ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЛАГОУДАЛЕНИЯ ПРИ СУШКЕ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕТОДОМ В ВАКУУМЕ

М. А. Горешнев, Ф. Г. Секисов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Научно-исследовательский институт высоких напряжений
ООО «Вакта»
г. Томск

Сушка древесины является наиболее энергоемкой операцией в технологическом процессе деревообработки. Определяющим критерием сушки является внутренний влагоперенос. Главной проблемой сушки древесины является равномерность распределения влаги по объёму заготовки. Интенсификация удаления влаги из древесины может происходить за счет использования методов, обеспечивающих её объемный нагрев [1].

Для сушки древесины используется как электрическая энергия, так и энергия, полученная при сжигании горючих материалов. Наиболее выгодно использование тепловой энергии, полученной при сжигании древесных отходов, однако в этих условиях сложно получить равномерное распределение влажности по объёму материала.

Применение ВЧ и СВЧ нагрева обеспечивает высокое качество сушки, сокращает время проведения процесса [2]. Использование способов с объёмным нагревом древесины интенсифицирует внутренний влагоперенос, снижает градиент влажности по сечению материала и понижает внутренние напряжения, возникающие в древесине. Однако затраты электроэнергии для ВЧ и СВЧ нагрева составляют от 1,5 до 5 кВт*ч на 1 литр испаренной влаги, что экономически не выгодно в производственных условиях. Для интенсификации сушки помимо ВЧ и СВЧ нагрева в работах [3,4] был предложен омический нагрев. Исследования показали, что при этом способе сушки сопротивление древесины резко возрастет, что приводит к необходимости увеличения напряжения на электродах. В результате возникают условия искрового пробоя, места контактов обугливаются, процесс сушки прекращается. Для равномерного распределения токов по объёму заготовки в процессе нагрева и сушки древесины предложено использовать плазменные электроды [5] (электроразрядный способ). Высушенные таким образом образцы древесины имели высокое качество. Диаграммы распределения влажности и температуры, полученные в процессе сушки, показали, что градиент влажности по объёму заготовки составляет не более 10%. Затраты энергии на испарение 1 кг испаренной влаги составили 0,8-0,9 кВт*ч.

Для снижения производственных затрат возможно использование комбинированного способа сушки, который совмещает кондуктивный, (позволяющий использовать тепловую энергию при сжигании древесины отходы) и ВЧ нагрев. При этом электроды изготовлены в виде теплообменников. Нагрев электродов осуществлялся с помощью внешнего теплоносителя, пропускаемого по каналам электродов. Контроль уровня напряжения ВЧ способа осуществлялся по осциллограммам напряжения приложенного к электродам.

Удаление влаги при сушке древесины осуществляется за счет градиента влажности и температуры, а также за счёт избыточного давления [6].

Цель работы – исследование динамики влагоудаления при сушке комбинированным методом.

Научная новизна исследования: динамика влагоудаления при сушке комбинированным методом.

Задачей исследования является эмпирическое исследование динамики сушки древесины комбинированным способом при пониженном давлении.

Исследования выполнялись на опытно-промышленной вакуумной сушилке с объёмом загрузки 1м^3. Для исследований использовалась древесина пихты толщиной 25 мм и длиной 3м с начальной средней влажностью 40 - 50%. Было использовано совместно кондуктивный и ВЧ- нагрев. Для ВЧ нагрева использовалось напряжение 2 кВ, мощность 2 кВт, частота изменяющаяся в зависимости от параметров контура от 50 кГц до 100 кГц. Сушка проводилась при давлении 10^4 Па.

Установка представляет собой вакуумную камеру с водяным охлаждением корпуса, в которой формируется штабель. Штабель состоит из поочерёдно складывающихся сло-

ёв древесины и электродов. Электроды подключаются к теплогенератору и высоковольтному высокочастотному источнику напряжения. Электрод представляет собой многоколенчатую трубку, с протекающим в ней горячим теплоносителем, к которой по бокам приварены две металлические пластины. Также в опыте опробирывался электрод с сеткой вместо пластин. Это, как предполагается, улучшит влагоотдачу за счёт увеличения свободной поверхности испарения.

Датчики влажности расположены, как показано на рисунке 1.

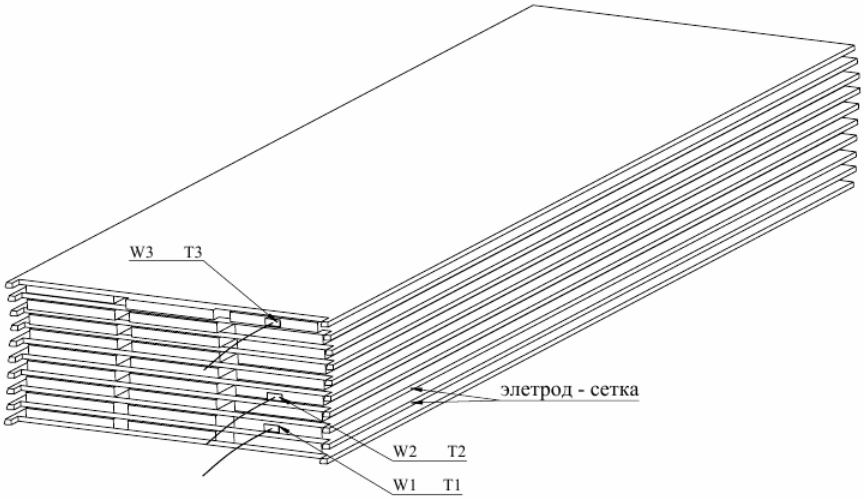

Рисунок 1 – Сформированный штабель

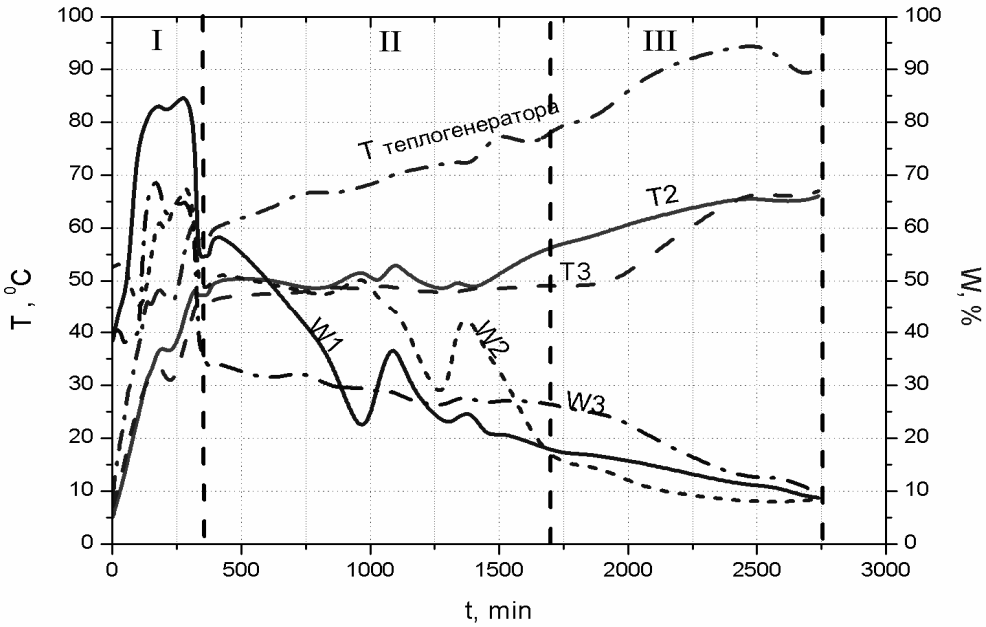

Рисунок 2 – Графики зависимости влажности и температуры от времени

Датчик W1 измеряет влажность торца доски расположенной между сетчатыми электродами. Датчики W2, W3, T2, T3 замеряют влажность и температуру торцов доски расположенной между листовыми электродами.

На рисунке 2 представлены зависимости температуры и влажности от времени. Процесс сушки можно разделить на 3 периода: I период – нагрев; II период – удаление свободной влаги (до 30 % влажности); III период – удаление физически-связанной влаги (ниже 30% влажности).

В период нагрева (I период) наблюдается повышение температуры в заготовке до 48

^{0}С, её последующая стабилизация, и повышение влажности на торцах заготовки до 80%. Стабилизация температуры связана, с тем, что при данном давлении происходит кипение свободной влаги в древесине. Повышение влажности, как предполагается, связано с тем, что при прогреве давление в середине доски больше чем в камере, что обеспечивает механическое выдавливание свободной воды на поверхность доски. Начало второй стадии характеризуется установлением постоянной температуры и резким спадом влажности в торце заготовки. Резкое снижение влажности объясняется тем, что накопившееся в торце влага получила достаточно потенциальной энергии для фазового перехода и испарилась. При сушке комбинированным методом наблюдается осцилляция влажности на датчиках W1 и W2. Предполагается, что свободная влага начинает быстро двигаться из середины образца к торцу за счёт положительного температурного градиента и разности влажности. Так как сушка происходит при пониженном давлении то испарение происходит очень интенсивно, что объясняет резкое падение влажности. Так как у древесины пихты влагопроводность достаточно высокая, вода под действием всех вышеуказанных сил направляется к более сухому торцу. Так как влага не получила необходимой потенциальной энергии для отрыва от капилляров она скапливается в торце и это объясняет повышение влажности. Затем, при получении необходимой энергии для отрыва влажность падает. На датчике W3 (верхние слои штабеля) не наблюдается подобных осцилляций. Вероятно, что верхние слои имеют более слабый контакт нагревательной пластины электрода с доской, соответственно большое термическое сопротивление. За счёт этого температура в середине не сильно отличается от температуры торца, и свободная влага успевает испаряться. При снижении влажности ниже 30% скорость сушки падает, а температура доски повышается. Это связано с тем, что ниже 30 % влажности остаётся физически связанная влага. Для её отрыва от стенок капилляров нужно больше энергии и времени.

Из опытов видно, что есть вероятность того, что внутреннее избыточное давление играет большую роль при сушке древесины комбинированным методом в атмосфере пониженного давления.

На основе данных [6, 7] о избыточном внутреннем давлении, а также определения движения влаги в условиях пониженного давления необходимо построить математическую модель, которую можно использовать для нахождения оптимальных режимов сушки древесины комбинированным методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шубин С.Г. Об интенсификации процессов сушки древесины //Строение, свойства и качество древесины -2000: материалы Ш международного симпозиума. 11-14сент. 2000. - Петрозаводск: КарцНЦ РАН, 2000. - С. 299-301
2. Виноградский В.Ф. Скоростная вакуумная сушка древесины в поле токов высокой частоты// Деревообрабатывающая промышленность. - 1960. - №7.
3. Романовский С. Г. Процессы термической обработки и сушки в электромагнитных установках. - Минск: Наука и техника, 1969. - 348с.
4. Власова А. А., Крылов Н. А. Электроосмотическая осушка древесины // Коллоидный журнал.- 1937.-ВЫП.3.-С.151-161.
5. Секисов Ф.Г., Смердов О.В. О возможности сушки пропитанной древесины// Лесной журнал, 2003, №1 с. 79-82
6. Шубин Г.С. Физические основы и расчёт процесса сушки древесины.- М.: Лесн. пром-ть. 1973. – С. 248
7. Шубин Г.С. Экспериментальное исследование тепло- и массообмена при высокотемпературной конвективной сушке плоских древесных материалов.- М.: Московский лесотехнический институт. 1973.- С.186-195