

Научная статья  
УДК 630.52/681.5

## ЗАМЫСЕЛ РАЗРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ДЕРЕВА

**Иван Александрович Шпагин<sup>1</sup>, Сергей Петрович Санников<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> VBCLG5@yandex.ru

<sup>2</sup> ssp-2@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрена проблема разработки измерителя влажности дерева во время роста. Разработана схема и описание. Представлены требования по разработке этого устройства.

**Ключевые слова:** влажность дерева, влагомер древесины, требования, разработка, измеритель

Scientific article

## THE IDEA OF DEVELOPING A WOOD MOISTURE METER OF A TREE

**Ivan A. Shpagin<sup>1</sup>, Sergey P. Sannikov<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> VBCLG5@yandex.ru

<sup>2</sup> ssp-2@mail.ru

**Abstract.** The paper considers the problem of developing a moisture meter of a tree during growth. A scheme and description have been developed. The requirements for the development of this device are presented.

**Keywords:** wood moisture, wood moisture meter, requirements, development, meter

Влажность древесины играет важную роль во время роста дерева для созревания волокон, трахеид, которые являются основой структурного материала растения. По этой причине необходимо вовремя получать информацию о множестве параметров состояния дерева, в том числе и о влажности. Целью работы является разработка влагомера древесины. Поставленная задача: анализ существующих влагомеров с определением способа измерения влажности на основе физического метода.

На основе анализа работы существующих влагомеров пришли к выводу, что действие разрабатываемого влагомера должно быть основано на принципе изменения удельной электрической проводимости (или сопротивления) древесины в зависимости от ее влажности, температуры, плотности и направления волокон.

Чувствительным элементом влагомера являются специальные иглы-электроды, которые нужно ввести в контакт с исследуемой древесиной, то есть в ствол дерева (рис. 1). Тем самым, контактная часть, минуя толщину коры, соприкасается с основными слоями ствола дерева.

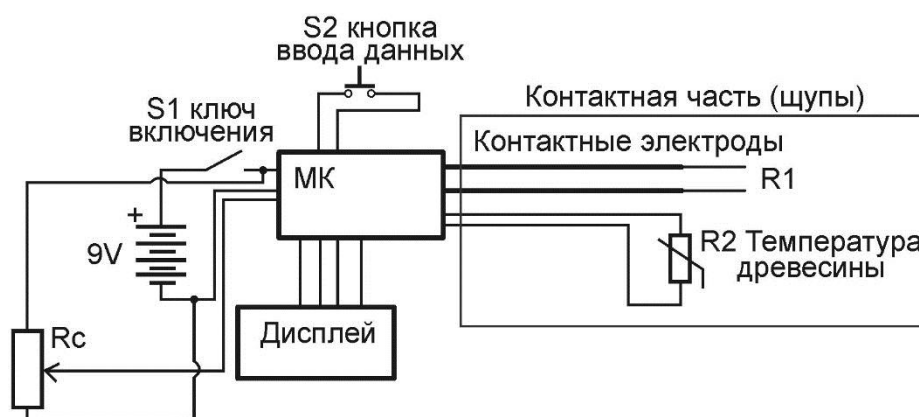


Рис. 1. Структурная схема влагомера

Влагомер состоит из микропроцессора МК с дисплеем, потенциометра  $R_c$ , при помощи которого выбирают породу дерева, кнопок управления (S1 и S2), источника электропитания 9V и контактной части, состоящей из игл-электродов, термометра R2.

Электропроводность зависит от влажности древесины. Чем больше влажность, тем меньше сопротивление в материале. Переменная влажности, или удельное объемное сопротивление (проводимость), выражена в Гом и представлена на рис. 2. В качестве иллюстрации порядка величины сопротивления в табл. 1 приведены некоторые данные.

Таблица 1

Сравнительные данные о сопротивлении древесины в зависимости от влажности

Порода	Удельное объемное сопротивление (Ом · см) поперек волокон при влажности древесины (%)		
	0	22	100
Кедр	$1,62 \cdot 10^{10}$	$2,7 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^5$
Лиственница	$1,36 \cdot 10^{10}$	$6,6 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^5$

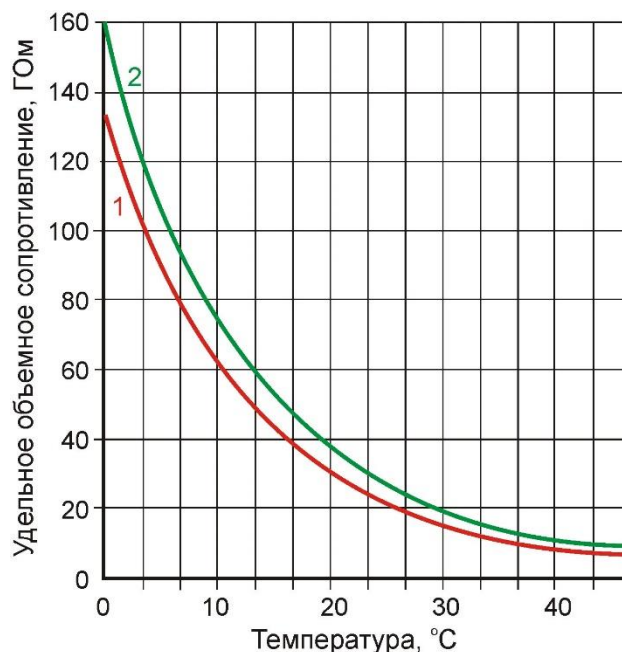


Рис. 2. Зависимость сопротивления древесины от температуры:  
1 – лиственница; 2 – кедр

Для характеристики электропроводности наибольшее значение имеет температура материала. Корректировка показаний влажности древесины выражена в виде коэффициента температуры  $K_t$  и приведена к нулевой температуре абсолютно сухой древесины соответствующей породы (см. формулу (1)). Для примера представлен график изменения сопротивления средней древесины в зависимости от температуры (см. рис. 2).

Разрабатываемый влагомер должен изначально вычислять проводимость древесины поперек волокон. Поэтому измерения необходимо проводить в нескольких точках и результаты заносить в соответствующий столбик табл. 2. Обработку данных производить по известным методам в статистической математике.

Для примера представлена таблица с различными показаниями измерений в зависимости от расположения щупов.

Таблица 2

Результаты измерений влажности древесины

Порода и направление	Влажность, %	Удельное объемное сопротивление, Ом · см	Удельное поверхностное сопротивление, Ом
Береза, вдоль волокон	8,2	$4,2 \cdot 10^{10}$	$4,0 \cdot 10^{11}$
Береза, поперек волокон	8,0	$8,6 \cdot 10^{11}$	$2,8 \cdot 10^{12}$

Плотность также является основополагающим коэффициентом в определении влажности, так как каждая порода дерева обладает

собственной плотностью. Для расчета влажности древесины необходимо учесть ее плотность, использовать как коэффициент  $K_p$ . В табл. 3 представлены значения сопротивления древесины в сухом виде для каждой породы, ранжированные по плотности.

Таблица 3

Удельное объемное сопротивление древесины  
в абсолютно сухом состоянии

Порода	Удельное объемное сопротивление, Ом · см	
	поперек волокон	вдоль волокон
Береза	$5,1 \cdot 10^{16}$	$2,3 \cdot 10^{16}$
Сосна	$2,3 \cdot 10^{15}$	$1,8 \cdot 10^{15}$
Ель	$7,6 \cdot 10^{16}$	$3,8 \cdot 10^{16}$
Ольха	$1,0 \cdot 10^{17}$	$9,6 \cdot 10^{15}$
Липа	$1,5 \cdot 10^{16}$	$6,4 \cdot 10^{15}$
Осина	$1,7 \cdot 10^{16}$	$8,0 \cdot 10^{15}$

Принцип действия влагомера, схема которого показана на рис. 1 представлен ниже.

Питается влагомер от батареи напряжением 9V типа «крона», с включением переключателя S1 питание подается на микроконтроллер (МК) и на потенциометр (Rc). Величина тока, выходящая с потенциометра, приходит на аналоговый порт микроконтроллера МК. Микроконтроллер, основываясь на значениях сопротивления, записанных в память, выбирает соответствующий коэффициент плотности  $K_p$ , тем самым учитывается порода дерева. Так, для сосны – 0–10 кОм, ели – 10–20 кОм, ясеня – 20–30 кОм, и т. д. Для удобства восприятия на лицевой панели влагомера вокруг потенциометра изображены деления для выбора породы дерева (рис. 2).

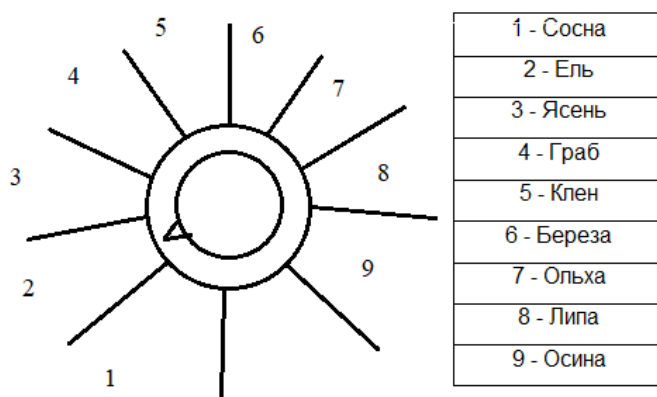


Рис. 2. Графическое изображение передней панели влагомера

При вводе щупов в древесину необходимо нажать на кнопку S2 для подачи команды в микроконтроллер и сбора данных с датчика R2. Датчик температуры (термистор) подключен к аналоговому порту микроконтроллера, который в соответствии с алгоритмом управления влагомера преобразует величину тока в коэффициент температуры Kt. Также на один щуп подается ток, результирующему напряжению с другого щупа микроконтроллер вычисляет значение сопротивления, используя формулу закона Ома  $V = IR$ . Сопоставляя данные всех датчиков, а именно: сопротивление щупов-электродов, термометра R2 со значением потенциометра Rc, микроконтроллер по формуле вычисляет точную влажность, содержащуюся в дереве. Переводит результат в проценты влажности и выводит данные на дисплей. Все полученные данные записываются в память микроконтроллера.

Алгоритм вычисления, заложенный в микроконтроллер МК, вычисляет влажность древесины в зависимости от ее сопротивления, плотности, температуры, направления волокон по формуле

$$Wq = (R1 \cdot Kp \cdot Kt), \quad (1)$$

где  $Wq$  – влажность древесины;

$R1$  – сопротивление материала;

$Kp$  – коэффициент плотности;

$Kt$  – коэффициент температуры.

Общий вид предлагаемого влагомера представлен на рис. 3.

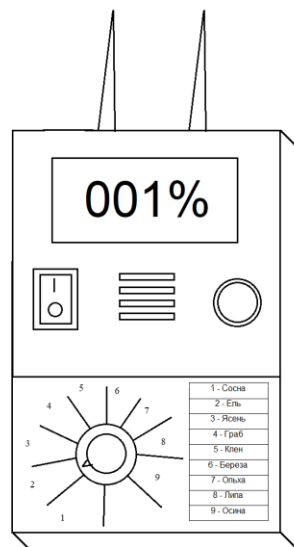


Рис. 3. Общий вид влагомера

В результате работы проведен анализ существующих измерителей влажности древесины, исследованы методы физического представления влажности с возможностью реализации в разрабатываемом влагомере. Способ преобразования проводимости в значения влажности сочли наиболее подходящим для данной схемы.