

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБЛАСТИ ВЛАГОМЕТРИИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В. С. РОЙФЕ*, А. С. ЗАПОРОЖЕЦ**

* Научно-исследовательский институт строительной физики,
Москва, Россия, e-mail: roife@mail.ru

**Уральский научно-исследовательский институт метрологии,
Екатеринбург, Россия

Рассмотрены метрологические аспекты строительной влагометрии и возможность осуществления поверки диэлькометрических влагомеров с помощью имитаторов стандартных образцов состава и свойств веществ.

Ключевые слова: влагометрия, диэлькометрический метод.

The metrological aspects of building materials moisture metering and the possibility of dielkometric hydrometers verification using CO-simulators are considered.

Key words: moisture metering, dielkometric method.

В последние годы в строительной отрасли появились новые технологии производства и типы материалов, изделий и конструкций, прогрессивные способы ведения различных строительных работ. Одновременно с этим существенно повысились требования к теплозащите ограждающих конструкций зданий и сооружений [1].

Влажность является одним из основных факторов, влияющих на технологические, потребительские, эксплуатационные и другие свойства материалов, изделий и конструкций в целом. Наряду с традиционным прямым методом определения влажности строительных материалов [2] известно большое число косвенных физических, химических и других методов измерений и контроля влажности, описанных в технической литературе, например [3, 4]. В строительстве нашли практическое применение лишь два метода: радиационный (нейтронный) и электрический [5], который правильнее называть электрофизическим, так как он основан на зависимостях электрофизических свойств материалов

(удельной электропроводности, диэлектрических проницаемости и диэлектрических потерь от их влажности).

Основными достоинствами электрофизических методов являются:

универсальность применения (полевые, лабораторные, производственные условия);

возможность выбора конструкции первичного преобразователя (датчика) в зависимости от агрегатного состояния контролируемого вещества;

выполнение измерений и контроля влажности практически мгновенно и непосредственно в изделиях и конструкциях без нарушения их целостности;

возможность регулирования зоны контроля датчика;

отсутствие необходимости защиты человека от вредных биологических воздействий.

Измерительные приборы (влагомеры), используемые в данных методах, портативны (за исключением СВЧ-влагомеров), имеют автономное питание, просты в обращении и не требуют специального обучения или инструктажа.

По характеру измеряемого датчиком параметра влагомеры принято делить на два класса: кондуктометрические и диэлькометрические. Кондуктометрические влагомеры работают в диапазоне частот от нуля до нескольких сотен килогерц и измеряемым параметром является удельная электропроводность или обратная ей величина – удельное сопротивление. Диэлькометрические – в диапазоне от единиц мегагерц до сверхвысоких частот, измеряемым параметром при этом служит диэлектрическая проницаемость или диэлектрические потери. Принятая классификация достаточно условна, поскольку в общем случае измеряется полная (комплексная) проводимость контролируемого вещества, содержащая активную и реактивную составляющие, в которые входят все перечисленные выше электрофизические свойства.

По имеющимся данным наибольшее распространение в строительной отрасли (несколько тысяч приборов) в предыдущие годы получил первый отечественный влагомер строительных конструкций и материалов типа ВСКМ-12 [6] (завод «Манометр» Минприбора СССР). В дальнейшем модификация этого прибора ВСКМ-12У послужила прототипом для множества других моделей влагомеров, изготавливаемых в настоящее время российскими производителями.

В связи с требованиями практики номенклатура материалов, используемых в строительстве, чрезвычайно разнообразна и постоянно расширяется. Широко используются монолитные сыпучие, волокнистые, композиционные и др. виды материалов. С этим и связана одна из проблем разработки, выпуска и метрологического обеспечения рабочих средств измерения влажности. Она заключается, с одной стороны, в экономической нецелесообразности выпуска семейства однотипных влагомеров частного применения, например, один для древесины, другой для бетонов, третий для песков и т. д. С другой стороны, выпуск универсального влагомера, решающего большинство практических задач, требует разработки базовой модели, комплектуемой в зависимости от нужд потребителя разными датчиками, комплектами градуировочных зависимостей и методикой проведения измерений.

Примером таких приборов служат универсальные влагомеры типа МГ-4 и ВИМС, комплектуемые компланарными датчиками для измерений влажности твердых строительных материалов и пиломатериалов, коаксиальными и зондовыми для измерений влажности сыпучих строительных материалов.

Основной тенденцией в развитии влагометрии последних лет является разработка многофункциональных приборов, позволяющих одновременно определять несколько показателей качества.

Таким является экспресс-измеритель ИВТП-12 утвержденного типа, разработанный в научно-исследовательском институте строительной физики (НИИСФ). Достоинством этого прибора является не только возможность измерения влажности монолитных и сыпучих материалов с применением одного датчика, но и измерения теплопроводности твердых строительных материалов и изделий. Этот прибор не имеет мировых аналогов [7] и позволяет в натурных условиях в течение 1 – 2 мин получить достоверную информацию о теплозащитных качествах строительных изделий, без теплового воздействия и нарушения их целостности.

В то же время в различных организациях и на предприятиях строительного профиля России и других стран СНГ находится достаточно большое число влагомеров разных типов и годов выпуска, отечественного и импортного производства, отличающихся друг от друга областью применения, техническими и метрологическими характеристиками, степенью метрологического обеспечения, а также стоимостью.

В ряде случаев метрологические характеристики импортных приборов не подтверждаются при их испытаниях или калибровках, проводимыми организациями метрологических служб и имеют фактические метрологические характеристики хуже отечественных аналогов. Также следует отметить, что у большинства таких влагомеров, поставляемых в Россию различными посредническими фирмами, как правило, отсутствует метрологическое обеспечение, несмотря на формально существующую систему сертификации отечественной и импортной продукции. Такое положение объясняется недостаточной компетенцией или недобросовестностью отдельных разработчиков, изготовителей и посредников, не заинтересованных в доведении до конечного потребителя объективной информации.

Анализируя современное состояние строительной влагометрии, можно констатировать, что в ключевом вопросе, связанном со спецификой строительных материалов, как объекта измерения влажности, мало что изменилось за последние годы.

Напомним, что большинство строительных материалов во влажном состоянии является проводниками второго рода, т.е. неоднородными диэлектриками с ионным характером электропроводности, обусловленным наличием в материале различных минеральных солей и электролитов. Диэлектрическая проницаемость материала не зависит от концентрации солей и электролитов в воде, в то время как на электропроводность этот фактор оказывает влияние, превалирующее над влиянием влажности. Именно по этой причине кондуктометрический метод измерения влажности, в котором информативным параметром является электропроводность материала, малопригоден в строительной влагометрии. По этой же причине во влагомерах, реализующих в полной мере диэлькометрический метод измерения, в котором информативным параметром является диэлектрическая проницаемость, влияние электропроводности материала должно быть устранено или сведено к минимуму. Тем не менее, продолжают появляться как отечественные, так и импортные приборы, называемые диэлькометрическими (в некоторых влагомерах этот термин заменен на «высокочастотный»), в которых влияние электропроводности материала на результаты измерений не устранено, вопреки рекламным декларациям.

Метрологическое обеспечение влагомеров строительных материалов, как и других влагомеров твердых веществ, включает в себя средства

поверки рабочих средств измерения влажности, а также нормативные документы (стандарты, аттестованные методики, методические указания и т. п.), регламентирующие проведение измерений, испытаний и поверки.

В области измерений влажности широкое распространение в качестве средств воспроизведения и передачи размера единицы получили стандартные образцы состава и свойств веществ (СО) [8].

Возрастающий интерес к проблеме стандартных образцов наблюдается со стороны международных организаций (МОЗМ, ИСО).

В настоящее время СО получают все большее распространение, как наиболее эффективные средства метрологического обеспечения в поверочной деятельности.

К их достоинствам следует отнести: экспрессность и универсальность, возможность получения нескольких аттестованных значений, равных числу воспроизводимых ими физических величин (компонентов, веществ), простоту и удобство в эксплуатации, возможность проведения поверки СИ или аттестации МВИ непосредственно на месте эксплуатации.

Применение СО незаменимо при поверке и юстировке приборов на предприятиях при серийном выпуске, способ также трудно заменить при поверке автоматических влагомеров, установленных в технологических линиях, что исключает демонтаж прибора и доставку в поверочную лабораторию.

В настоящее время применяются СО, которые можно разделить на образцы натуральных веществ и СО-имитаторы.

СО-имитаторы аттестуются по величине измеряемого прибором определенного физического свойства контролируемых материалов, связанного функциональной или корреляционной зависимостью с их влажностью. В частности, для СО-имитаторов влажности, предназначенных для поверки диэлькометрических влагомеров, таким физическим свойством является диэлектрическая проницаемость. Вместе со значением измеряемого физического свойства СО-имитатора влажности в его аттестате указывается значение абсолютной влажности конкретного контролируемого материала, имитируемое СО согласно номинальной градуировочной характеристике влагомера для данного материала.

При организации промышленного производства влагомеров типа ВСКМ-12 для их поверки в условиях выпуска и эксплуатации сов-

местно НИИСФ совместно с УНИИМ были разработаны и изготовлены имитаторы влажности бетона и песка.

Рассматриваемый СО-имитатор влажности бетона ГСО 2289-2290-82 представляет собой двухслойный монолитный блок из диэлектрического компаунда с равномерно распределенным проводящим дисперсным наполнителем [9]. По существу в единый блок объединены два образца-имитатора, имеющие разные значения диэлектрической проницаемости. Это облегчает и ускоряет операции поверки прибора. При установке датчика влагомера сначала на одну рабочую поверхность СО, а затем на противоположную, в процессе поверки поочередно воспроизводятся два имитируемых значения влажности, приписанные СО для данного вида бетона.

Комплект 2291-2292-82 для поверки влагомеров ВСКМ-12, предназначенный для сыпучих материалов, состоит из двух образцов, представляющих собой гранулы из полимерной основы с дисперсным проводящим наполнителем. Одновременно с разработкой и изготовлением упомянутых СО-имитаторов был разработан и введен в действие нормативный документ [10], в котором в качестве основных средств поверки предусмотрено использование СО-имитаторов влажности строительных материалов.

Применение этих СО обеспечило серийный выпуск влагомеров и их поверку в условиях эксплуатации.

В связи с тем, что СО-имитаторы влажности конкретных материалов, являясь средствами поверки рабочих СИ, воспроизводят имитируемые значения влажности этих материалов с погрешностью, значительно меньшей основной погрешности измерения поверяемого влагомера (обычно от $1/3$ до $1/2$), то к ним предъявляют достаточно жесткие требования по длительной стабильности воспроизведения приписанного значения имитируемой влажности и адекватности физических свойств имитатора аналогичным свойствам натурального материала. Высокая стабильность свойств имитатора может быть достигнута соответствующим выбором его состава и технологии изготовления. Что же касается адекватности физических свойств имитатора и натурального материала, то здесь дело обстоит значительно сложнее. Как упоминалось ранее, СО-имитаторы влажности для поверки диэлькометрических влагомеров строительных материалов представляют собой конгломерат диэлектрических и проводящих компонент, имеющих для конкретного имитатора постоянное соотношение, определяемое рецептурой состава. В на-

туральном строительном материале соотношение между диэлектрической проницаемостью и электропроводностью может меняться в широких пределах при одной и той же влажности материала, например, при разной минерализации влаги в материале. Это значит, что достичь адекватности по обеим составляющим комплексной проводимости между имитатором и натуральным строительным материалом практически невозможно. Радикальным выходом из этого положения является выполнение одного из основных условий, которым должен удовлетворять влагомер строительных материалов, если он действительно, а не декларативно, является диэлькометрическим, т. е. измеряемым параметром является диэлектрическая проницаемость, а не комплексная проводимость материала. Это условие заключается в подавлении, в первую очередь, влияния электропроводности материала на результаты измерений. При этом не требуется адекватности СО-имитатора влажности и натурального материала по проводимости. Отсюда следует, что устранение влияния электропроводности контролируемого материала на результаты измерений является главным условием не только достижения высоких метрологических характеристик рабочего влагомера, но и адекватности СО-имитатора и натуральных материалов, достаточной для качественного метрологического обеспечения диэлькометрических влагомеров строительных материалов средствами поверки.

Этим объясняется сложность разработки и изготовления СО-имитаторов для современных влагомеров и поэтому в УНИИМ были разработаны ГСО на основе натуральных веществ для наиболее востребованных материалов древесины [11].

Стандартные образцы влажности пиломатериалов ГСО 8837–2006 представляют собой образцы пиломатериалов хвойных и лиственных пород с равномерным распределением влажности по объему образца, подготовленные и аттестованные с применением рабочего эталона 1-го разряда.

Их достоинством является возможность их использования для поверки и градуировки влагомеров, основанных на любом физическом методе и с различными типами датчиков, а недостатком – малая временная стабильность.

Создание банка ГСО на основе натуральных образцов строительных материалов громадной номенклатуры с поддержанием постоянного значения влажности каждого образца в течение длительного времени – труднодостижимая и дорогостоящая задача. Поэтому вопрос о разработке СО-имитаторов актуален и злободневен. Применение в

строительной влагометрии СО-имитаторов влажности для поверки рабочих СИ, в частности, диэлькометрических, по мнению авторов, гораздо перспективнее использования для этой цели натуральных образцов материалов. Это большая многоплановая задача, решать которую необходимо в рамках государственной целевой научно-технической программы с привлечением ведущих организаций, занимающихся метрологией, стандартизацией, проведением испытаний для целей утверждения типа СИ, а также разработкой и изготовлением рабочих СИ в области влагометрии, в частности, строительной.

Влагомеры строительных материалов, которые не входят в Госреестр СИ, не подлежат обязательной государственной поверке. Вместо нее они проходят первичную и периодическую калибровки, заменившие ведомственную поверку. Операции, проводимые при этом, аналогичны операциям поверки и требуют наличия тех же методов и средств. По существу положению их могут проводить метрологические службы организаций и предприятий других ведомств, аккредитованные соответствующим органом Росстандарта. Аккредитация – процедура сугубо формальная, так как аттестат выдается на основании рассмотрения установленного комплекта документов, представляемого аккредитуемой организацией в соответствующий орган Росстандарта. К сожалению, этой процедурой с равным успехом пользуются и добросовестные, и недобросовестные изготовители (поставщики) влагомеров. Проверка документов достаточно сложна хотя бы потому, что для этого нужны высококвалифицированные метрологи, специализирующиеся в области измерения влажности, которые, за редким исключением, в территориальных органах Госстандарта отсутствуют.

Рассматривая проблемы метрологического обеспечения влагомеров в строительной отрасли, следует остановиться еще на одном вопросе. Речь идет о стандартизации диэлькометрического метода измерения влажности. Первый государственный стандарт, который узаконил применение диэлькометрического метода измерения влажности в строительной отрасли, был разработан более тридцати лет назад [12]. Несмотря на ограниченную область применения, его появление стимулировало организацию промышленного выпуска первых влагомеров строительных материалов и внедрение их в строительную практику. В дальнейшем он был пересмотрен [13]. Накопленный в последующие годы опыт применения диэлькометрического метода измерения влажности в строительной индустрии, а также появление новых моделей влагомеров потребовало актуализации документа и приведение его в соответствие с современными правилами и нормами. Примером

стандарта, учитывающего все требования современной системы обеспечения единства измерений является [14].

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **СНиП 23-02-2003.** Тепловая защита зданий.
2. **ГОСТ 24816-81.** Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности.
3. **Humidity and Moisture.** Measurement and Control in Science and Industry. V. 1 – 4. N. Y.: Reinhold Publishing Corporation, 1995.
4. **Теория** и практика экспрессного контроля влажности твердых материалов /Под ред. Е. С. Кричевского. М.: Энергия, 1990.
5. **Клюев В. В.** Неразрушающий контроль и диагностика. М.: Машиностроение, 2003.
6. **Пром. образец № 17770 РФ.** Влагомер строительных материалов /В. А. Василевский и др. //Полезные модели. промышленные образцы. 1984. № 27.
7. **Пат. № 2431134 SU.** Способ и устройство для экспрессного определения влажности и теплопроводности неметаллических материалов / В. С. Ройфе //Изобретения. Полезные модели. 2011. № 28.
8. **Запорожец А. С. и др.** Государственные стандартные образцы влажности твердых веществ и материалов в поверочной деятельности средств измерений //Стандартные образцы. 2009. №1. С. 42 – 52.
9. **А. с. № 1056019 SU.** Стандартный образец влагосодержания твердых материалов /В. И. Коряков и др. //Открытия. Изобретения. 1983. № 43.
10. **ГОСТ 8.519-84.** Влагомеры диэлькометрические строительных материалов. Методика поверки.
11. **Запорожец А. С. и др.** Стандартные образцы влажности пиломатериалов при контроле качества древесины и пилопродукции //Стандартные образцы. 2010. № 2.
12. **ГОСТ 21718-76.** Бетоны легкие и ячеистые. Диэлькометрический метод измерения влажности.
13. **ГОСТ 21718-84.** Материалы строительные. Диэлькометрический метод измерения влажности.
14. **ГОСТ Р 8.621-2006.** ГСИ. Материалы и изделия строительные. Методика выполнения измерений влажности и теплопроводности диэлькометрическим методом.

Дата принятия 21.08.2012 г.

