

# КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВЧ-СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

*А.В. Шибико*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Шиян В.П., к. ф-м. н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Целью работы является изучение процесса микроволновой сушки древесины, определение основных параметров микроволновой сушки и выбор средств их контроля, исследование влияния СВЧ-излучения на параметры сушки, в частности на датчики измерения температуры.

СВЧ-сушка широко распространена и обладает преимуществами перед другими видами сушки, например, равномерностью сушки, лёгкостью управления нагревом, практически мгновенным подводом энергии к нагреваемому объекту, высоким КПД преобразования СВЧ-энергии в тепловую и т. д. В то же время возникает проблема влияния СВЧ-излучения на датчики.

Процесс сушки древесины является одним из важнейших этапов подготовки материала к работе, так как сухая древесина обладает высокой прочностью, меньше коробится, не подвержена загниванию, легко склеивается, лучше отделяется и более долговечна.

При испытаниях с целью определения показателей физико-механических свойств древесины ее кондиционируют, приводя к нормализованной влажности, например 12 %.

При сушке древесины СВЧ-энергией возникает проблема воздействия её на применяемые датчики, что требует ряда технических решений для обеспечения требуемой точности контроля. Для решения этой проблемы поставлен эксперимент по оценке влияния СВЧ-излучения на процесс измерения температуры датчиками различного типа.

Эксперимент проводился с тремя термометрами, из которых два относятся к термометрам расширения (спиртовой и ртутный), а третий является термометром сопротивления типа ТСМ-571.

В качестве источника излучения использовался магнетрон. Основные параметры магнетрона представлены в табл. 1.

Таблица

*Основные параметры магнетрона»*

Рабочая частота	2375 ± 50 МГц
Максимальная выходная мощность	150 ± 45 Вт
Минимальная выходная мощность	16 ± 8 Вт
Длина волны	12,62 см
Диаметр излучателя	132 мм

Схема эксперимента представлена на рис. 1.

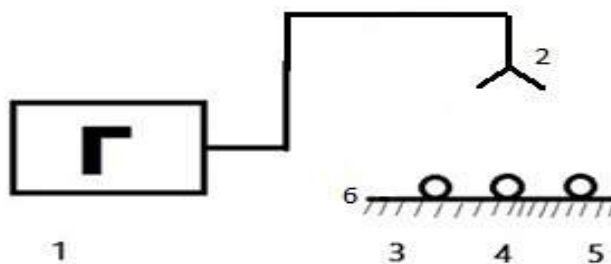


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – СВЧ генератор; 2 – излучатель; 3 – спиртовой термометр; 4 – ртутный термометр; 5 – термометр сопротивления; 6 – поглощающий материал типа «шуба»

Термометры 3, 4, 5 размещались под излучателем на расстоянии 15 см. Предварительно измерялась температура в помещении в отсутствии СВЧ-излучения. Затем подавалась СВЧ энергия. Уровень выходной мощности равен 50 Вт. Плотность потока СВЧ мощности составила  $0,37 \text{ Вт/см}^2$ . Время воздействия СВЧ энергии на термометры равно 3 минутам.

Для защиты оператора от СВЧ излучения применялся поглощающий материал типа «шуба», обеспечивающий ослабление СВЧ мощности в 10 дБ. При этом уровень паразитной плотности потока СВЧ мощности не превышал  $10 \text{ мкВт/см}^2$  на расстоянии 50 см от зоны контроля, что соответствует Санитарным нормам при работе с СВЧ излучением

Внешний вид экспериментальной установки показан на рис. 2.

Показания термометров без воздействия и при воздействии СВЧ излучения представлены в табл. 2.



Рис. 2. Экспериментальная установка

Таблица 2

Экспериментальные показания термометров

	Ртутный термометр	Спиртовой термометр	Термометр сопротивления
Температура без СВЧ	26	25	24,6
Температура с СВЧ	32	33	26,3

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что СВЧ-излучение влияет на показания приборов. Самая большая разность показаний отмечена у спиртового термометра. Это связано с тем, что этиловый спирт хорошо поглощает СВЧ-энергию. Коэффициент поглощения СВЧ энергии этиловым спиртом в диапазоне длин волн 7,5–13,0 см составляет 0.88–0.90. Меньшая разность показаний у ртутного термометра. Ртуть – это металл, при попадании его в электромагнитное поле в нем возникают вихревые токи. Происходит нагрев рабочего тела за счет которого возникает погрешность измерения температуры. Наименьшая разность показаний получилась для термометра сопротивления, которая составила 1.7. Для работы с СВЧ это наиболее подходящий тип термометра. Однако, полученная погрешность показаний приводит к выводу, что необходимо защищать датчики для достижения максимальной точности проведения измерений. В этом случае необходимо использовать защиту датчиков от СВЧ излучения в виде перфорированных экранов из металла с высокой электрической проводимостью, например меди.

В качестве примера был поставлен эксперимент по влиянию защитного экрана на показания спиртового термометра в присутствии СВЧ поля. Защитный экран в виде цилиндра выполнен из перфорированной медной фольги. Измерения проводились при мощности СВЧ генератора 50 Вт, время экспозиции 5 минут

Внешний вид спиртового термометра с перфорированным экраном показан на рис. 3.

Данные, полученные в ходе эксперимента представлены в табл. 3.



Рис. 3. Спиртовой термометр с перфорированным экраном

Таблица 3

Экспериментальные показания спиртового термометра

	Показания без экрана	Показания с перфорированным экраном
Температура без СВЧ, $t_0$	27	27
Температура с СВЧ, $t_1$	39	31

На основании результатов эксперимента можно сделать вывод, что погрешность измерения температуры при использовании перфорированного экрана существенно уменьшилась и составила 4 °С.

На основе выбора основных параметров сушки древесины и средств их контроля был разработан вариант структурной схемы контролируемых параметров, представленный на рис.4.

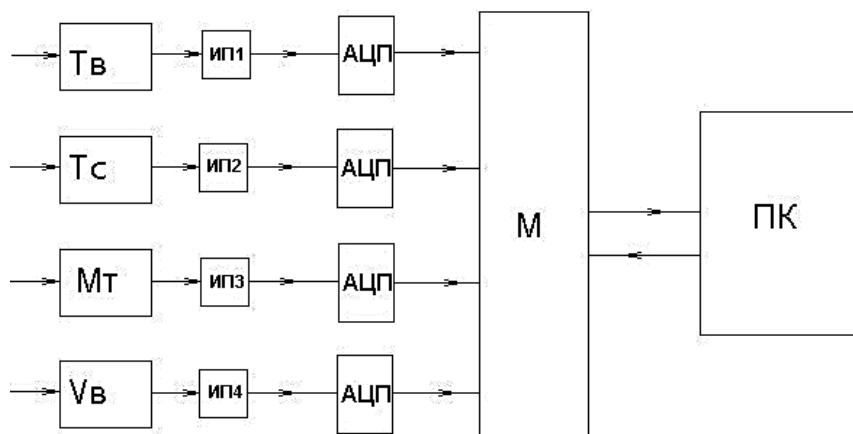


Рис. 4. Структурная схема контролируемых параметров:  $Tв$  – термометр влажный;  $Tс$  – термометр сухой;  $Mт$  – датчик для оценки влажности древесины;  $Vв$  – скорость воздушного агента; ИП – измерительный преобразователь; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; М – микропроцессор; ПК – персональный компьютер

В предложенной схеме используются два термометра: влажный и сухой для измерения психрометрической разности ( $\Delta t$ ).

В качестве датчика для оценки влажности древесины взят силоизмерительный тензорезисторный датчик. Он позволяет определять текущую массу древесины и по ней текущую влажность в соответствии с формулой

$$W = \frac{M_{т} - M_{абс. сух}}{M_{абс. сух}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где  $M_{т}$  – текущая масса высушиваемых пиломатериалов, поступающая от весового гидравлического устройства в ЭВМ;  $M_{абс. сух}$  – масса высушиваемых пиломатериалов в абсолютно сухом состоянии.

Скорость воздушного агента в схеме определяет анемометр. В сушильной камере диапазон его значений может колебаться от 0,2 до 3 м/с.

Показания датчиков преобразуются в аналоговый сигнал (при помощи ИП), затем в цифровой (АЦП) и в микропроцессоре происходит расчёт интересующего нас параметра. Полученное значение выводится на компьютер.

Примерная схема размещения датчиков в камере представлена на рис. 5

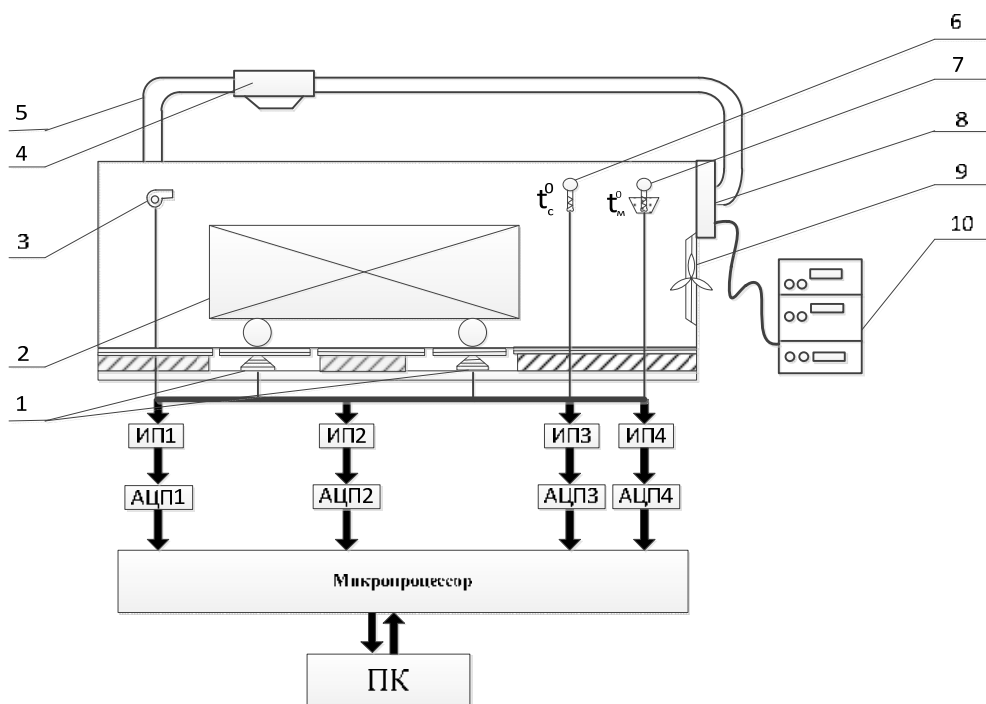


Рис. 5. Схема размещения датчиков: 1-тензорезистивные датчики; 2 - тележка со штабелем; 3 –анемометр; 4 – конденсатор; 5 – воздуховод; 6 – сухой термометр; 7 – влажный термометр; 8 – СВЧ генераторный модуль; 9 – вентилятор; 10 – блок питания и управления магнетронами

В ходе проведенной работы был поставлен эксперимент по оценке влияния СВЧ излучения на работу температурных датчиков трех типов: спиртового, ртутного термометров и термометра сопротивления. Сравнительный анализ термометров с разными рабочими телами показал, что наиболее приемлемым для работы с СВЧ-излучением является термометр сопротивления типа ТСМ-571. Для уменьшения влияния СВЧ излучения на показания термометров необходимо все же применение защитных экранов.

Составлена принципиальная схема измерения технологических параметров СВЧ сушки и вариант расположения датчиков в сушильной камере.

### Список информационных источников

1. Шиян В.П. Малогабаритная СВЧ камера для сушки пиломатериалов // Деревообрабатывающая промышленность. 2001. – Вып.5. – С. 71–80.
2. Болдырев П. В. Сушка древесины. – СПб, ПРОФ ИКС, 2002. – С. 13, 14, 26.