

## ОБ АНИЗОТРОПИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ КОМНАТНО-СУХОГО СОСТОЯНИЯ

Электрический ток, проходя через древесину, встречает на своем пути элементы ее структурного строения: волокна, сосуды, сердцевинные лучи, у хвойных — смоляные ходы и др. Они не одинаковы по своему микроскопическому строению и составу вещества, и, следовательно, должны влиять на ее электропроводность. Электропроводность, как и многие другие физические свойства древесины, обладает анизотропией. В частности, анизотропия свойств древесины привела к обнаружению у нее пьезоэлектрических свойств [1]. Простейшим примером анизотропной среды являются текстуры. Под текстурой понимаются анизотропную поликристаллическую или аморфную среду, состоящую из кристаллов или молекул с преимущественной ориентировкой. Текстуры могут быть осевыми с предпочтительной ориентировкой элементов текстуры относительно одного особого направления; плоскими — с ориентировкой относительно особой плоскости и полными — при наличии особой плоскости и особого в ней направления [2]. В случае осевой или полной текстур все свойства текстурованной среды в каждой точке инвариантны относительно бесконечной ортогональной группы, содержащей повороты на любой угол относительно выделенной оси.

Существует семь типов осевых текстур [3,4]. К древесине как текстуре растительного происхождения могут иметь отношение лишь некоторые из них. Образец, вырезанный из древесины в виде цилиндра так, что его ось совпадает с центральной осью ствола, будет обладать симметрией покоящегося или вращающегося цилиндра, т.е.  $m \cdot \infty : m$  или  $\infty : m$ .

Исследование пьезоэлектрических свойств древесины позволило В.А. Баженову высказать утверждение [1], что древесина как пьезоэлектрическая текстура относится к группе симметрии как 2:2 и что имеется также практическая возможность для принятия группы  $\infty : 2$ .

Для исследования анизотропии электропроводности древесины комнатно-сухого состояния дуба, ясеня, сосны и осины вырезались образцы в виде кубиков со стороной 50 мм (рис. 1).

Если отвлечься от нерегулярности строения древесины, то вырезанный таким образом образец будет обладать группой сим-

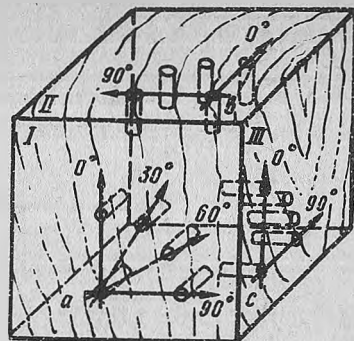


Рис. 1.

метрии 2:2. На структурных срезах, соответствующих радиальному (I), торцевому (II) и тангенциальному (III) направлениям, были сделаны сверления диаметром 5 мм и глубиной 10 мм. Расстояние между центрами сверлений составляло 15 мм. Направление, совпадающее с направлением годичных слоев на торцевой плоскости кубика, принималось за  $0^\circ$ , а перпендикулярное им за  $90^\circ$ . Между сверлениями  $0^\circ$  и  $90^\circ$  располагались сверления, соответствующие  $30^\circ$  и  $60^\circ$ . Сделанные таким образом отверстия заполнялись ртутью, которая служила контактом.

Измерив сопротивление между центральными электродами а), в) или с) и соответствующими электродами  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ , можно проследить влияние структурных элементов строения древесины на ее электропроводность, так как они располагаются под различными углами к направлению тока. Результаты измерения электропроводности древесины комнатно-сухого состояния приведены в табл. 1.

Приведенные здесь данные электропроводности соответствуют средним значениям ее при подключении центрального электрода к положительному и отрицательному полюсу источника тока.

Если предположить, что объем части образца, по которой течет ток, во всех случаях один и тот же, то можно утверждать, что измеренные значения электропроводности с точностью до одной и той же постоянной величины совпадают со значениями удельной электропроводности древесины. Анализируя результаты измерений, можно сделать вывод, что во всех случаях электропроводность древесины обладает ясно выраженной анизотропией, характер и величина которой определяется породой древесины.

Допустим, что для описания анизотропии физических свойств

Таблица 1

Порода	Электропроводность в $10^{-11}$ ом $^{-1}$ в направлении между центральным электродом и электродами, соответствующими				
		$0^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
Дуб	1	1,00	0,87	1,00	1,11
	П	1,00	1,11	1,32	1,56
	Ш	0,71	0,50	0,44	0,42
Ясень	1	1,00	0,67	0,50	0,45
	П	0,83	0,77	0,71	0,67
	Ш	2,50	1,66	1,25	1,00
Осина	1	1,00	0,71	0,59	0,50
	П	0,48	0,50	0,48	0,48
	Ш	0,91	0,77	0,62	0,59
Сосна	1	0,71	0,55	0,43	0,42
	П	0,43	0,42	0,37	0,36
	Ш	0,23	0,22	0,22	0,24

текстур, к которым относится и древесина, можно применить хорошо разработанный аппарат тензорного анализа. Тогда закон Ома запишется  $j_i = \sigma_{ik} E_k$ , где  $\sigma_{ik}$  — тензор электропроводности, который представляет собой симметричный тензор второго ранга (5), имеющий в общем случае шесть зависимых компонент. Однако когда текстура обладает симметрией, число независимых компонент уменьшается.

Таблица 2

Порода		Электропроводность в $10^{-11}$ ом $^{-1}$ в направлении между центральным электродом и электродами, соответствующими:			
		$0^{\circ}$	$30^{\circ}$	$60^{\circ}$	$90^{\circ}$
Дуб	1	1,00	1,03	1,08	1,11
	П	1,00	1,14	1,42	1,56
	Ш	0,71	0,64	0,49	0,42
Ясень	1	1,00	0,86	0,59	0,45
	П	0,83	0,79	0,71	0,67
	Ш	2,50	2,12	1,37	1,00
Осина	1	1,00	0,87	0,62	0,50
	П	0,48	0,48	0,48	0,48
	Ш	0,91	0,83	0,67	0,59
Сосна	1	0,71	0,64	0,49	0,42
	П	0,43	0,42	0,38	0,36
	Ш	0,23	0,23	0,24	0,24

Физическое свойство может иметь определенную собственную симметрию, которая проявляется независимо от того, какой симметрией обладает кристалл или текстура. Вместе с тем, согласно принципу Неймана (5), физическое свойство должно иметь и все те элементы симметрии, которыми обладает кристалл.

Применив последнее положение к тензору  $\sigma_{ik}$ , можем утверждать, что главными осями эллипсоида удельной электро-

проводности будут три взаимно перпендикулярные направления а)  $- 0^\circ$ , а)  $- 90^\circ$  и перпендикулярное им с центром в точке расположения центрального сверления а) и аналогичные направления для сверлений в) и с). В системе координат с осями, совпадающими с главными осями эллипсоида, тензор удельной электропроводности приводится к главным осям и будет иметь лишь три отличных от 0 компоненты  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ .

Тогда согласно [5] значение электропроводности в направлении, задаваемом направляющими косинусами  $l_i$  ( $l_1, l_2, l_3$ ), будет иметь вид:  $\sigma = l_1^2 \sigma_1 + l_2^2 \sigma_2 + l_3^2 \sigma_3$ . В образцах, применявшихся на опыте, сверления сделаны (см. рис. 1) по отношению к главным направлениям так, что один из направляющих косинусов (например,  $l_3$ ) равен нулю, т.е. мы будем иметь двумерный случай. Следовательно, в нашем случае электропроводность  $\sigma$  в направлениях  $30^\circ$  и  $60^\circ$  будет равна  $\sigma = l_1^2 \sigma_1 + l_2^2 \sigma_2$ . Поскольку теория не дает главных значений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ , то возьмем их из опыта и вычислим теоретические значения в направлениях  $30^\circ$  и  $60^\circ$ , считая древесину идеальной текстурой. Данные вычислений сведем для сравнения в табл. 2, аналогичную табл. 1.

Сравнивая полутеоретические данные (табл. 2) с экспериментальными (табл. 1), можно прийти к выводу о том, что теория тензора удельной электропроводности, разработанная для кристаллов, применима к текстурам, представляющим собою образцы из древесины, так как общий ход электропроводности, даваемый теорией и экспериментом, одинаков. Различные в численных значениях в направлениях  $30^\circ$  и  $60^\circ$  для различных пород между теоретическими и экспериментальными данными объясняется, по-видимому, нерегулярностью строения реальной древесины, отступлением реальных образцов по сравнению с идеализированными, предполагаемыми в теории. При этом различные породы дают разное отступление от идеальных образцов. Самое большое отступление оказалось у древесины дуба. Наиболее близко совпадают вычисленные и измеренные значения для древесины сосны.

#### Литература

1. В. А. Баженов. Пьезоэлектрические свойства древесины. М., 1959.
2. ФЭС, т. 5, стр. 126, М., 1966.
3. А. В. Шубников. Пьезоэлектрические текстуры. М., 1946.
4. В. В. Лохин, Л. И. Седов, Прикладная математика и механика, 27, вып. 3, 1963.
5. Дж. Най. Физические свойства кристаллов. М., 1967.