

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ШПАЛ

This article is about electrical resistance in treated wood. The given properties of wood have the large importance for the railway. Data confirms that the conductivity of TANALITH-E treated wood is somewhat higher than water treated wood. The relationship between wood moisture and electrical resistance is logarithmic, the practical differences due to treatment with preservatives do not appear to be significant. The electrical resistance of the impregnated wood is reduced, when the wood becomes physically damp, and contents of humidity in an external shell – more than 30 percents.

В настоящее время деревянные шпалы, используемые для прокладки железнодорожных рельсовых путей, пропитывают антисептическими маслами [1]. В Российской Федерации с этой целью используют каменноугольное масло, в Республике Беларусь большее распространение получило сланцевое масло. К достоинствам пропиточных масел следует отнести высокую токсичность по отношению к биоразрушителям, невымываемость, негигроскопичность. Они не снижают механическую прочность древесины, не вызывают коррозию металлов. Благодаря указанным свойствам масла широко используются для консервирования древесины в сооружениях, эксплуатирующихся на открытом воздухе [2].

Антисептические масла в Республике Беларусь не производятся. Поэтому для нашей страны актуальной является задача поиска новых эффективных средств для защиты древесины в производстве шпал. Перспективным заменителем сланцевого масла может стать водорастворимый антисептик TANALITH-E, производимый в Великобритании. Это – многокомпонентное защитное средство, содержащее соли меди и органические биоциды. После введения в древесину TANALITH-E, вследствие химических превращений, теряет растворимость и не вымывается из шпал при последующей эксплуатации.

Первоначальная растворимость защитного средства TANALITH-E в воде дает основание предположить, что оно может уменьшить электрическое сопротивление пропитанной древесины. Это было бы крайне нежелательно. Дело в том, что составной частью средств автоматики и телемеханики, регулирующих и обеспечивающих безопасность движения поездов, являются рельсовые цепи. Проводниками тока в этих цепях служат рельсовые нити железнодорожного пути. Таким образом, шпалы выполняют не только механическую работу, связанную с пропуском поездов, но и функцию электроизоляторов рельсов от земли, являясь частью балласта. Значительное снижение электрического сопротивления шпал может повлечь за собой снижение изоляционных свойств балласта, а следовательно, воз-

никновение перебоев в работе рельсовых цепей, что может привести к серьезным последствиям. С учетом сказанного были выполнены сравнительные измерения электропроводности древесины, пропитанной сланцевым маслом и защитным средством TANALITH-E.

Измерение объемного и поверхностного сопротивления древесины производили по ГОСТ 18408-73 [3]. В соответствии с этим стандартом было изготовлено измерительное устройство, состоящее из измерительного, охранного и высоковольтного электродов. Схемы электродов представлены на рис. 1. Для измерения сопротивлений в диапазоне от 10^8 Ом использовали мегомметр Е6-10, свыше 10^8 Ом – тераомметр ЕК6-7.

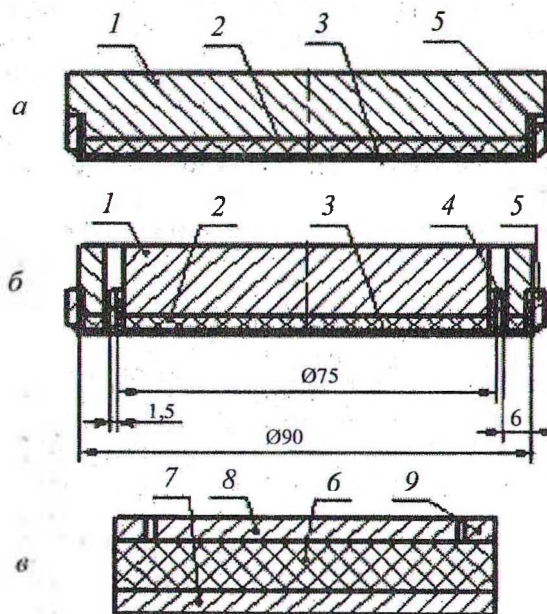


Рис. 1. Схемы электродов:
 а – высоковольтный электрод;
 б – измерительный и охранный электроды;
 в – расположение образца древесины между электродами; 1 – металлический держатель электрода; 2 – резиновая прокладка (твердость 0,5 МПа); 3 – металлическая фольга (толщина от 0,005 до 0,020 мм); 4 – фторопластовое кольцо; 5 – металлическое кольцо; 6 – образец древесины; 7 – охранный электрод; 8 – измерительный электрод; 9 – высоковольтный электрод

Образцы изготавливали из древесины сосны и ели, что соответствует породному составу сырья Борисовского ШПЗ. Они имели форму пластин толщиной 3 мм. Диаметр образцов соответствовал диаметру электродов и составлял 75 мм. При изготовлении образцов учитывали структурные направления древесины для последующего измерения сопротивления в радиальном, тангенциальном направлениях и вдоль волокон.

Пропитку образцов водным раствором на основе защитного средства TANALITH-E осуществляли способом вакуум-давление-вакуум на лабораторной установке, состоящей из автоклава, вакуумного насоса, баллона и компрессора. Глубина начального и конечного вакуума составляла 0,085 МПа. Рабочее давление – 0,9 МПа. Начальная влажность образцов – 7%. Температура пропиточного состава – 20°C. Среднее поглощение антисептика составило для сосновых радиальных образцов – 11,6 кг/м³; для сосновых тангенциальных – 16,3 кг/м³; для сосновых торцевых – 15,6 кг/м³; для еловых – 11,2 кг/м³. После пропитки измеряли объемное и поверхностное сопротивление древесины. В дальнейшем образцы выдерживали при комнатной температуре и по мере их высыхания повторяли измерение. В результате были получены зависимости электрического сопротивления древесины от влажности.

Пропитку образцов сланцевым маслом осуществляли в промышленных условиях. Среднее поглощение составило для сосновых радиальных образцов – 98,6 кг/м³; для еловых – 118,2 кг/м³. После определения сопротивления образцы подвергались увлажнению путем их

выдержки в воде. По мере увлажнения образцов измерение повторяли.

Удельное объемное сопротивление образца вычисляли по формуле

$$\rho_v = \pi \cdot \frac{D_0^2}{4 \cdot t} \cdot R_v, D_0 = \frac{d_1 + d_2}{2}, \text{ Ом},$$

где D_0 – средний диаметр, см; t – толщина образца, см; R_v – объемное сопротивление, Ом; d_1 – диаметр измерительного электрода образца, см; d_2 – внутренний диаметр охранного электрода образца, см.

Удельное поверхностное сопротивление образца вычисляли по формуле

$$\rho_s = \pi \cdot \frac{D_0^2}{g} \cdot R_s, \text{ Ом},$$

где g – ширина зазора между измерительными и высоковольтным электродами образца, см; R_s – поверхностное сопротивление, Ом.

Результаты выполненных измерений и расчетов удельного объемного и поверхностного сопротивления отдельных образцов непропитанной древесины, а также древесины, пропитанной защитным средством TANALITH-E и сланцевым маслом, представлены на рис. 2, 3 в виде графических зависимостей логарифма удельного сопротивления от влажности древесины $\lg \rho_v = f(W)$, $\lg \rho_s = f(W)$. Там же приведены уравнения, позволяющие рассчитать удельное сопротивление древесины при любом значении влажности. Расчетные значения удельного сопротивления древесины, полученные для различных значений влажности в диапазоне от 20 до 100% обобщены в таблице.

Таблица

Удельное сопротивление древесины

| Анти-септик | Порода | Структурное направление | Объемное сопротивление, Ом · см · 10 ⁻⁶ | | | | | | Поверхностное сопротивление, Ом · 10 ⁻⁶ | | | | | |
|-----------------|--------|-------------------------|--|------|------|------|------|------|--|-------|------|------|------|------|
| | | | 20 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 | 20 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Нет | Ель | Радиальное | 46,8 | 12,9 | 8,00 | 6,3 | 6,0 | 6,0 | 253,0 | 45,7 | 23,8 | 16,8 | 16,0 | 15,9 |
| | Сосна | | 80,9 | 17,5 | 10,1 | 7,7 | 7,5 | 7,4 | 636,0 | 81,2 | 32,2 | 17,6 | 15,6 | 15,2 |
| Сланцевое масло | Ель | Радиальное | 69,1 | 37,5 | 32,8 | 31,7 | 31,6 | 31,6 | 285,0 | 97,7 | 71,6 | 63,8 | 63,2 | 63,1 |
| | Сосна | | 101,0 | 33,4 | 24,0 | 21,2 | 20,9 | 20,9 | 290, | 105,0 | 79,1 | 71,4 | 70,8 | 70,8 |
| TANALITH-E | Ель | Радиальное | 2670,0 | 194 | 44,4 | 12,2 | 8,2 | 7,2 | 2140,0 | 195,0 | 53,8 | 18,5 | 13,6 | 12,5 |
| | | Радиальное | 593,0 | 50,1 | 14,7 | 5,9 | 4,8 | 4,6 | 806,0 | 91,3 | 34,1 | 17,9 | 15,7 | 15,2 |
| | Сосна | Тангенциальное | 159,0 | 25,5 | 12,5 | 8,5 | 8,0 | 7,9 | 292,0 | 47,2 | 22,7 | 15,0 | 14,0 | 13,8 |
| | | Вдоль волокон | 258,0 | 21,0 | 6,32 | 2,7 | 2,2 | 2,1 | 431 | 52,3 | 22,3 | 13,8 | 12,8 | 12,6 |

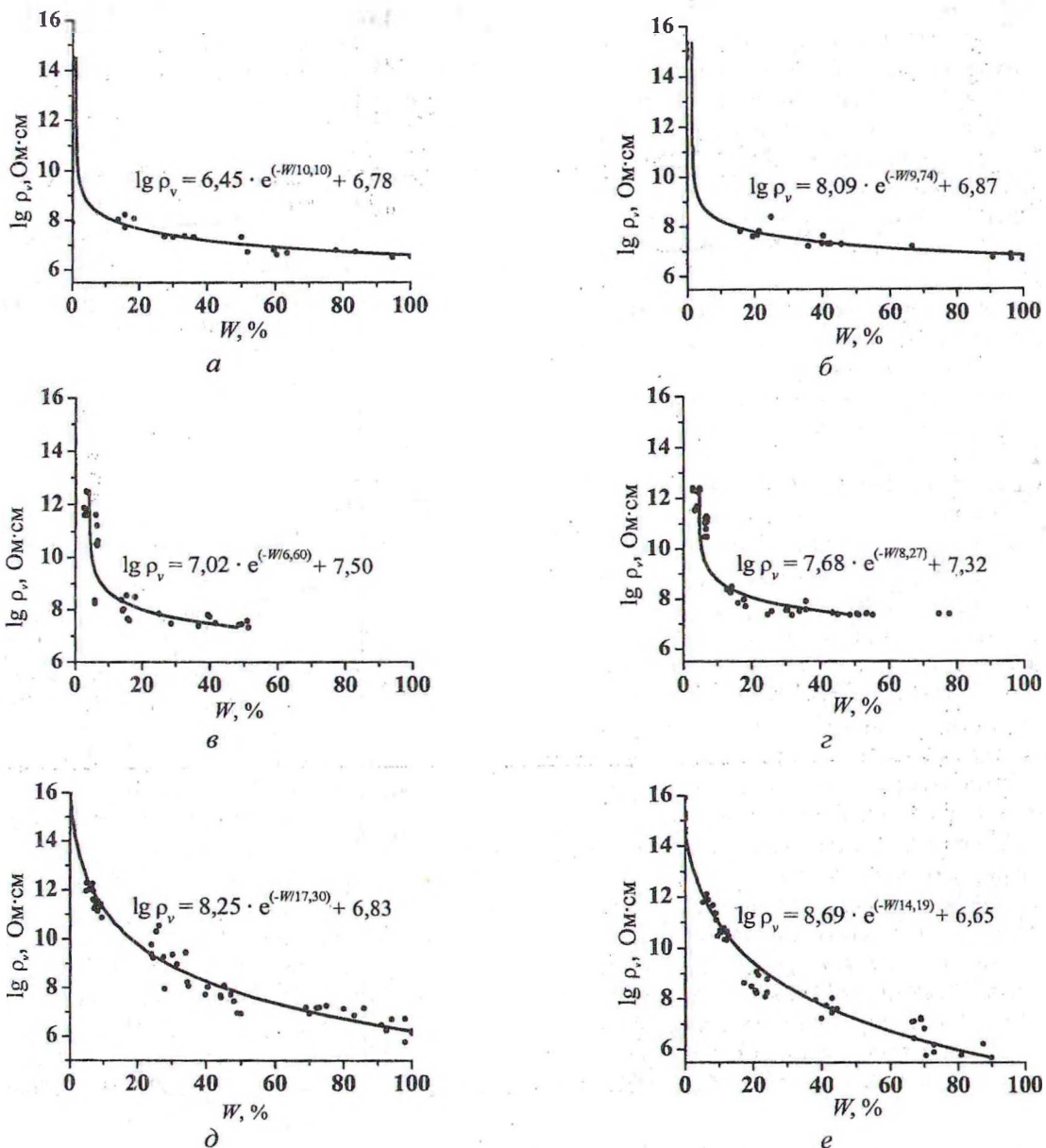


Рис. 2. Зависимость удельного объемного сопротивления древесины от влажности:

а, б, в – древесина ели (радиальный срез); б, г, е – сосна (радиальный срез); а, б – непропитанная древесина; в, г – древесина, пропитанная сланцевым маслом; д, е – защитным средством TANALITH-E (конц. 2,2%)

Анализ экспериментальных данных показывает, что пропитка древесины сланцевым маслом увеличивает удельное объемное сопротивление в 1,5–5,2 раза в зависимости от влажности. Удельное поверхностное сопротивление при этом увеличивается в 2,5–4,7 раза. Пропитка древесины защитным средством TANALITH-E изменяет ее сопротивление неоднозначно. В области небольших значений влажности (от 30% и менее) оно позволяет получить такое же или более высокое сопротивление древесины, как и сланцевое масло. По сравнению с непропитанной древесиной TANALITH-E увеличивает удельное объемное сопротивление древесины в 1,5–7,3 раза, удельное поверхностное сопротивление – в 1,2–1,3 раза. Однако при влажности древесины 40–100% электрическое сопротивление

древесины, пропитанной этим защитным средством, заметно уменьшается и становится сопоставимым с сопротивлением непропитанной древесины.

Увеличение влажности непропитанной древесины, а также древесины, пропитанной обоими исследованными защитными средствами, вызывает сильное снижение удельного сопротивления. При этом снижение происходит при возрастании влажности до 60%. Дальнейшее увлажнение практически не изменяет ни один из показателей электрического сопротивления. Удельное объемное сопротивление непропитанной древесины с увеличением влажности от 20 до 60% снижается в 7,5–10,5 раза, древесины, пропитанной сланцевым маслом, – в 2,2–4,8 раза, составом TANALITH-E – более чем в 1,5–3,0 раза.

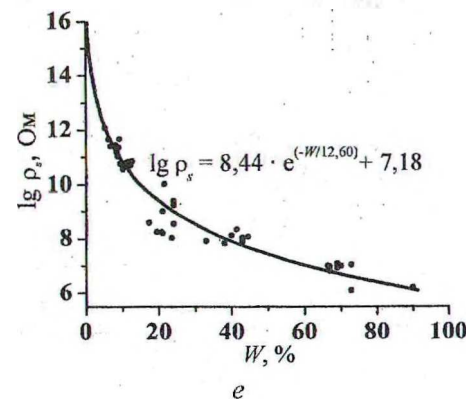
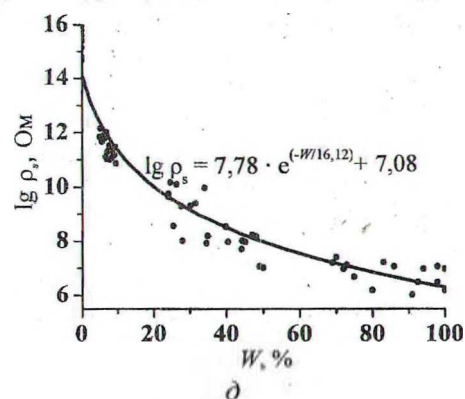
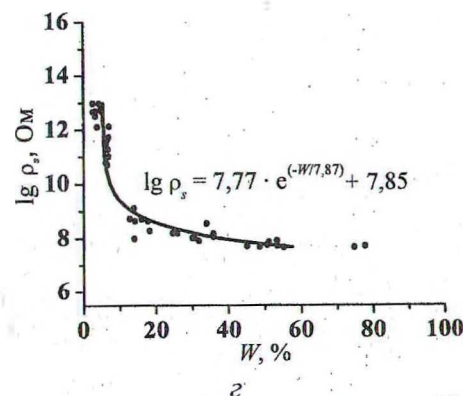
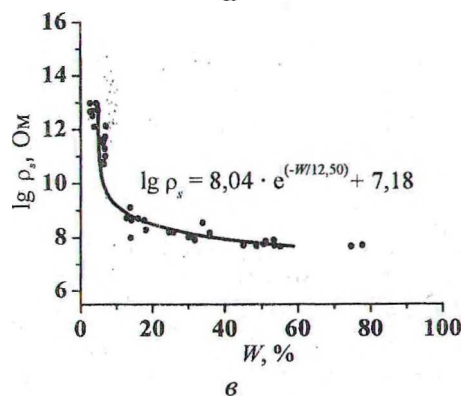
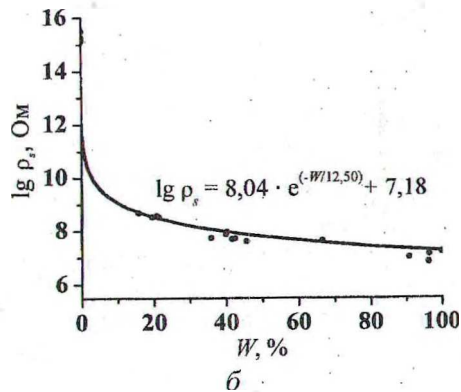
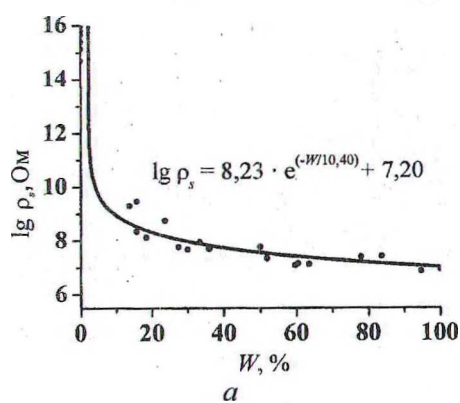


Рис. 3. Зависимость удельного поверхностного сопротивления древесины от влажности:
 а, б, в – древесина ели (радиальный срез); б, г, е – сосна (радиальный срез);
 а, б – непропитанная древесина; в, г – древесина, пропитанная льняным маслом;
 д, е – защитным средством TANALITH-E (концентрация 2,2%)

Различия удельного электрического сопротивления древесины сосны и ели, а также древесины сосны в разных структурных направлениях носят неоднозначный характер и не позволяют выявить каких-либо закономерностей.

Выводы

1. Проведены измерения удельного объемного и поверхностного сопротивления древесины ели и сосны, пропитанной льняным маслом и защитным средством TANALITH-E, в сравнении с непропитанной древесиной.

2. Получены математические уравнения, позволяющие рассчитать удельное объемное и поверхностное сопротивление пропитанной и непропитанной древесины в зависимости от влажности.

3. Установлено, что TANALITH-E увеличивает электрическое сопротивление древе-

сины в диапазоне влажности до 40%. При более высоких ее значениях сопротивление древесины, пропитанной этим защитным средством, мало отличается от сопротивления непропитанной древесины.

Литература

- ГОСТ 20022.0-82 Защита древесины. Классификация. – Введ. 01.07.1981. – М.: Издательство стандартов, 1980.
- Серговский П. С., Расев А. И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1987.
- ГОСТ 18408-73 Древесина. Методы определения электрических сопротивлений при постоянном напряжении. – Введ. 01.01.1974. – М.: Издательство стандартов, 1974.