

ВЫБОР МЕТОДА КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ПЛОСКИХ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

Коренев В.Д., Филь А.В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

кафедра электронной техники

E-mail: kaf-et@kita.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Korenev V.D., Fil A.V. The method of timber board humidity's control is chosen. The mechanisms of timber moistening are considered. The connection of timber humidity and polarization while enclosing of outside electric field is shown. The contribution of possible kinds of timber polarization as dielectric in a general polarity is analyzed. Capacitive method for determination of timber board humidity is chosen.

Постановка задачи. В деревообрабатывающей промышленности на определенном этапе технологического процесса необходимо знать такие параметры объекта обработки, как плотность, влажность, температуру. Точные значения этих параметров определяют способы его хранения, особенность обработки материала объекта, возможность его транспортировки и т.д.

Влажность древесины является определяющим параметром качества материала объекта обработки и зависит от плотности материала и его температуры. Недопустима обработка материала с завышенным (либо заниженным) значением влажности. При отклонении влажности материала от нормы могут возникнуть непредусмотренные внутренние напряжения конструкции и изменение зазоров между сопрягаемыми деталями изделия. А это — брак и, как следствие, непригодность изделия к эксплуатации. Для точного определения влажности древесины необходимо иметь информацию о плотности древесины и ее температуре. Деревообрабатывающие предприятия обычно работают с сертифицированными материалами, плотность которых известна и изменяется в узком диапазоне. Поэтому требуется создать прибор, способный измерять влажность и температуру образца древесины при известном значении его плотности.

Разработка влагомера древесины требует решения ряда взаимосвязанных вопросов технологического и технического характера. Необходимость измерения влажности определяется, прежде всего, технологическими требованиями деревообработки. С другой стороны, результат измерения влажности служит информационным параметром системы управления технологическим процессом. Поэтому эффективное решение вопросов влагометрии древесины в производственных условиях возможно лишь при согласовании параметров и свойств разрабатываемого влагомера с технологическими особенностями производства.

По условиям технологического процесса создаваемый прибор должен обеспечивать измерение влажности древесины в диапазоне (5...20)% влажности при изменении температуры древесины от 10 до 40 °С; погрешность измерения не должна превышать (0,5...1)% влажности; плотность пород древесины: хвойные ($\gamma_0=0,4...0,5 \text{ г/см}^3$), дуб ($\gamma_0=0,65...0,77 \text{ г/см}^3$). При проведении измерения влажности, образец плоской древесной плиты не должен быть поврежден.

Общие положения. Из большого числа существующих параметров оценки влажности древесины в деревообработке применяют только одно, называемое абсолютной влажностью[1]:

$$W = \frac{m_6}{m_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m_6 — масса влаги в образце; m_0 — масса образца в сухом состоянии.

В древесине вода одновременно находится в нескольких состояниях. Увлажнение древесины до (5...6)% протекает благодаря адсорбционно связанной воде мономолекулярного слоя. Дальнейшее равномерное увлажнение происходит путем наращивания на этот первый слой других слоев адсорбционно связанной влаги. При влажности порядка 12%, полимолекулярная адсорбция завершается. Энергия связи молекул воды каждого последующего слоя с древесиной уменьшается. Дальнейшее увлажнение до точки насыщения волокна ($W_{нас} = 30\%$) происходит за счет заполнения капилляров древесины. Эта влага называется капиллярно-связанной. При увлажнении за пределы точки насыщения волокна появляется свободная влага, которая слабо связана с древесиной и может быть выдавлена, например, прессом или центробежными силами [2]. Сильно связаны с влажностью древесины ее диэлектрические параметры и, благодаря этому, они могут служить источником информации о количестве влаги в материале. Влажную древесину рассматривают как полярный диэлектрик. Одно из важнейших свойств влажной древесины — способность к поляризации. Явление поляризации сводится к изменению расположения в пространстве электрически заряженных частиц веществ, образующих древесину, под действием внешнего электрического поля. Таким образом, во внешнем электрическом поле рассматриваемый объем древесины приобретает некоторый электрический момент \vec{P} , равный геометрической сумме моментов поляризации молекул вещества \vec{p} , входящих в состав рассматриваемого объема.

Известно [3], что древесина является линейным диэлектриком, для которого поляризованность (приобретенный электрический момент) связана с напряженностью \vec{E} внешнего электрического поля зависимостью:

$$\vec{P} = \chi \varepsilon_0 \vec{E}, \quad (2)$$

где χ — диэлектрическая восприимчивость материала древесины; ε_0 — электрическая постоянная ($\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{м}$).

Количественно, способность вещества к поляризации оценивается его относительной диэлектрической проницаемостью ε' , которая является безразмерной величиной. Произведение $\varepsilon_0 \cdot \varepsilon'$ называется абсолютной диэлектрической проницаемостью. Связь между относительной диэлектрической проницаемостью и диэлектрической восприимчивостью χ выражается в виде:

$$\varepsilon' = 1 + \chi. \quad (3)$$

Поляризованность \vec{P} является результатом проявления различных видов поляризации, свойственных древесине: электронной, ионной, дипольно-релаксационной, миграционной, электролитической. Электронная поляризация возникает при смещении электронных орбит относительно положительно заряженного ядра. Она устанавливается за очень короткий промежуток времени после наложения электрического поля ($10^{-14} \dots 10^{-16}$)с и практически не зависит от частоты поля, температуры и не связана с потерей энергии. Ионная поляризация возникает вследствие упругого смещения разноименно заряженных ионов относительно друг друга; с повышением температуры она возрастает; устанавливается за время ($10^{-12} \dots 10^{-13}$)с. Дипольно-релаксационная поляризация заключается в повороте дипольных молекул в направлении внешнего электрического поля; она устанавливается за время ($10^{-6} \dots 10^{-13}$)с. Миграционная по-

ляризация появляется из-за того, что влажная древесина представляет собой композицию веществ, находящихся в разных агрегатных состояниях (твердая, жидкая, газообразные фазы) и имеющих различные свойства; постоянная времени миграционной поляризации составляет $(10^{-8} \dots 10^{-13})$ с. Электролитическая поляризация является результатом электролиза и диссоциации ионов жидкой фазы древесины, нарастает медленно при мгновенном наложении электрического поля и устанавливается за $(10^{-4} \dots 10^2)$ с [4].

Общую поляризованность древесины можно рассматривать как сумму 2-х составляющих: мгновенной и релаксационной. Мгновенная составляющая незамедлительно следует за изменением напряженности электрического поля и объединяет электронную и ионную поляризации, протекающие одновременно в атомах и молекулах всех компонентов древесины (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, свободной и связанной воды и т.п.). Они связаны не только с влажностью, но и с веществом самой древесины. Дипольная, миграционная и электролитическая поляризации образуют релаксационную составляющую, которая нарастает значительно медленнее во времени. Кроме того, дипольная, миграционная и электролитическая поляризации возникают в древесине из-за наличия в ней влаги и наиболее чувствительны к изменению влажности древесины. Поэтому для измерения влажности древесины рационально использовать именно эти виды поляризации.

Для древесины, как диэлектрика, в котором проявляются различные виды поляризации, предложена эквивалентная электрическая схема, приведенная на рис.1.

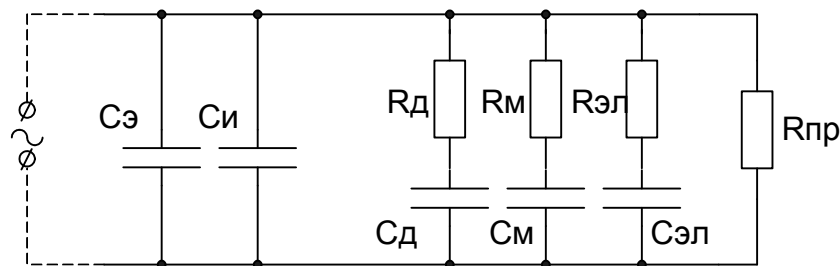


Рисунок 1 — Эквивалентная электрическая схема диэлектрических свойств древесины

На рис.1: $C_э, C_и, C_д, C_м, C_эл$ – емкости, соответствующие механизмам электронной, ионной, дипольно-релаксационной, миграционной и электролитической видам поляризации, соответственно; $R_д, R_м, R_эл$ – сопротивления, моделирующие потери энергии при дипольной, миграционной и электролитической поляризации; $R_{пр}$ – сопротивление току сквозной электропроводимости.

На разных частотах внешнего электрического поля, разные виды поляризации проявляют себя по-разному и вносят неодинаковый вклад в общую поляризованность древесины. На малых частотах поля, когда длина волны велика, проявляются все виды поляризации: мгновенная поляризация, слабо чувствительная к изменению влажности, и медленно нарастающая релаксационная. С увеличением частоты поля вклад дипольной и миграционной поляризаций в общую поляризованность древесины растет и на высоких частотах их вклад значительно превышает вклад мгновенной. При этом влияние электролитической поляризации подавляется. Это говорит в пользу применения высоких частот при измерении влажности древесины. Кроме того, на высоких частотах в эквивалентной схеме растут емкости $C_м, C_д, C_эл$ и уменьшаются сопротивления потерь. Поэтому при определении влажности древесины следует отдать предпочтение измерению диэлектрической проницаемости, а не измерению потерь.

Методы определения влажности плоских древесных плит. Методы измерения влажности делятся на прямые и косвенные. В прямых методах производится непосредственное разделение материала на сухое вещество и влажное. В косвенных методах измеряется величина функционально связанная с влажностью материала. Косвенные методы требуют предварительной градуировки с целью установления зависимости между влажностью материала и измеряемой (вторичной) величиной.

К прямым относятся: метод высушивания и дистилляционный метод.

Сущность метода высушивания заключается в воздушно тепловой сушке образца древесины до достижения равновесия с окружающей средой, что условно считается равноценным полному удалению влаги. На практике применяется высушивание до постоянного веса. Этому методу присущи следующие методические погрешности:

- при высушивании, наряду с потерей гигроскопической влаги, происходит потеря летучих веществ;
- прекращение сушки соответствует не полному удалению влаги из древесины, а равновесию давления водяных паров в образце и водяных паров в воздухе;
- древесина относится к коллоидным материалам, а удаление связанной влаги в коллоидных материалах невозможно без разрушения коллоидной частицы и не достигается при высушивании;
- в результате сушки в древесине образуется водонепроницаемая корка, которая препятствует удалению влаги.

Таким образом, высушивание представляет собой метод, которым определяется не истинное значение влажности, а некоторая условная величина, близкая к ней.

При использовании дистилляционных методов исследуемый образец прогревается в сосуде с определённым количеством жидкости, не смешивающиеся с водой (бензол, толуол, ксилол, минеральное масло и т.д.) до температуры кипения этой жидкости. Вода испаряется и ее пары, проходя через холодильник, конденсируются в измерительном сосуде, где измеряется объём или масса воды.

Дистилляционному методу свойственны следующие недостатки:

- капли воды, остающиеся на стенах холодильника и трубок, приводят к погрешности определения влажности;
- применяемые растворители огнеопасны.

Прямые методы, несмотря на их недостатки, используются для градуировки влагомеров.

При использовании косвенных методов оценка влажности материала производится по измерению его свойств, однозначно связанных с влажностью. Особенность косвенных методов состоит в возможности измерения локальной влажности образца, что невозможно обеспечить методом высушивания. Известны следующие косвенные методы измерения влажности древесины: оптические, электрофизические, механические, радиометрические и комбинированные. В деревообработке применяют в основном два первых.

В оптических методах используют зависимости коэффициента отражения от влажности древесины на частотах ИК-диапазона (длина волны излучения $\lambda=(0,3...30)\mu\text{м}$). Основное достоинство этого метода — его дистанционность. К недостаткам можно отнести: малую глубину проникновения ИК-излучения в древесину (1...5мм) и необходимость тщательного ухода за оптикой в условиях запыленных деревообрабатывающих цехов.

Электрофизические методы определения влажности основаны на измерении электрофизических параметров древесины и подразделяются на кондуктометрический и диэлькометрический. При использовании кондуктометрического метода измеряют

активную составляющую электрического сопротивления или проводимости образца, а диэлькометрического метода — диэлектрическую проницаемость ϵ или тангенс угла диэлектрических потерь — $\operatorname{tg}\delta$ [1]. Точность этих методов определяется степенью корреляционной связи электрофизических параметров с влажностью образца и степенью воздействия на них влияющих величин: плотности, анизотропии и температуры древесины и др. При надлежащей компенсации этих помех точность электрофизических методов соответствует требованиям производства.

Кондуктометрический метод применяют в основном для измерения влажности пиломатериалов. При его применении в исследуемый образец вдавливают (вбивают) конусообразные электроды датчика, что вызывает дефект образца и непригодность его к дальнейшему использованию. Для контроля влажности плоских древесных плит более пригоден диэлькометрический метод, не приводящий к повреждению образца. В зависимости от контролируемого параметра (ϵ или $\operatorname{tg}\delta$) и значения влажности, этот метод, в свою очередь, подразделяется на емкостный метод и метод диэлектрических потерь. В обоих случаях применяют конденсаторные датчики [5].

На основании результатов анализа, выполненного выше, можно сделать вывод о том, что для измерения влажности плоских древесных плит следует выбрать емкостной метод, так как он предполагает измерение диэлектрической проницаемости древесины — параметра, более чувствительного к изменению влажности древесины на высоких частотах, чем сопротивление потерь. Кроме того, емкостный метод измерения влажности имеет следующие дополнительные достоинства [2]:

- наиболее быстродействующий из всех методов определения влажности, что позволяет создать влагомеры для экспресс-контроля влажности;
- позволяет производить измерения без разрушения образца;
- позволяет автоматизировать процесс измерения влажности.

Выводы.

1. Показано, что в деревообрабатывающей промышленности для предупреждения брака изделий необходим оперативный контроль влажности исходного материала. Установлено, что влажность древесины зависит от плотности древесного вещества, его породы, температуры и влажности окружающей среды.

2. Рассмотрены механизмы увлажнения древесины до точки насыщения волокна; установлена связь влажности с поляризованностью древесины, как диэлектрика, при наложении внешнего электрического поля; проанализирован вклад возможных видов поляризации в общую поляризованность древесины на разных частотах внешнего электрического поля.

3. Проанализированы существующие методы измерения влажности древесины; предложено определять влажность плоских древесных плит по результатам измерения диэлектрической проницаемости емкостным методом.

Литература

1. Музалевский В.И. Измерение влажности древесины. — М.:1976. — 119 с.
2. Берлинер М.А. Электрические измерения, автоматический контроль и регулирование влажности. — 2-е изд., доп. и переработ. — М.-Л.: Энергия, 1965. — 488 с.
3. Тареев Б.М. Физика диэлектрических материалов. — М.: Энергоиздат, 1982 — 320 с.
4. Торговников Г.И. Диэлектрические свойства древесины. — М.: Изд-во Леспром, 1986 — 127 с.
5. Музалевский В.И. Комбинированные емкостные преобразователи влажности листовых материалов//Измерительная техника 1972. — №1. — С. 73–74