

УДК 626: 621.6

В.Д. Давыдов

Кубанский государственный аграрный университет

Давыдов Виктор Дмитриевич родился в 1944 г., окончил в 1974 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук.

E-mail: dvd194@mail.ru



ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СУШКИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предложено для сушки волокнистых материалов использовать эффект термической генерации звука Рийке, способствующий интенсивному удалению жидкости из клеток; проведены исследования по сушке материалов в магнитном поле постоянного магнита.

Ключевые слова: звук, генерация, автогенератор, сушилка, материал, резонанс, колебания.

В различных отраслях народного хозяйства страны используются разнообразные волокнистые материалы, в том числе лесоматериалы разных пород и сортаментов. Для практического использования к волокнистым материалам предъявляют, согласно действующим стандартам, определенные требования в отношении их влажности. Так как большинство волокнистых материалов в естественном состоянии не отвечает этим требованиям, то их подвергают сушке.

Выбор способа сушки и сушильного оборудования является многофакторной задачей, решение которой наталкивается на ряд ограничений, связанных с недостатками способов сушки и конструкций сушилок.

Цель наших исследований – разработка новых способов сушки и конструкций сушилок. Особое внимание уделяется эффекту термической генерации звука Рийке. Качественная теория этого явления была предложена Рэлеем [3], который показал, что прибор Рийке, на котором был получен этот эффект, фактически является тепловым (термическим) автогенератором. Следует отметить, что строгой теории, объясняющей этот эффект, до настоящего времени не существовало.

Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать конструкцию сушилки (см. рисунок) [1], предназначенной для сушки и экстрагирования волокнистых материалов, которая является термическим автогенератором звуковых колебаний.

Сушилка состоит из вертикального цилиндрического корпуса 20, поворотных осей 10, станины 15, нагревателя 14, крепежного винта 2, держателя 3, металлической планки 1, фиксаторов 17, прижимных элементов 8, упоров 7, шаровых опор 6, направляющих 18, рычагов 5 управления фиксаторами 17, сборника конденсата 16, трубопровода 11 с емкостью 12, воздушного отверстия с пробкой 19, вентилятора 13, высушиваемого волокнистого материала 4.

Процесс на сушилке указанной конструкции осуществляется следующим образом. Вертикальный корпус располагают горизонтально и помещают в него высушиваемый волокнистый материал. Материал крепят с помощью винта и держателя, при этом нижний конец волокнистого материала упирается в сборник конденсата. После включения вентилятора и нагревателя в вертикально расположенный

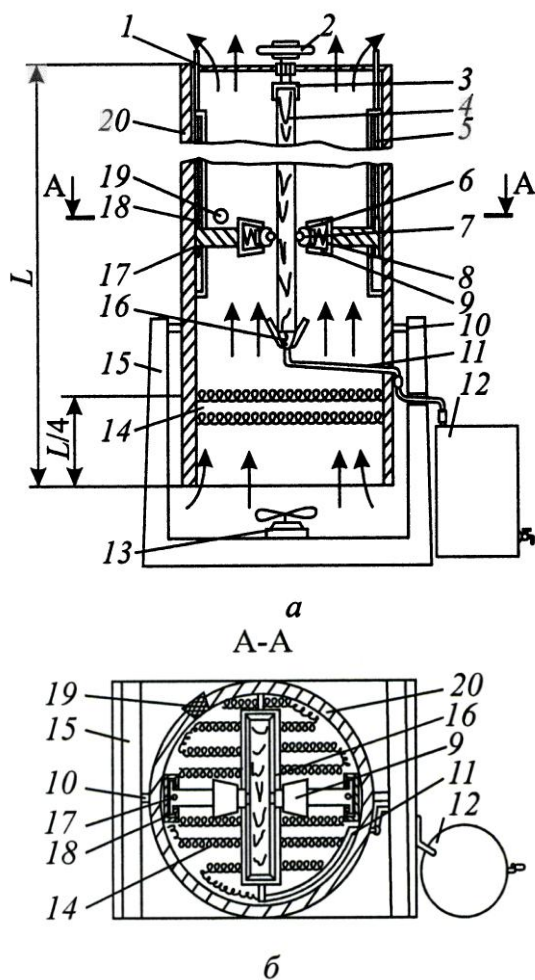


Схема сушилки: а – общий вид; б – разрез А-А

корпус подают нагретый воздух. При прохождении этого теплоносителя между стенками корпуса и волокнистым материалом возникает явление резонанса, так как при этом достигается равенство частот нагретого воздушного потока $f_{\text{п}}$ и колебаний волокнистого материала $f_{\text{м}}$, т. е. $f_{\text{п}} = f_{\text{м}}$, или

$$\frac{k_1 V}{l_1} = k_2 \frac{h}{d^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (1)$$

где k_1 – коэффициент пропорциональности;

V – скорость воздушного потока, которая изменяется по длине корпуса, L ;

l_1 – расстояние между вентилятором и волокнистым материалом;

k_2 – коэффициент, зависящий от места крепления высушиваемого материала;

h – ширина высушиваемого материала;

d – длина высушиваемого материала;

E – модуль упругости высушиваемого материала;

ρ – плотность волокнистого материала.

Ввод высушиваемого материала в резонанс с обтекающим его потоком можно осуществить с помощью ручного или автоматического регулирования температуры нагревателя или места крепления высушиваемого материала и фиксаторов, а также путем установки вентилятора с регулируемой частотой вращения.

Явление теплового резонанса исчезнет, если корпус сушилки перевести в горизонтальное положение или открыть специальное отверстие в корпусе. Поэтому для предотвращения аварийных ситуаций в корпусе сушилки предусмотрено воздушное отверстие с пробкой. При удалении пробки из воздушного отверстия автоколебания теплоносителя затухают и эффект термического звукового резонанса исчезает, т.е. нарушается действие основного собственного колебания столба воздуха в трубе, открытой с обоих концов, и определяемого из следующего соотношения:

$$f_{\text{п}} = c/\lambda = c/2L, \quad (2)$$

где c – скорость звука в воздухе;

λ – длина звуковой волны;

L – длина трубы.

Для оптимальной работы автоколебательной системы Рийке в сушилке необходимо, чтобы нагреватель был расположен на расстоянии $1/4$ длины трубы от ее нижнего конца, так как именно в этом случае происходят одновременно максимальные изменения давления и смещения колеблющегося в трубе (корпусе) воздуха.

При проведении экспериментов корпус сушилки был выполнен из асбоцементной трубы длиной 1200 мм, нагреватель представлял собой два ряда спиралей (см. рисунок) из нихромового провода, подключенного к электросети. В качестве высушиваемого волокнистого материала использовали пиломатериалы разных пород и сортов.

В ходе исследований было установлено следующее:

колебания, сообщаемые растительным клеткам, вызывают в них попеременно циклы растяжения и сжатия, что, в свою очередь, ведет к интенсивному удалению жидкости из их полостей, т.е. экстрагированию;

введение клеток волокнистых материалов в резонанс вызывает в них гипервыделение жидкости.

Таким образом нами был получен эффект гипервыделяемости жидкости из растительных клеток под воздействием резонанса, вызываемого тепловой генерацией звукового давления.

Автором также была разработана еще одна конструкция сушилки, работающей на второй гармонике автоколебательной системы [2] и отличающейся большей производительностью по сравнению с первой.

К достоинствам этих сушилок следует отнести высокую интенсивность процесса сушки пиломатериалов, так как время сушки не превышает 30 мин; качество сушки близко к естественной (атмосферной) сушке (в высушенных пиломатериалах отсутствуют трещины, коробления, а также процессы гниения); малые габариты, мобильность, легкий монтаж и демонтаж; возможность установки нескольких сушилок в виде батарей на общем основании; небольшие энергозатраты за счет использования эффекта гипервыделяемости жидкости.

В следующих экспериментах было изучено влияние магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом, на процесс естественной (атмосферной) сушки лесоматериалов в виде бревен в окоренном и неокоренном состояниях. Воздействию магнитным полем подвергали модели бревен (масштаб моделирования 1:20). Для удобства статистической обработки число бревен в каждой партии (контрольной и исследуемой) по каждой из пород составляло 100 шт. Размеры бревен: длина 5,0; 5,5 и 6,0 м; диаметр в верхнем отрубе от 20 до 40 см (в пересчете от модели к натуре). Модели бревен взвешивали на электронных весах через каждые 6 ч. Затем данные исследований статистически обрабатывали. Отдельные партии бревен подвергали естественной (атмосферной) сушке с магнитной обработкой в течение 30, 45, 60 и 90 сут.

Результаты исследований показали следующее.

1. Интенсивность сушки моделей резко снижается после 30 сут. Сушка в течение 60 и 90 сут не дает практически значимых положительных результатов.

2. Сушка моделей в магнитном поле, создаваемом постоянным магнитом, не приносит позитивных, т. е. ожидаемых результатов, так как процесс сушки замедляется, для разных пород и сортов составляя от 10 до 20 % по сравнению с контрольными партиями бревен.

3. Замедление процесса сушки в магнитном поле может служить положительным фактором при подготовке заготовок для производства некоторых музыкальных инструментов, а также других изделий, где по технологии их производства требуется длительная сушка.

Из изложенного выше следует:

сушка волокнистых материалов (прежде всего пиломатериалов) в предлагаемых конструкциях сушилок происходит в большей степени за счет использования эффекта гипервыделяемости жидкости из растительных клеток под воздействием резонанса, вызываемого термической генерацией звукового давления, в меньшей степени – за счет сушильного агента;

межмолекулярные связи жидкости и волокнистого материала, помещенных в магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом, возрастают, а процесс экстрагирования жидкости из высушиваемого волокнистого материала замедляется;

лесоматериалы, прошедшие магнитную обработку, менее подвержены процессам гниения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. № 1575033, СССР, МКИ F26 В 9/06. Сушилка / В.Д. Давыдов [и др.] // Б.И. 1990. № 24. 4 с.
2. Давыдов В.Д. Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации руслостеснительных сооружений и трубопроводов. Краснодар: Куб ГАУ, 2008. 372 с.
3. Стретт Дж. У. (лорд Рэлей). Теория звука. М.: Гостехиздат, 1955. 980 с.

Поступила 15.12.09

V.D. Davydov

Kuban State Agricultural University

Intensification of Fibrous Materials Drying

It is offered to use Rijke effect of thermal sound generation for fibrous materials drying that promotes intensive removal of liquid from cells; investigations on drying materials in the magnetic field created by permanent magnet are carried out.

Keywords: sound, generation, self-excited oscillator drying chamber, material, resonance, oscillations.

