

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ
ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**



International
Organization for
Standardization



International
Electrotechnical
Commission



ХАЛҚАРО АНЖУМАН

**«Жаҳонда стандартлаштириш ва техник жиҳатдан
тартибга солиш ҳолати ва ривожланиш истиқболлари»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Состояние и тенденции развития стандартизации и
технического регулирования в мире»**



СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

**13-14 Октябрь, 2022
Ташкент, Узбекистан**

материала в первичном измерительном преобразователе, поочередно вносятся ослабление материала при его минимальной, максимальной и средней влажностях. В качестве образцовой меры используется р-и-п аттенуатор, встраиваемый и измерительный канал СВЧ влагомера. При этом значения ослабления определяются величиной тока, подаваемого на управляющий вход аттенуатора. Процесс проверки заключается в сравнении показаний влагомера на соответствии с указанными в паспорте влагомера значениями влажности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исмагуллаев П.Р., Оптимизация структуры СВЧ влагомеров. Химический журнал. № 1. Ташкент, 2005. С. 29-32.
2. Тургунбаева С.А., Усманова Х.А. Исследование высокочастотного метода и прибора для измерения влажности зерна. Техника юлдузлари, № 4. Тошкент- 2014. стр. 33-38.
3. Тургунбаев А. Экспериментальное исследование электрофизических характеристик зерна. МНТ симпозиум «Образование через науку», г. Калуга, Россия. 2015г.
4. Усманова Х.А. и др. Отчет по гранту ГКНТ ЁФ-2-9 «Разработка теоретических основ построения и проектирования первичных измерительных преобразователей с микропроцессорными комплектами для контроля качества различных продуктов» (заключительный). Ташкент: ТашГТУ, 2017. -148 с.
5. Исмагуллаев П.Р., Тургунбаев А. Отчет по НИР: Разработка калибровочного устройства для определения метрологических характеристик влагомера. ТГТУ, № гос. рег. 01970006112. Ташкент. 1999.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

проф. Тургунбаев Асадулла

доц. Усманова Хулкар Асадуллаевна

Ш.Б.Мадалиев (самостоятельные соискатели)

Ташкентский государственный технический университет имени И.Каримова
кафедра “Метрология, техническое регулирование, стандартизация и сертификация”

Аннотация: в статье рассматривается разработанная универсальная экспериментальная лабораторная установка, предназначенная исследования электрофизических характеристик зерна на сверхвысокой частоте. Установка построена в двухканальном варианте. При этом измеряемой величиной служит разность уровней по фазе и амплитуде СВЧ волны опорного и рабочего каналов. Приводятся результаты экспериментальных исследований температурно-частотных характеристик параметров преобразования, а также влияния мешающих факторов на параметр преобразования. Полученные экспериментальные результаты позволяют уточнить вид и параметры функции преобразования при измерении влажности пшеницы в свободном пространстве.

Ключевые слова: зерновые материалы, сверхвысокочастотный метод, ослабление и фазовый сдвиг электромагнитной волны, опорный и рабочий каналы, диэлектрическая проницаемость, амплитудно-фазовый метод, температурно-частотные характеристики.

С приобретением независимости остро стал вопрос обеспечения зерном Республики Узбекистан. Этой актуальной проблеме уделяется большое внимание правительством и

лично Президентом Республики Узбекистан. Одной из важных задач технического прогресса в агропромышленном комплексе является создание и внедрение средств измерения влажности зерна и других зерновых материалов, прежде всего потому что, показатель влажности влияет на физические, механические и технологические свойства материала. При технологической переработке зерна, начиная с его хранения, влажность является одним из основных показателей эффективности технологической переработки.

Известно, что одним из перспективных методов измерений влажности является сверхвысокочастотный (СВЧ) метод [1, 2, 3], в котором информация о влажности представляется как функция двух переменных (ослаблением и фазовым сдвигом электромагнитной волны).

Для реализации и исследования электрофизических характеристик зерна на СВЧ были проведены эксперименты на разработанной нами лабораторной установке, функциональная схема которой приведена на рис.1. Установка построена в двухканальном варианте. При этом измеряемой величиной служит разность уровней по фазе и амплитуде СВЧ волны опорного и рабочего каналов.

Установка работает следующим образом: излучение СВЧ волны от генератора через ферритовый вентиль 2 подается на вход направляющего вентили и разделяется на два канала. На первом канале мощность поступает на передающую антенну. Прошедший через образец исследуемого материала сигнал принимается антенной и поступает на один из входов волноводного моста со второго выхода вентили через компенсирующий фазовращатель и аттенюатор подается опорный сигнал. Разностный сигнал между измерительным и опорным каналами выхода волноводного моста поступает на детектор. Сигнал с детектора усиливается в избирательном усилителе и измеряется индикатором. Сдвиг фазы и ослабления СВЧ волны в материале определяется как разность между показаниями фазовращателя и аттенюатора при уравновешенном мосте с исследуемым материалом.

Исследование температурно-частотных характеристик параметров преобразования. Диэлектрическая проницаемость как свободной, так и связанной воды обладает температурной и частотной дисперсией. Результаты расчетов, с учетом данных по диэлектрическим свойствам свободной воды [4] показывают, что коэффициент ослабления α для связанной воды имеет положительный температурный коэффициент в температурном диапазоне 0...40 °C (рис.1).

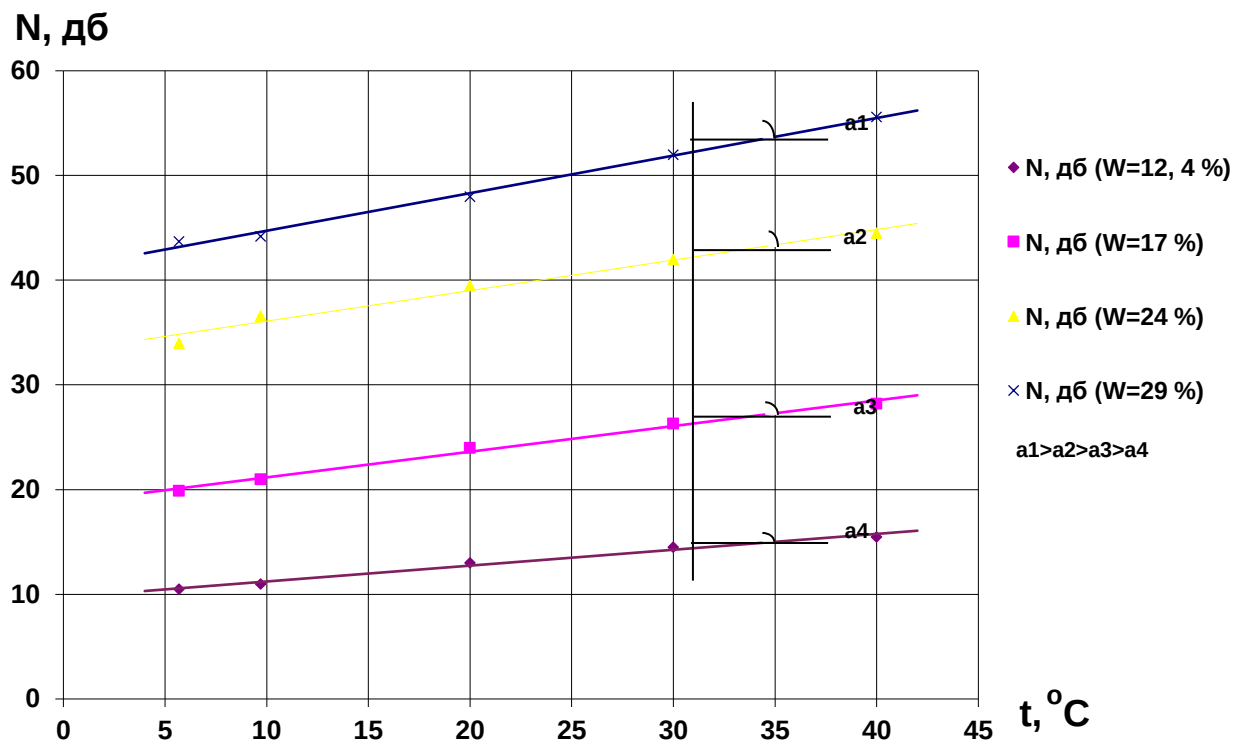


Рис.1. Зависимость затухания от температуры зерна ($\lambda=3$ см).

Что касается температурно-частотных зависимостей коэффициента фазы β , то здесь также наблюдаются нелинейные зависимости. Коэффициент фазы для связанной воды в данном температурном и частотном диапазонах все время положительный.

Рост влажности приводит к уменьшению нелинейности $\alpha(t)$ и $\beta(t)$. Это явление объясняется тем, что с увеличением влажности не только растет число диполей воды, участвующих в поляризационном процессе, но и увеличивается их подвижность, так как с ростом влажности и температуры энергия связи воды в зерне уменьшается.

Для комбинированных амплитудно-фазовых измерительных преобразователей оптимальными (с точки зрения разработки схем автоматической температурной коррекции) будут частоты 6...10 ГГц ($\lambda=3...5$ см), т.к. в этом диапазоне характеристики $\alpha(t)$ и $\beta(t)$ наиболее близки к линейным.

Исследование влияния мешающих факторов на параметр преобразования. Кроме температуры, значительное влияние на параметр преобразования оказывает плотность (натурный вес) зерна, а также целый ряд так называемых "неинформативных" (мешающих) факторов.

Поскольку зависимости $\rho_n(W)$, имея общий характер для ряда зерновых, не совпадают как по абсолютной величине, так и по наклону, то и результирующие градуировочные характеристики для этих культур будут различными. Таким образом, для повышения точности измерения влажности зерна с использованием одного параметра преобразования необходима коррекция результата с учетом изменения плотности [5].

Если натурный вес в принципе можно измерить тем или иным способом и внести поправку в результат определения влажности, то "неинформативные" факторы практически не поддаются учету. Это: сорт, химический и биологический составы, район произрастания,

климатические условия, год выращивания и др.

Для исследования влияния района произрастания, а также сорта, химического состава и некоторых других "неинформативных" параметров, из всего массива данных были отобраны результаты, замеренные при одинаковой температуре для различных сортов и видов зерновых, выращенных в Узбекистане (Андижанский, Самаркандский, Ташкентский, Ферганский, год произрастания урожая 2018 г, засоренность 1%). Для сопоставления результатов измерений все данные приведены к единому натурному весу при данной влажности. Поправка для коррекции величины затухания при изменении плотности относительно средней на 10% для данной влажности определялась по формуле

$$\Delta N = 0,003W \Delta \rho' - 0,1.$$

Анализ полученных результатов показывает, что максимальная абсолютная погрешность измерений для пшеницы не превышает $\pm 0,4\%$ (с доверительной вероятностью 0,95). Таким образом, измеряя три параметра: амплитуду, фазу и температуру (амплитудно-фазовый метод) можно определять влажность зерна с минимальной погрешностью, определяемой "неинформативными" мешающими факторами.

Полученные экспериментальные результаты позволяют уточнить вид и параметры функции преобразования при измерении влажности пшеницы в свободном пространстве (для $W=10\%$):

$$N = 8,686 \left\{ \left[2,83 \cdot 10^{-2} + 10^{-4} (t - 20^0) \right] W \rho'_H - \left[10,6 \cdot 10^{-2} - 13 \cdot 10^{-4} (t - 20^0) \right] \right\} d + N_0$$
$$\varphi = \left\{ \left[7,3 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-4} (t - 20^0) \right] W \rho'_H + \left[2,48 + 6,6 \cdot 10^{-3} (t - 20^0) \right] \right\} d + \varphi_0,$$

Для проверки правильности предложенной математической модели влажного зерна нами было проведено сравнительное исследование зависимости теоретических и экспериментальных значений ослабления и фазового сдвига СВЧ энергии от влажности. Экспериментальные результаты показывают адекватность предложенной математической модели реальному процессу.

Список литературы

1. Исмагуллаев П.Р., Ахмедов Б.М., Усманова Х.А. Современное состояние СВЧ влагометрии сыпучих и волокнистых материалов. // Вестник ТашГТУ. 2018. №2. С. 94-100.
2. Секанов Ю.П., Лисовский В. В. Теория и практика сверхвысокочастотного контроля влажности сельскохозяйственных материалов. – Минск, 2015. 320 с.
3. Дроздов В.Н. и др. Методы измерения влажности хлопка-сырца и хлопковых материалов. М: Легкая индустрия, 1987. 56 с.
4. Усманова Х.А. и др. Отчет по гранту ГКНТ ЁФ-2-9 «Разработка теоретических основ построения и проектирования первичных измерительных преобразователей с микропроцессорными комплектами для контроля качества различных продуктов» (заключительный). Ташкент, 2017.
5. Тургунбаев А. Махмудов М.И., Усманова Х.А. Многофункциональный микропроцессорный прибор для измерения влажности сыпучих и волокнистых материалов. Научные проблемы энергетического обеспечения в современном производстве. Сборник научных трудов МНТК. Бухара. 2014. том-II. С.135-140.

Марышева Л.Т., Шеина Н.Е., Метрологические характеристики индикаторов элементов измерительных устройств.....	237
Шеина Н.Е., Кенжаева З.С., Повышение требований к задачам испытаний и испытательному оборудованию.....	240
Валиев Р.А., Искандаров С.Т. Влияющие факторы на точности измерения кинематической вязкости жидких агрессивных сред и возможности автоматизации процесса контроля.....	242
Усманова Х.А., Тургунбаев А., Худайкулов У.У., Сохранение единство измерений при контроле влажности хлопка-сырца.....	245
Тургунбаев А., Усманова Х.А., Мадалиев Ш.Б. Экспериментальная установка для измерение влажностных характеристик сыпучих материалов.....	248
Каримов Х.Х., Усманова Х.А. Метрологический контроль и надзор за соблюдением правил и норм на предприятии.....	252
Назарбаева Б.А., Таджибаев Т. Датчикнинг нозизиқлигини аппроксимациялаш усуллари.....	254
Исматуллаев П.Р., Ахмедов Ғ.М. Миллий радон газини назорат қилиш қурилмаси радонметр ишлаб чиқилди.....	257
Исматуллаев П.Р., Рахматуллаев С.А., Рахматуллаев А.И., Хом нефть таркибидаги сув миқдорини аниқлашда электр сигимли ўзгарткичнинг физик хусусиятларидан фойдаланиш.....	261
Ахмедов М.Я., Бекмуротов Ч.А., Норматов Х.А. Ёғ-мой ишлаб чиқариш корхонасини метрологик таъминотининг таҳлили.....	265
Кадирова Ш.А., Муминов Х.Д., Хусайдинова Д.И. Определение фракционного состава моторных топлив.....	269
Кадирова Ш.А., Насимхонов Л.Н., Хусайдинова Д.И. Определение и оценка показателей качества нефтепродуктов.....	272
Ismatullayev P.R., Matyakubova P.M., Shamuratov J.U. Qazib olingan neft xom-ashyosini qayta ishlash zavodlarida qo'llaniladigan sifatni yaxshilash tizimlari.....	276
Абдукаюмов А.А. Тенденции развития системы обеспечения единства измерений в республике узбекистан (Тенденции развития СОЕИ Уз).....	278

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ. МИРОВОЙ ОПЫТ В ВОПРОСАХ МЕТРОЛОГИИ И ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Мухамедханов У.Т., Ешматова Б.И. Определение газов при помощи искусственных нейронных сетей.....	286
Матякубова П.М., Зиёдуллаев А.У., Асамутдинова С.Х. Рақамли трансформация шароитида метрологик таъминот интеграцияси.....	290
Yusupbekov N.R., Samadov E.E. Study of water technological parameters influence on the efficiency of vegetable oil refining.....	296
Нишонов В.Х., Мўминов Н.Ш. Тиббиёт метрологиясида фойдаланиладиган намунавий ўлчаш воситалари.....	302
Джабборов М.А. Расчет зоны уверенного приема сигнала цифрового телевизионного передатчика с учетом рельефа местности и климатических условий.....	306