

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Изучение электропроводности различных древесных пород имеет как научный, так и практический смысл. С одной стороны, изучение электропроводности древесины расширяет круг наших знаний о физических свойствах древесины; с другой стороны—изучение электропроводности древесины направлено на расширение сферы промышленного использования ее как заменителя ценных электроизоляционных материалов.

В одной из своих работ крупнейший древесиновед Советского Союза С. И. Ванин указывал, что «перед советскими учеными стоят сейчас важнейшие задачи: проникнуть вглубь строения древесины; изучить ряд еще неизвестных ее свойств; понять действующие в древесине внутренние силы, природу таких свойств, как пластичность, сопротивляемость различным механическим, химическим и биологическим воздействиям; глубже разобраться в природе явлений, возникающих при воздействии на древесину электрического тока, света, влаги, ультрафиолетовых лучей, лучей Рентгена».

Ввиду анизотропного слоисто-волокнистого строения древесины измерение удельного объемного сопротивления ее вызывает ряд трудностей, поэтому не случайно то, что полученные результаты, как в СССР (Михайлов, Майгельдинов, Дунецкий), так и за границей (Мейер, Риис, Хрум), в большинстве случаев несопоставимы.

Причиной этому служит то, что, с одной стороны, до сих пор нет установившейся, хорошо разработанной и освоенной методики измерения удельного объемного сопротивления древесины, и, с другой стороны, представляет сложность вопрос о контакте ее в электрической измерительной установке.

Настоящая работа является попыткой дать метод измерения удельного объемного сопротивления древесины, который позволил бы детально изучить вопросы, связанные с электропроводностью ее.

Исходя из изложенного выше, автору, прежде чем приступить к измерению удельного объемного сопротивления, пришлось уделить много внимания методике измерений и детальному изучению электрического контакта древесины в электроизмерительной установке.

I. Описание установки и выбранной схемы

Для измерения удельного объемного сопротивления использована стандартная измерительная схема, предназначенная для испытания электроизоляционных материалов (ОСТ 40126). Указанная схема позволяет измерять удельное сопротивление двумя методами: методом непосредственного отклонения и методом зарядки конденсатора.

Схема установки приведена на рис. 1, где: Π_1 — переключатель, позволяющий менять направление тока в образце; R_1 — защитное сопротивление, предохраняющее гальванометр от случайного сильного тока; D — делитель напряжения; V — электростатический вольтметр;

Π_2 и Π_3 — переключатели, дающие возможность выключать ток и заземлять после измерения оба контакта образца; C — конденсатор, служащий для измерений методом зарядки конденсатора; K_1 и K_2 — рубильники конденсатора и гальванометра; E — универсальный шунт к гальванометру и Γ — зеркальный гальванометр типа М—21, имеющий чувствительность $0,6 \cdot 10^{-9}$ а/дел и период 4,1 сек.

Вся измерительная схема была смонтирована на алюминиевом заземленном листе, который обеспечивал экранировку схемы.

Питание электроизмерительной схемы производилось от селенового выпрямителя, собранного по схеме умножения напряжения, обеспечивающего изменение последнего от 1 до 1000 в при максимальном токе, равном 10 ма. Схема выпрямляющего устройства приведена на рис. 2, где: Tr — лабораторный автотрансформатор; C_1, C_2 и т. д. — конденсаторы; K — селеновые столбики.

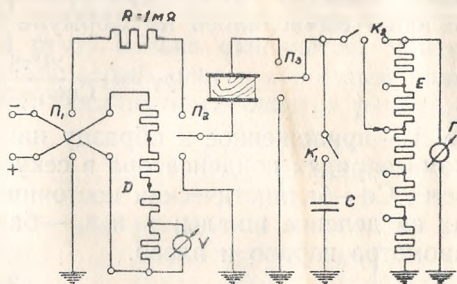


Рис. 1.

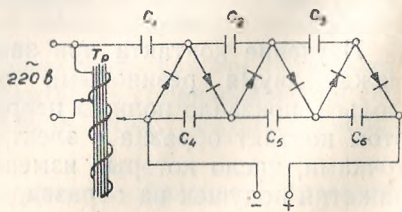


Рис. 2.

Так как исследуемые образцы имели вид прямоугольных пластин размером $5,5 \times 5,5 \times 0,5$ см, то вычисление удельного объемного сопротивления, измеренного методом непосредственного отклонения, производилось по формуле

$$\rho_v = \frac{2US}{Ci(\alpha_1 + \alpha_2)l},$$

где: U —напряжение, приложенное к образцу; Ci —чувствительность гальванометра к току при данной ступени универсального шунта; α_1 и α_2 —отклонения указателя гальванометра соответственно вправо и влево и l —толщина образца в см.

Метод зарядки конденсатора использовывался в том случае, когда приходилось измерять удельные сопротивления больше чем 10^{10} ом.см, при этом удельное объемное сопротивление вычислялось по формуле

$$\rho_v = \frac{2U\tau S}{Cq(\alpha_1 + \alpha_2)l},$$

где: U —приложенное к образцу напряжение в вольтах; τ —время зарядки конденсатора в секундах; S —площадь образца в см²; Cq —баллистическая постоянная гальванометра в кулонах на деление шкалы; α_1 и α_2 —баллистический отброс гальванометра вправо и влево.

II. Исследование контакта древесины в электрической схеме и проверка закона Ома

С целью отыскания наиболее стабильного контакта образцов в электроизмерительной схеме были поставлены опыты по изучению различных видов контактов, рекомендованных для слоисто-волокнистых материалов.

Самым простым способом нанесения токопроводящего контактного слоя на древесину является заштрихование ее поверхности обыкновенным мягким графитовым карандашом. Исследования данного контакта показали, что он является непостоянным и изменяется в зависимости от степени нажатия карандаша, от времени штриховки и качества применяемого графита. Нанесенный таким способом контакт может изменить ток, проходящий через образец, в два и более раз, кроме этого, сильное нажатие карандаша меняет толщину и структуру образца в поверхностном слое.

Изучение контакта при зажатии образца непосредственно между двумя резиновыми подушками, покрытыми слоем фольги, показало полную непригодность данного способа. При этом контакт образца с электродами происходит отдельными точками, число которых изменяется в зависимости от степени нажатия подушек на образец, что приводит к изменению (увеличению) тока, проходящего через образец. Оказывает влия-

ние также и предварительная подготовка поверхности образца, шлифовка и т. п.

Таким образом, рассмотренные способы контактирования древесины в электрической цепи не удовлетворяют требованиям и не могут применяться при измерении электропроводности древесины.

Проверка ртутных контактов, рекомендованных ОСТом и профессором Л. М. Перельгиным и применявшихся ранее при измерении электропроводности древесины Михайловым и Магельдиновым, также дала неудовлетворительные результаты.

При исследовании ртутных контактов сразу выяснилось, что проходящий через образец ток зависит от количества ртути, налитой в контактное и охранное кольца, кроме этого, после двух-трех измерений ртуть сильно окисляется, поверхность ее приобретает пепельно-серый цвет с огромным количеством хлопьев, что требует последующей очистки ртути путем фильтрования.

Основным недостатком ртутного контакта в применении к древесине, как показали исследования, является увеличение с течением времени тока, проходящего через образец. На рисунке 3 приведена кривая, показывающая, что за 30 минут, в течение которых производилось измерение удельного объемного сопротивления, оно изменилось почти в два раза.

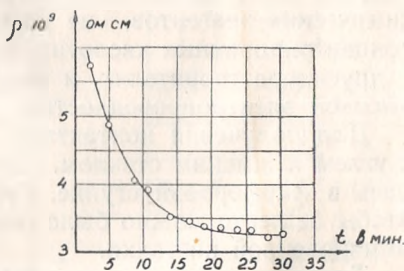


Рис. 3.

Следовало предположить, что уменьшение удельного объемного сопротивления вызвано диффузией ртути в древесину, однако взвешивание образца до опыта и после показало, что, наоборот, его вес уменьшился.

Анализируя поведение древесины в ртутных контактах, можно сделать заключение, что такие к измерению электропроводности древесины не подходят по следующим основным причинам:

1. Налитая в контактные кольца ртуть глубже погружает образец и тем самым меняет поверхность соприкосновения его с ртутью, что вызывает изменение тока, идущего через образец.

2. Наличие взаимодействия ртути с образцом приводит к тому, что ток становится стабильным через длительный про-

межуток времени. Это создает большие неудобства при массовых измерениях.

3. Контактные кольца трудно монтируются на образце.

4. Ртутными контактами невозможно пользоваться для измерения электропроводности при высоких температурах.

Перечисленные недостатки контактирования древесины в измерительной схеме вызвали необходимость найти такой материал для контакта, который удовлетворял бы следующим требованиям:

1) обеспечивал бы хорошее соединение с испытуемым образцом,

2) обладал бы весьма малым сопротивлением как в перпендикулярном, так и в параллельном образцу направлении,

3) выдерживал бы нагрев до 100—150°C.

Таким образом, необходимо было произвести ряд предварительных исследований, в результате которых была получена контактная краска, которая хорошо покрывала образец и не проникала в поры образца.

В качестве исходного материала для контактной краски был выбран графит по следующим соображениям: он отличается чрезвычайной стойкостью по отношению к действию химических реагентов, не растворяется ни в кипящих, ни в концентрированных кислотах, ни в расплавленных щелочах, ни в других растворителях, и вместе с тем обладает довольно высокой электропроводностью.

Для получения контактной краски графит смешивался с углем и жидким стеклом. Данная смесь тщательно растиралась в фарфоровой ступке. Густота смеси выбиралась такой, чтобы ее легко можно было наносить на образец при помощи обыкновенной кисточки.

Такая краска, как показали исследования, проникает в поры образца не более чем на 0,01 мм, что не может существенно отразиться на результатах измерений.

Измерения удельного сопротивления контактного слоя показали, что оно во всех направлениях одинаково и составляет в среднем $2,8 \cdot 10^4$ ом.см, что можно считать очень малой величиной по сравнению с удельным сопротивлением образцов.

Как показали исследования, контактная краска дает надежный и устойчивый контакт древесины в измерительной схеме по всей площади образца. Для проверки указанного положения краска наносилась и очищалась при помощи наждачной бумаги пять раз и каждый раз вычислялось объемное удельное сопротивление. Относительная ошибка при этом не превышала 2—3% от измеряемой величины.

В заключение следует сказать, что контактная краска удовлетворяет требованиям, предъявляемым к электрическим контактам, применяемым при измерении сопротивления изоляционных материалов.

Так как контактная краска наносилась на поверхность измеряемого образца, то значительно упростился вопрос включения и смены образцов при измерениях.

На рисунке 4 показано устройство контактных подушек (электродов), где 4—исследуемый образец; 3 и 5—резиновые подушки (электроды), покрытые слоем фольги; 6—парафиновая плита; 1, 2—груз, служащий для равномерного прижатия контактных подушек к образцу.

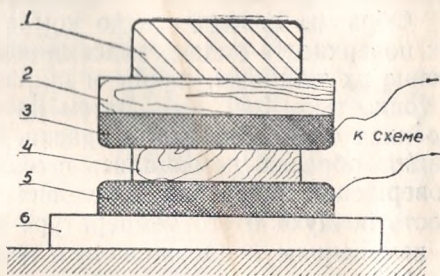


Рис. 4.

Чтобы ограничить электрическое поле в образце и избежать краевых явлений, контактные подушки взяты больших размеров, чем образец.

При использовании описанного способа включения образца в измерительную схему производилась проверка закона Ома при изменении напряжения от 1 до 1000 в. Результаты опыта сведены в график и показаны на

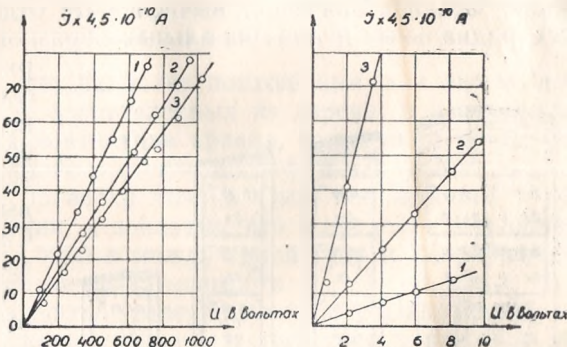


Рис. 5.

рисунок 5. Прямолинейная зависимость между напряжением, приложенным к образцу, и током, проходящим через образец, позволяет применить вышеприведенную схему и способ включения образца для измерения удельного объемного сопротивления.

III. Исследование зависимости удельного объемного сопротивления древесины сосны обыкновенной от расположения образца в стволе

Чтобы изучить, как изменяется удельное объемное сопротивление в зависимости от расположения образца в стволе, была взята сосна обыкновенная в возрасте 101 г., высотой 27,6 м при среднем диаметре на высоте 1,3 м, равном 41 см. Из данного древесного ствола были вырезаны 4 чурки: первая у комля, вторая на высоте 7 м, третья на высоте 14 м и четвертая на высоте 21 м. Чурки разделялись на бруски, из

которых вырезались образцы в виде прямоугольных пластин размером $5,5 \times 5,5 \times 0,5$ см, причем образцы вырезались по трем взаимно перпендикулярным направлениям — тангенциальном, радиальном и торцевом.

Образцы доводились до комнатно-сухого состояния, затем их поверхность подвергалась шлифовке и производилось измерение их толщины, длины и ширины при помощи микрометра с точностью $\pm 0,01$ мм. Затем на поверхность образцов наносился слой контактной краски. Все подвергаемые исследованию образцы помещались в эксикатор, где находились при совершенно индентичных условиях длительное время. Влажность воздуха и его температура в процессе подготовки их к изменениям поддерживались неизменными.

Измерение удельного объемного сопротивления производилось для комнатно-сухого состояния древесины при температуре 20°C .

Удельное объемное сопротивление ρ_v находилось, как среднее арифметическое из 10 измерений для данного направления. Средние значения, вычисленные отдельно для торцевых, радиальных и тангенциальных образцов, представлены на рис. 6, 7 и 8, где число, стоящее в рамочке, представляет собой удельное сопротивление образца, выраженное в *ом. см.* Сама рамочка соответствует месту в стволе, откуда взяты образцы А-1, А-2 и т. д., а числа 1, 2, 3, 4 соответствуют высоте, на которой вырезана чурка, причем А-1 соответствует комлевой части, а А-4 вершине.

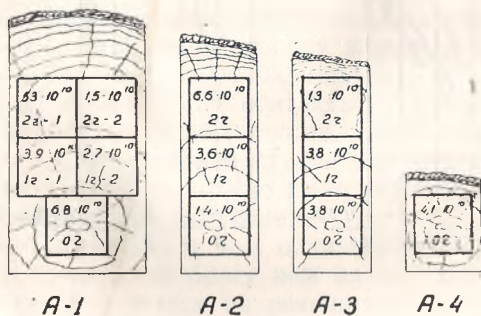


Рис. 6.

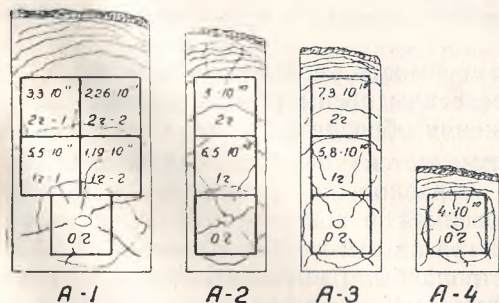


Рис. 7.

Анализируя полученные данные, можно сказать, что электропроводность древесины как в радиальном, так и в торцевом и тангенциальном срезах не имеет какого-либо закономерного изменения

как вдоль, так и поперек ствола.

Однако становится совершенно очевидным тот факт, что электропроводность древесины меняется от места к месту и для исследованной нами сосны не имеет постоянного закономерного изменения. Последнее позволяет высказать

предположение, что электропроводность зависит от расположения волокон и смоляных ходов в испытуемом образце. Наименьшей электропроводностью обладают образцы в торцевом направлении.

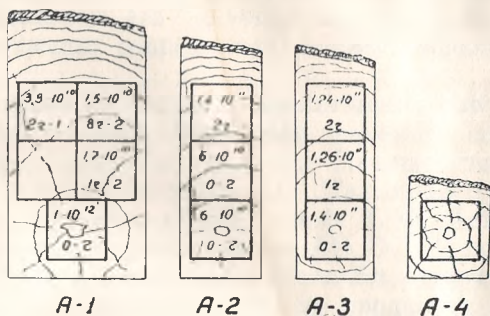


Рис. 8.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что наиболее подходящим контактом для включения образцов, изготовленных из дерева, в измерительную схему является контактная краска, полученная путем механической смеси жидкого стекла с графитом и углем.

2. Произведена проверка закона Ома, положенного в основу метода измерения, и показано, что в пределах изменения напряжения от 1 до 1000 в между силой тока и напряжением существует прямолинейная зависимость.

3. Электропроводность древесины сосны обыкновенной не зависит от расположения образца в древесном стволе как по высоте, так и по диаметру.