

УДК 674.047

Н.В. Вилейшикова, аспирант; Л.Ф. Донченко, доцент;  
В.Б. Снопков, доцент

### ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

The construction and mode of functioning of drying kiln are given.

В Белорусском государственном технологическом университете на кафедре технологии клееных материалов и плит на базе климатической камеры КТК 800 немецкого производства была создана лабораторная установка для сушки древесины.

Установка предназначена для проведения научных исследований в области конвективной сушки древесины. Она позволяет изменять параметры обрабатываемой среды (воздуха) в сушильном пространстве в широком диапазоне: температуру от 0 до 90 °С, относительную влажность от 10 % до почти 100 %. Система автоматического регулирования обеспечивает контроль и поддержание параметров среды с высокой точностью на протяжении неограниченного времени. Температура обрабатываемого агента по сухому термометру может поддерживаться с точностью  $\pm 0,2$  °С, по смоченному термометру  $\pm 0,5$  °С. Важным достоинством установки является возможность автоматического перехода с одного режима сушки на другой в любое заранее заданное время.

Сушка древесины может быть реализована в двух сушильных пространствах: для точной и общей сушки. В первом случае сравнительно небольшое количество материала (0,054 м<sup>3</sup>) сушится в условиях повышенной скорости и равномерности циркуляции сушильного агента. Во втором случае условия сушки приближены к производственным, а объем высушиваемого материала может достигать 0,144 м<sup>3</sup>.

В данной статье описано устройство и принцип действия созданной лабораторной установки для сушки древесины, даны рекомендации по проведению на ней опытных сушек, рассмотрены особенности управления и контроля за ее работой.

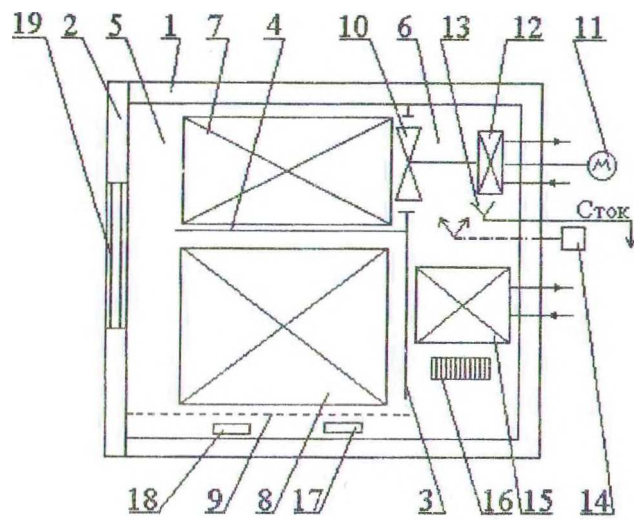
Техническая характеристика лабораторной установки для сушки древесины приведена в табл. 1. Схема установки показана на рис. 1.

Таблица 1

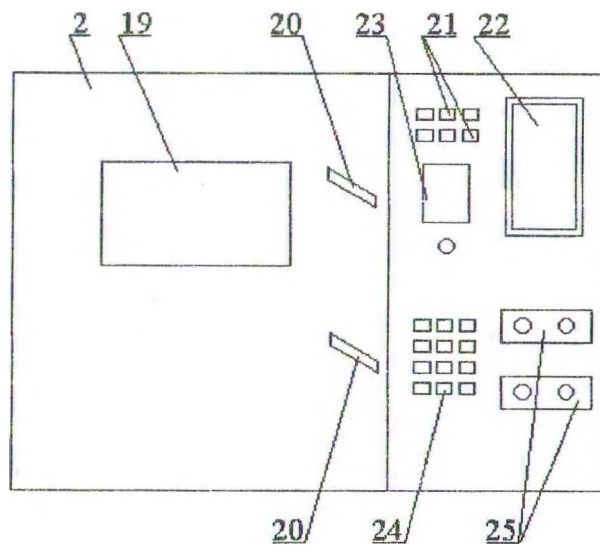
## Техническая характеристика лабораторной установки

Показатели	Значение
Общие внутренние размеры камеры, мм: ширина x высота x глубина	1050 x 970 x 845
Емкость камеры в условном пиломатериале, м <sup>3</sup> пространство точной сушки	0,054
пространство общей сушки	0,144
Габаритные размеры штабеля, мм: пространство точной сушки	170 x 450 x 1000
пространство общей сушки	495 x 600 x 1000
Побудитель циркуляции воздуха в камере	2 осевых вентилятора
Скорость циркуляции агента сушки, м/с: пространство точной сушки	2,9
пространство общей сушки	2,2
Максимальная температура агента сушки, °С	+90
Точность поддержания температуры по сухому термометру, °С	±0,2
Точность поддержания температуры по смоченному термометру, °С	±0,5
Мощность электронагревателя, кВт	0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0; 4,8; 5,6
Максимальная одновременно потребляемая мощность, кВт	12

В сушильной установке осуществляется поперечно-вертикальная циркуляция сушильного агента, побудителями которой являются осевые вентиляторы (10). Они засасывают воздух из сушильного пространства (5) и прогоняют его через комплекс устройств, расположенных за вертикальным экраном (3) и влияющих на параметры состояния сушильного агента. Уменьшение влажности воздуха происходит при его контакте с холодной поверхностью осушителя (12), на которой излишний водяной пар конденсируется и удаляется через желоб для конденсата (13). При необходимости повышения относительной влажности воздух смешивается с паром, поступающим из увлажнительного устройства (14). Нагрев воздуха осуществляется электронагревателем (16). В сушильной камере установлены нагреватели мощностью 0,8, 1,6 и 3,2 кВт. Их включение производится с помощью кнопок на панели управления (24), и различные комбинации включения позволяют получить мощности нагрева, равные 0,8, 1,6, 2,4, 3,2, 4,0, 4,8 и 5,6 кВт. Если же температура сушильного агента превышает заданную по режиму, включается охладитель (15), и воздух, омывая его холодную поверхность, охлаждается.



а)



б)

Рис. 1. Лабораторная установка для сушки древесины:

а) продольный разрез; б) панель управления.

1 – корпус; 2 – дверь; 3 – вертикальный экран; 4 – горизонтальный экран; 5 – сушильное пространство; 6 – циркуляционный канал; 7 – штабель в пространстве "точной" сушки; 8 – штабель в пространстве "общей" сушки; 9 – перфорированное дно; 10 – осевые вентиляторы; 11 – привод вентиляторов; 12 – осушитель; 13 – желоб для конденсата; 14 – увлажнительное устройство; 15 – охладитель; 16 – нагреватель; 17 – датчики регистрации температуры; 18 – датчики регулирования температуры; 19 – смотровое окно; 20 – дверные прижимы; 21 – пульт управления предохранителями; 22 – самописец; 23 – часовой механизм; 24 – пульт управления камерой; 25 – задающие устройства

После того как параметры сушильного агента будут приведены в соответствие с установленным режимом, воздух возвращается в полезное пространство через перфорированное дно (9). При этом он контактирует с датчиками систем автоматической регистрации (17) и регулирования (18) температуры. Система автоматического регулирования поддерживает заданные параметры состояния воздуха (температуру сухого и смоченного термометров). При этом она позволяет задавать два возможных режима обработки с помощью двух устройств (25), расположенных на панели управления.

Охлаждение воздуха при превышении заданной по режиму температуры реализуется с помощью холодильной установки. Принцип действия основных устройств, обеспечивающих работу холодильной установки сушильной камеры, виден из рис. 2.

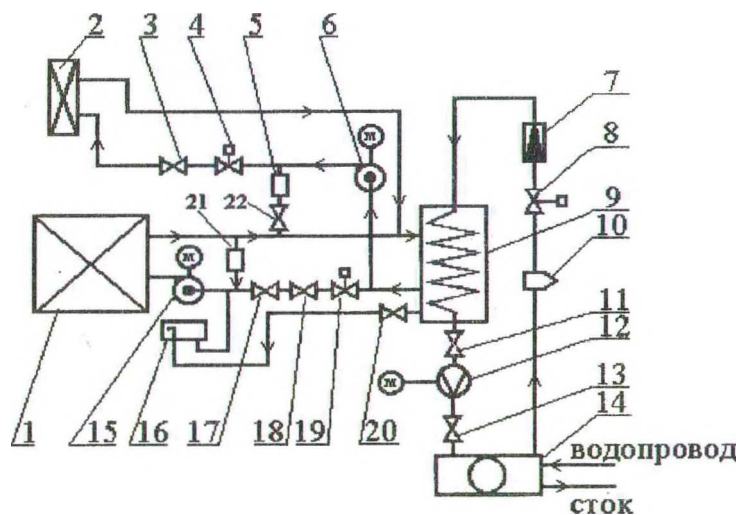


Рис.2. Схема холодильной установки сушильной камеры:

1 – охладитель; 2 – осушитель; 3, 18 – муфтовые задвижки; 4, 8, 9 – магнитные вентили; 5, 21 – дроссели; 6, 15 – насосы; 7 – расширительный клапан; 9 – охладитель хладагента; 10 – фильтр-осушитель; 11, 13 – запорные вентили; 12 – компрессор; 14 – конденсатор; 16 – уравнивательный бак; 17, 22 – обратные вентили; 20 – воздуховыпускной кран

В работе холодильной установки сушильной камеры используются два вида хладагента: хладагент-1 (монохлордифторметан) и хладагент-2 (антифриз и дистиллированная вода). Они обеспечивают так называемое не прямое регулирование температуры воздуха в сушильном пространстве камеры. Происходит это так: воздух охлаждается, отдавая тепло хладагенту-2, а снижение температуры хладагента-2 осуществляется за счет испарения хладагента-1. Преимущество непрямого регулирования температуры перед непосредственным состоит в большей точности.

Работает холодильная установка сушильной камеры следующим образом. Одноступенчатый поршневой компрессор (12) всасывает перегретые пары хладагента-1 и сжимает их до рабочего давления конденсатора. По нагнетательному трубопроводу сжатые газы хладагента поступают к конденсатору, где они охлаждаются и конденсируются. Охлаждение в конденсаторе осуществляется за счет циркуляции холодной воды, поступающей из водопровода. В жидком виде хладагент-1 через фильтр-осушитель (10) и магнитный вентиль (8) поступает к расширительному клапану (7). Фильтр-осушитель (10) задерживает твердые загрязнения и улавливает влагу, которая может находиться в линии циркуляции хладагента. Магнитный вентиль (8) открывается с замедлением после пуска компрессора (12) и выключается сразу после выключения компрессора. Этим предотвращается наполнение змеевиков в охладителе (9) жидким хладагентом. В термостатическом расширительном клапане (7) хладагент-1 расширяется и частично испаряется. При этом он охлаждается до температуры, соответствующей давлению испарения. В виде смеси жидкости и газа хладагент-1 доходит до входа в змеевик охладителя (9). Здесь хладагент-1, получив тепло от хладагента-2, полностью испаряется, перегревается и через всасывающий трубопровод снова поступает к компрессору (12).

Хладагент-2 в процессе работы сушильной камеры разделяется на два потока. Один из них обеспечивает регулирование температуры воздуха по сухому термометру, а второй – участвует в регулировании относительной влажности сушильного агента. Происходит это следующим образом. Двухступенчатый насос (15) нагнетает хладагент-2 первого потока в охладитель (1), с поверхностью которого контактирует горячий воздух, циркулирующий в сушилке. Если температура воздуха в полезном пространстве не превышает установленной по режиму и охлаждение не требуется, хладагент-2 через дроссель (21) поступает обратно к всасывающему патрубку насоса (15). Если же заданная температура превышена и поступил сигнал системы регулирования на "охлаждение", магнитный вентиль (19) открывается и хладагент-2 поступает в охладитель (9), где его температура понижается. После этого он проходит через магнитный вентиль (19), муфтовую задвижку (18) и обратный клапан (17) и перемешивается с хладагентом-2, поступающим из дросселя (21). Таким образом, в этом случае двухступенчатый насос (15) нагнетает хладагент-2 со значительно сниженной температурой. Температура поверхности охладителя (1) понижается. После того как температура воздуха, омывающего эту поверхность, выводится на заданное значение, магнитный вентиль (19) снова закрывается.

Другой поток хладагента-2 обеспечивает регулирование относительной влажности агента сушки. Происходит это так. При неработающем осушителе двухступенчатый насос (6) нагнетает хладагент-2 через дроссель (5) и обратный вентиль (22) в охладитель хладагента (9). Охлажденный в нем хладагент-2 снова поступает в сторону всасывания насоса (6), т. е. в

данном случае он не проходит через осушитель (2). Однако, если температура воздуха по влажному термометру в сушильном пространстве превысит значение, указанное на задающем устройстве, подается сигнал регулирования "осушка" и магнитный вентиль (4) открывается. Поскольку сопротивление протеканию хладагента-2 по линии дросселирования больше, чем сопротивление открывшейся линии, то хладагент-2 через магнитный вентиль (4) и муфтовую задвижку (3) поступает в осушитель (2). Отсюда он возвращается к охладителю и вновь засасывается насосом. Цикл повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто заданное значение температуры по смоченному термометру. После этого магнитный вентиль (4) вновь закрывается.

При необходимости проведения операций начального прогрева или влаготеплообработки древесины в камеру подается пар. Для его получения в сушильной установке имеется увлажнительное устройство, схема которого представлена на рис. 3.

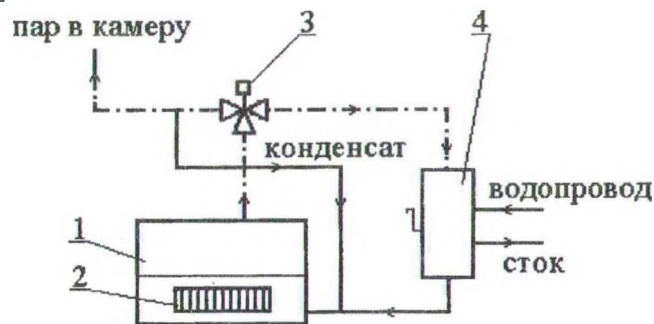


Рис. 3. Увлажнительное устройство: 1 – парогенератор; 2 – нагревательный элемент; 3 – многоходовой магнитный вентиль; 4 – уравнивательный бак с конденсатором

Увлажнительное устройство состоит из парогенератора (1) с трубчатым нагревательным элементом (2), уравнивательного бака с конденсатором (4) и многоходового магнитного вентиля (3). Трубчатый нагревательный элемент включается автоматически при выборе режима сушки на панели управления. При поступлении сигнала регулирования "увлажнение" произведенный в парогенераторе (1) пар по паропроводу через многоходовой магнитный вентиль (3) поступает в циркуляционный канал камеры, где он смешивается с сушильным агентом. Если увлажнение в данный момент не требуется, многоходовой магнитный вентиль (3) направляет пар в уравнивательный бак с конденсатором (4), после чего конденсат вновь подается в парогенератор (1).

Опытные сушки сосновых пиломатериалов с размерами 40x150x1000 мм, проведенные в описываемой сушильной установке, позволили сделать следующее заключение о ее работе.

1. Система автоматического регулирования параметров состояния сушильного агента обеспечивает высокую точность поддержания заданного режима сушки.

2. Сушка древесины может производиться как при повышенной скорости и циркуляции сушильного агента (если штабель находится в пространстве точной сушки), так и при условиях, приближенных к производственным (в пространстве "общей"сушки).

3. Сушильная установка позволяет высушивать пиломатериалы до конечной влажности, соответствующей I категории качества.

4. Объем высушиваемой древесины достаточен для проведения исследований по изучению влияния режимов на качество и продолжительность сушки.

УДК 674.055:539.4

С. С. Макаревич, доцент; Д. И. Любецкий, доцент

#### **ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПАЯНОМ ТВЕРДОСПЛАВНОМ РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ**

The problem of determination of the residual stress in the elasticnon-symmetric preparation of a firm cutting tool, the arising during soldering of the firm plate on steel basis is resolved.

Для металлообработки и деревообработки в настоящее время широко используется твердосплавный режущий инструмент. Режущий инструмент оснащается пластинами из твердых сплавов для повышения износостойкости. Но наряду с высокой износостойкостью твердый сплав обладает недостаточной прочностью. Твердосплавный инструмент чаще всего изготавливается пайкой твердосплавной пластины к стальному корпусу режущего ножа (подложке). В процессе пайки возникают остаточные напряжения, которые, суммируясь с рабочими напряжениями, оказываются основной причиной преждевременных отказов и поломок инструмента.

При пайке температура твердого сплава и стальной подложки достигает  $900^{\circ}\text{C}$  и более в зависимости от марки применяемого припоя. После завершения процесса пайки, продолжительность которого составляет несколько секунд, происходит длительное остывание составного соединения. При достижении некоторой температуры между твердосплавной пластиной и стальной подложкой устанавливается устойчивая адгезионная связь, и они начинают работать как одно целое. Из-за разных коэффициентов линейного расширения соединяемых материалов при дальнейшем остывании до комнатной температуры в твердосплавной пластине и стальной подложке возникают напряжения; они деформируются.

Заготовки для ножей сборных деревообрабатывающих фрез обычно имеют вид, показанный на рис. В работе [1] в первом приближении опреде-