

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В ВАКУУМНО-КОНВЕКТИВНЫХ СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ

Ключевые слова: тепловая энергия, древесина, сушка.

Предложена схема организации гидродинамических потоков в вакуумно-конвективной сушильной камере, обеспечивающая высокую равномерность распределения сушильного агента по штабелю пиломатериалов.

Keywords: thermal energy, wood, drying.

A scheme for the organization of the hydrodynamic flow in the vacuum-convective drying chamber ensures high uniformity of the drying agent pile of lumber.

Введение

Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что технологии вакуумной сушки пиломатериалов с конвективными способами подвода тепла являются наиболее перспективными в области сушки древесины, благодаря значительному сокращению продолжительности процесса и сохранению качественных показателей материала [1].

Экспериментальная часть

В результате проведенных испытаний вакуумной камеры, внедренной на инновационном полигоне КНИТУ «Искра», в которой была организована продольная циркуляция агента сушки, для чего были установлены боковые металлические перегородки, получены профили изменения скорости сушильного агента по ширине штабеля, представленные на рис. 1. Как видно из графиков, в результате всех замеров наблюдается некоторое увеличение скорости по краям штабеля относительно центральной части [2-4].

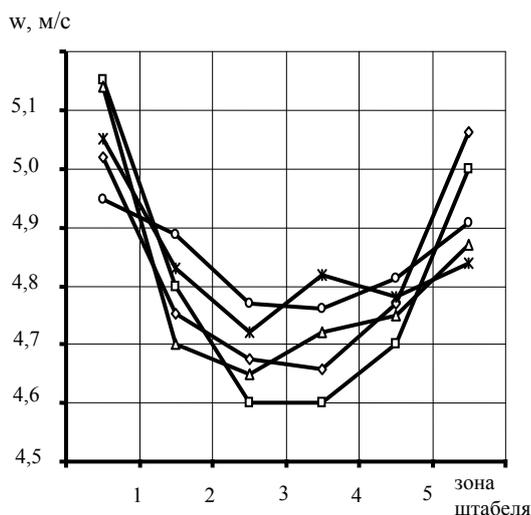


Рис. 1 – Вариация скорости теплоносителя по ширине штабеля в камере с продольной циркуляцией с металлическими боковыми стенками: о – опыт 1, ◇ – опыт 2, Δ – опыт 3 и т.д.

Поэтому была предложена конструкция установки сушки пиломатериалов с продольной циркуля-

цией теплоносителя (рис. 2), в которой боковые перегородки выполнены из газонепроницаемой прорезиненной ткани [5, 6].

Установка содержит герметичный цилиндрический корпус 1 с крышкой 2, камеру сушки 3, калориферы 4, вентилятор 5, парогенератор 6 и систему вакуумирования, состоящую из конденсатора 7 и вакуум-насоса 8.

Камера сушки 3 образована боковыми 9, верхней 10 и нижней 11 секциями, установленными в корпусе 1 с зазорами. Секции 9, 10 выполнены из плотного материала, прорезиненной ткани, с провисом и образуют сегментные зазоры 12 и 13. В сегментных зазорах 12 вдоль корпуса 1 размещены калориферы 4. В зазоре 13 расположена перегородка 14, которая выполнена с возможностью вертикального перемещения и соединена с корпусом 1 пружинами 15. В пространстве, образованном верхней подвижной перегородкой 14 и корпусом 1, помещена герметичная емкость 16, выполненная из эластичной резины.

Вентилятор 5 сообщен с камерой сушки 3 через сегментные зазоры 12.

Внутреннее пространство корпуса 1 соединено с системой вакуумирования через патрубок 17 и вакуумный затвор 18, с парогенератором 6 через патрубок 19 и вакуумный клапан 20, а с атмосферой – через патрубок 17 и вакуумный клапан 21. Внутри камеры сушки 3 на тележке 22 размещен штабель пиломатериалов 23. Нижняя секция 11 камеры сушки 3 имеет прорези 24 для закатывания тележки 22.

Установка работает следующим образом. Штабель пиломатериалов 23 на тележке 22 помещают в камеру сушки 3, после чего корпус 1 герметизируют при помощи крышки 2. Включают калориферы 4, которые остаются в работе на протяжении всего процесса.

При проведении процесса вакуумной сушки с подводом тепла от нагретого воздуха включением вентилятора 5 начинают прогрев пиломатериалов при атмосферном давлении.

При проведении сушки с подводом тепла к материалу от перегретого пара из аппарата предварительно удаляют воздух, для этого при закрытых клапанах 20, 21 и открытом клапане 18 включают вакуум-насос 8, сообщенный через патрубок 17 с камерой сушки, и понижают давление в аппарате. После удаления инертного газа в корпус 1 подают

водяной пар из парогенератора 6, с этой целью предварительно отключают вакуум-насос 8, закрывают клапан 18 и открывают клапан 20. При повышении давления в корпусе 1 до значения, определяемого по результатам математического моделирования, закрытием клапана 20 подачу пара прекращают и включают вентилятор 5.

Паровой поток, проходя через калориферы 4, дополнительно нагревается и поступает в камеру сушки 3. Благодаря тому, что сушильная камера 3 является всасывающей линией вентилятора 5, а сегментные зазоры 12 – нагнетающей, мембраны боковых 9 и верхней 10 секций облегают штабель пиломатериалов 23, обеспечивая тем самым равномерный ввод и отвод теплоносителя по всему поперечному сечению штабеля [7].

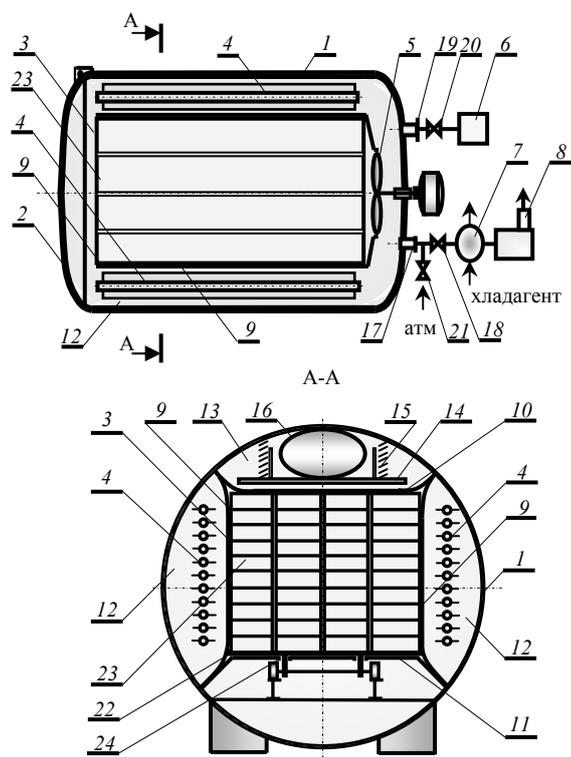


Рис. 2 – Усовершенствованная схема вакуумно-конвективной установки сушки пиломатериалов с продольной циркуляцией теплоносителя

После повышения температуры внутри древесины до определенного значения начинается стадия понижения давления в аппарате. При осциллирующих режимах сушки понижение давления производят до максимально возможной глубины вакуума, создаваемого вакуум-насосом 8. При конвективной сушке пиломатериалов в среде разреженного теплоносителя глубина вакуума определяется по результатам математического моделирования. Для понижения давления в аппарате открывают затвор 18, в конденсатор 7 подают хладагент и включают вакуум-насос 8.

За счет разности давлений во внутреннем пространстве корпуса 1 и герметичной емкости 16, последняя расширяется, перемещая перегородку 14 по направлению к штабелю 23, и сдвигает верхний ряд досок. Давление, оказываемое перегородкой 14 на

верхний ряд досок, противодействует внутренним напряжениям, возникающим в древесине при сушке, и препятствует их короблению.

При проведении конвективной сушки в среде разреженного теплоносителя периодически производят контроль внутренних напряжений с помощью выпилки силовых секций и расчета поверхностных напряжений. При значительном повышении растягивающих напряжений производят выдержку пиломатериалов путем отключения вентилятора 5 или осуществляют влаготеплообработку подачи пара из парогенератора 6.

При проведении осциллирующих способов сушки процесс вакуумирования прекращают после падения температуры в центре пиломатериала до заданного значения. Далее производят нагрев высушиваемой древесины. Циклы «прогрев – вакуумирование» повторяют до тех пор, пока влагосодержание пиломатериалов не достигнет заданного конечного значения (6-8%). После завершения процесса сушки корпус 1 разгерметизируют клапаном 21.

В результате апробации данной конструкции получено более равномерное распределение скорости агента сушки по ширине штабеля, представленное на рис. 3.

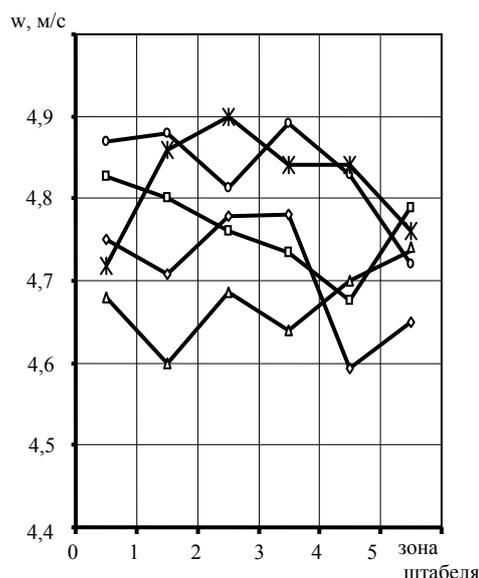


Рис. 3 – Вариация скорости теплоносителя по ширине штабеля в камере с продольной циркуляцией с боковыми стенками из прорезиненной ткани: o – опыт 1, ◇ – опыт 2, Δ – опыт 3 и т.д.

Закключение

Таким образом, в результате аналитических и патентных исследований предложена схема организации гидродинамических потоков в вакуумно-конвективной сушильной камере, обеспечивающая высокую равномерность распределения сушильного агента по штабелю пиломатериалов и, как следствие, позволяющего снизить отклонение влажности отдельных пиломатериалов от среднего по штабелю значения [8].

Литература

1. Сафин, Р.Р. Математическая модель конвективной сушки коллоидных капиллярно-пористых материалов при давлении ниже атмосферного / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г. Сафин // Вестник КГТУ. Казань. – 2005. - № 1. – С. 266-268.
2. Хасаншин, Р.Р. Исследование режимов сушки в вакуум-осциллирующей установке / Р.Р. Хасаншин, Ш.Р. Мухаметзянов // Вестник КГТУ. Казань. - 2011. - №6. - С. 207-210.
3. Хасаншин, Р.Р. Исследование изменения химического состава древесины, подвергнутой термомодифицированию, с помощью ИК-спектрометра / Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин // Вестник КГТУ. Казань. - 2010. - № 9. - С. 116-118.
4. Хасаншин, Р.Р. Повышение эксплуатационных характеристик композиционных материалов, созданных на основе термически модифицированной древесины / Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин, Р.В. Данилова // Вестник КГТУ. Казань. - 2012. - № 7. - С. 64-66.
5. Сафин, Р.Р. Новые подходы к совершенствованию вакуумно-конвективных технологий сушки древесины / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г. Сафин, П.А. Кайнов [Текст] // Деревообрабатывающая пром-сть. – 2005. – № 5. – С. 16-19.
6. Сафин, Р.Р. Математическая модель конвективной сушки пиломатериалов в разреженной среде / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г. Сафин [Текст] // Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2006. – №4. – С. 64-71.
7. Сафин, Р.Р. Экспериментальные исследования осциллирующей сушки древесины в гидрофильных жидкостях / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Ф.Г. Валиев // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. – 2008. – №12. – С. 104-106.
8. Сафин, Р.Р. Вакуумно-конвективная сушка пиломатериалов / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов // Монография. Изд-во ФГБОУ ВПО «КНИТУ». – 2009. – 146 с.

© П. А. Кайнов – канд. техн. наук, доц. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ, olambis@rambler.ru;
Ш. Р. Мухаметзянов – аспирант той же кафедры.