПа является трудной технической задачей.

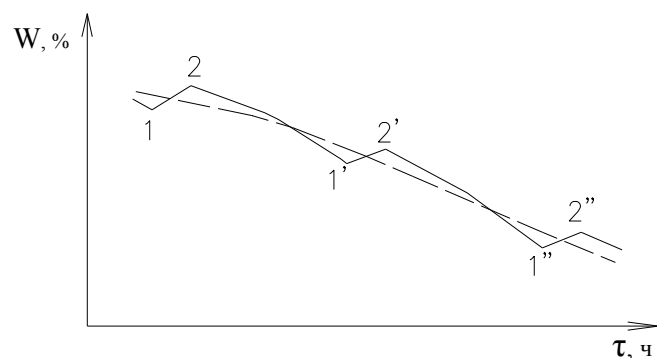


Рис. 1. Сушка древесины горячим воздухом  
 "1-2", "1'-2'", "1''-2'' " – пароувлажнение, продолжительность 0,15 ч;  
 "2-1'", "2'-1'' " – сушка, продолжительность 1,0 ч.

Сокращение энергозатрат на сушку древесины возможно за счет применения нового способа сушки и использования природных источников энергии.

Как нам представляется, одним из технических решений, устраняющих недостатки как термических, так и вакуумных способов сушки древесины, является сушка, основанная на конденсации испарившейся влаги на холодной поверхности теплообменника. В последнее время появляются сушильные камеры, в которых реализуется этот принцип сушки. В таких сушильных камерах используются, как правило, компрессионные холодильные машины.

Установлено, что при температуре воздуха, не превышающей 56 °С, не происходит "запирания" процесса сушки и, следовательно, нет необходимости в энергоемком пропаривании.

Нами разработана технологическая схема конденсационной сушки древесины с использованием атмосферного холода. Конструкция конденсационной сушильной камеры представлена на рис. 2.

Как видно из рис. 2, сушильная камера работает с полной рециркуляцией воздуха. Воздух нагревается в калорифере, проходит штабель высушиваемого материала и конденсирует влагу на холодном теплообменнике. Вентилятор организует принудительную циркуляцию воздуха в камере. В холодном теплообменнике циркулирует вода, охлаждаемая в градирне атмосферным воздухом.

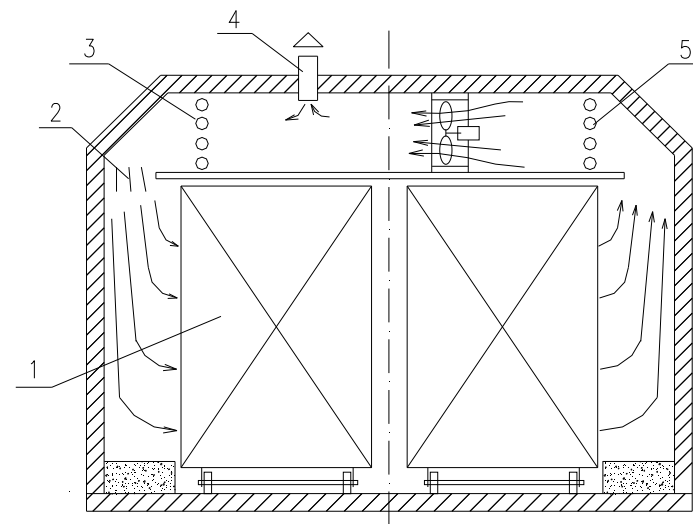


Рис. 2. Сушильная камера конденсационного типа  
 1 – штабель, 2 – направляющие сопла,  
 3 – горячий теплообменник,  
 4 – дыхательное отверстие,  
 5 – холодный теплообменник

Как установлено из опыта, а также подтверждено в [2], влажный воздух успешно конденсируется на холодной поверхности теплообменника в том случае, если скорость движения воздушного потока не превышает 0,8÷1,5 м/с. Поэтому через холодильник пропускается только часть внутреннего воздуха, а остальной воздух проходит по байпасной линии. После смешения воздух подогревается до начальной температуры +56 °С.

Энергию, отведенную от теплообменника, в теплое время года можно преобразовать при помощи холодильной установки в высокопотенциальное тепло и подать на греющий теплообменник. При этом оба плеча теплообмена в холодильной машине становятся задействованными в полезном теплообмене, что значительно повышает энергоэффективность процесса сушки. Процесс испарения влаги протекает с поглощением энергии, а процесс конденсации - с выделением. Благодаря регенерации этой энергии возможна экономия энергоресурсов. Затраченная энергия на испарение воды используется в низкопотенциальном плече холодильной машины.

Процесс обработки воздуха по конденсационной схеме представлен на рис.3. Построения выполнены в I-d диаграмме.

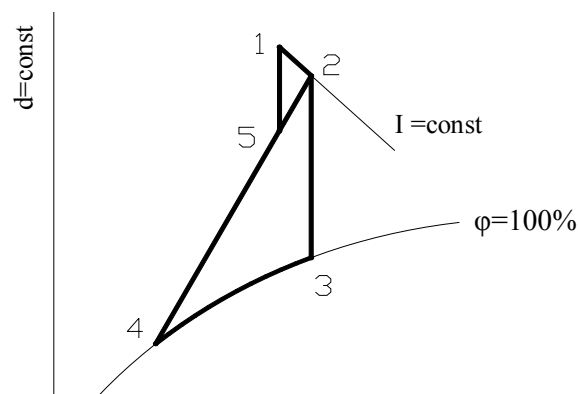


Рис. 3. Процесс сушки в I-d диаграмме

Подогрев воздуха в горячем теплообменнике изображен линией "5-1". Процесс сушки древесины проходит в режиме, близком к адиабатическому, по линии "1-2". Охлаждение влажного воздуха до температуры точки росы на холодном теплообменнике изображено линией "2-3", конденсация влаги на этом теплообменнике проходит по линии насыщения – кривая "3-4". Смешивание воздуха, прошедшего через холодный теплообменник, с основной массой воздуха в камере изображено линией "2-4", причем точка "5" делит отрезок "2-4" на части обратно пропорционально расходам смешиваемого воздуха (отрезок "2-5" – расход воздуха, прошедшего через холодный теплообменник, отрезок "4-5" – расход байпасного воздуха).

Для определения возможности использования природного холода в процессе сушки древесины проведены климатологические исследования. Для областей Центра Украины устойчивое значение среднесуточной температуры

$t_i \leq 5^{\circ} \tilde{N}$  наблюдается в течение 140 суток [3], что составляет около 40 % продолжительности календарного года. В этот период удельные затраты теплоты на сушку  $1\text{м}^3$  древесины составят 1650 МДж, что в 1,45 раза меньше, чем при высокотемпературной сушке древесины без использования природного холода.

Термодинамические расчеты, выполненные с использованием I-d диаграммы, а также формулы (1), показали следующее. Продолжительность сушки конденсационным способом увеличивает продолжительность сушки. Так, если при высокотемпературной сушке продолжительность сушки составила в среднем 19 суток, то при конденсационном способе сушки продолжительность составила 28 суток. Но при этом в конденсационном способе сушки отсутствует операция пропаривания древесины, что повышает качество сушки.

## ВЫВОДЫ

1. Конденсационный способ сушки является перспективным энергосберегающим методом сушки древесины.
2. Продолжительность сушки древесины увеличивается по сравнению с высокотемпературной сушкой в 1,47 раза, но удельный среднегодовой расход теплоты на сушку снижается на 21 %.
3. Конденсационный способ сушки древесины эффективен в тех случаях, когда требуется высокое качество сушки при ограниченных возможностях предприятия в расходовании энергии.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов П.В. Сушка древесины: Учеб. для техн. – М.: Гослесбумиздат, 1955, - 423 с.
2. Архаров А.М., Исаев С.И., Кожинов И.А. и др. Теплотехника: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1986. – 432 с.
3. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.

## УДК 662. 613. 13

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОВАКУУМИРОВАННЫХ ЗОЛОБЕТОНОВ

*Н.А. Сторожук, д.т.н., проф., Т.М. Павленко, асс.*

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

**Постановка проблемы.** В основу наших разработок по вибровакuumной технологии золобетон с целью расширения области их использования в строительстве, а также при ремонте и восстановлении зданий и отдельных строительных конструкций положены достижения коллоидной химии в области электрокинетических явлений в дисперсных и коллоидных системах [1-3].

По нашему мнению существенное влияние на процесс вакуумной обработки оказывают электролиты, введенные в состав бетонной смеси. Следует предположить, что они будут влиять на продолжительность вакуумирования, качество уплотнения бетонной смеси и свойства самого вакуумзолобетона за счет влияния на толщину двойного электрического слоя.

С учетом этого нами разработаны теоретические предпосылки, которые сводятся к следующим основным положениям:

– золобетонные смеси обладают очень большой водопотребностью из-за высокой удельной поверхности золы и поэтому при производстве изделий из золобетона, целесообразно уплотнять такие смеси вибровакuumированием, позволяющим эффективно управлять водопотребностью за счет удаления необходимой части воды затворения; это предоставит возможность получить надлежащее уплотнение золобетона, при этом осуществлять немедленную распалубку конструкций;