

TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 4 (3) 2025

TECHSCIENCE.UZ

№ 4 (3)-2025

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2025

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov MUxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda
130343-sonli guvohnoma bilan davlat
ro'yxatidan o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huqular himoyalangan.

© Sciencesproblems team, 2025-yil

© Mualliflar jamoasi, 2025-yil

TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI
3-jild, 4-son (iyul, 2025). -56 bet.

MUNDARIJA

Karimov Marat

KO'P QATLAMLI YER OSTI G'OVAK MUHITLARIDA SUV OLUVCHI QUDUQLAR TA'SIRINI
SONLI MODELLASHTIRISH 4-9

To'rayev Azizbek, Ahmedova Sitora

BAZALT TOLASI BILAN MODIFIKATSIYALANGAN AVTOMOBIL
GRUNTOVKASINI YAQIN INFRAQIZIL NUR BILAN QURITISH TEXNOLOGIYASINING
SAMARADORLIGI VA MEXANIZMLARI..... 10-16

Xaydarova Muhtasar

SINOV LABORATORIYALARIDA QURILMALARNI BOSHQARISHDA TAKOMILLASHTIRILGAN
SIFATNI BOSHQARISH TIZIMINI ISHLAB CHIQUISH VA JORIY QILISH..... 17-21

Улжаев Эркин, Худайбердиев Элёр, Нарзуллаев Шохрух, Хайдаров Файёз

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ СЫПУЧИХ
МАТЕРИАЛОВ..... 22-28

Хонтураев Сардорбек

ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ В СОВРЕМЕННОЙ
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ КАРТОГРАФИИ..... 29-32

Xaytbayev Aybek

NEYRON TARMOQLAR ASOSIDA SIMSIZ SENSOR TARMOQLARI UCHUN KLASTER BOSH
TUGUNINI TANLASH..... 33-42

Baxramov Shohruxbek, Ismailov Astan

VODOROD ISHLAB CHIQUYRISHNING ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARI..... 43-48

Samadova Nilufar

ISHLAB CHIQUYRISH CHANGLARINING TARKIBI VA ULARNING EKOTOKSIKOLOGIK
XUSUSIYATLARI..... 49-55

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Улжаев Эркин

доктор технических наук,
профессор Ташкентского государственного
технического университета

Худайбердиев Элёр Фахриддин угли

старший преподаватель Ташкентского
государственного технического университета

Нарзуллаев Шохрух Нурали угли

PhD, доцент
Ташкентского государственного технического университета

Хайдаров Файёз Ганижон угли

базовый докторант Ташкентского государственного
технического университета

Email: fayyozhaydarov@gmail.com

Тел: +998 97 434 88 00

Аннотация. В статье приведён анализ методов измерения влажности металлизированных сыпучих материалов. Основное внимание уделено ёмкостным и электрическим методам измерения, рассмотрены их преимущества и ограничения. Экспериментальные результаты показали эффективность ёмкостного метода при влажности 2–15%, для более высоких значений рекомендуется применение современных интегрированных методов.

Ключевые слова: Влажность, металлизированные сыпучие материалы, заряд, ёмкостной преобразователь, эксперимент, прибор, искусственный интеллект.

ANALYSIS OF MOISTURE MEASUREMENT METHODS FOR METALLIZED MATERIALS

Uljayev Erkin

doctor of technical sciences,
professor at Tashkent State Technical University

Khudoyberdiyev Elyor Fakhriddin ugli

senior lecturer at Tashkent State Technical University

Narzullaev Shokhrukh Nurali ugli

PhD, Tashkent State Technical University

Haydarov Fayyoz Ghanijonovich

basic doctoral student of Tashkent State Technical University

Abstract. This article analyzes moisture measurement methods for metallized bulk materials. Special attention is paid to capacitive and electrical measurement methods, highlighting their advantages and limitations. The research results confirm that capacitive measurement is effective within a 2–15% range, while for higher moisture levels, advanced integrated methods based on modern technologies are recommended.

Keywords: Humidity, metallized bulk material, charge, capacitance transducer, experiment, device, artificial intelligence.

DOI: <https://doi.org/10.47390/issn3030-3702v3i4y2025N04>

Введение.

Контроль содержания влаги в сырье является ключевым фактором обеспечения стабильности технологических процессов и качества конечной продукции в различных отраслях промышленности. Влажность оказывает существенное влияние на физико-химические свойства материалов, их транспортировку, хранение и переработку, особенно в металлургии, горнодобывающей и химической промышленности.

Существующие методы измерения влажности сыпучих материалов можно условно разделить на две основные группы: прямые и косвенные. Прямые методы основаны на непосредственном определении массы влаги путём разделения материала на влажную и сухую фракции, что, как правило, требует значительных временных и энергетических затрат. Косвенные методы предполагают измерение физических или электрических характеристик материала, связанных с его влажностью, что позволяет проводить экспресс-анализ в реальном времени [1-3].

Особую сложность представляет определение влажности в металлизированных дисперсных материалах, где традиционные методы зачастую недостаточно точны или не обеспечивают необходимой оперативности. Анализ существующих приборов и технологий показывает, что их эффективность во многом зависит от условий эксплуатации, а также от особенностей конструкции и методики калибровки.

В связи с этим актуальной задачей является разработка интегрированных систем измерения влажности, способных обеспечить высокую точность и скорость контроля в условиях реального производства. Перспективным направлением является применение современных методов обработки данных, включая искусственные нейронные сети, для повышения достоверности и адаптивности измерительных систем.

Целью данной работы является создание интегрированного устройства для измерения влажности металлизированных материалов, обладающего улучшенными метрологическими характеристиками и способного эффективно функционировать в различных производственных условиях.

Анализ литературы и методология.

Анализ существующих методов и приборов для измерения влажности металлизированных и других сыпучих материалов показывает, что на практике используются как традиционные, так и современные подходы. В процессах сухого гранулирования наиболее распространённым остаётся прямой метод, при котором проба материала отбирается вручную или с помощью автоматизированной системы, после чего доставляется в лабораторию. Здесь проба взвешивается, подвергается

сушке, а затем снова взвешивается для определения содержания влаги. Однако данный метод имеет ряд существенных недостатков:

- сложность отбора репрезентативной пробы;
- возможная потеря влаги между моментом отбора и анализом;
- риск неполного высушивания пробы;
- значительные временные затраты на получение результата;
- наличие систематических и случайных погрешностей [1–4].

Для повышения оперативности контроля в ряде случаев применяется непрерывный анализ влажности непосредственно в потоке материала, например, во время погрузочно-разгрузочных работ [5–8]. Однако эффективность таких методов ограничивается рядом факторов: неоднородностью состава материала, различием в размерах частиц, температурными колебаниями и другими параметрами, что может снижать точность измерений.

В научной и промышленной практике также получили распространение методы, основанные на использовании различных физических явлений: микроволновой, инфракрасной, оптической, ёмкостной [6] и другие.

Например, принцип работы ёмкостных влагомеров основан на изменении электрической ёмкости конденсатора с параллельными металлическими пластинами при изменении диэлектрической проницаемости материала между ними. Ёмкость определяется по формуле:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_1 \cdot A}{d}$$

где ϵ_0 - электрическая постоянная 8,85 (пФ/м), ϵ_1 - диэлектрическая проницаемость среды, A - площадь пластины, d - расстояние между пластинами.

Помимо ёмкостных и кондуктометрических методов, для определения влажности твёрдых тел применяются также методы ядерного магнитного резонанса (ЯМР), основанные на резонансном поглощении радиоволн СВЧ-диапазона ядрами водорода, входящими в состав воды.

Для количественной оценки содержания влаги в веществах, особенно при использовании прямых (арбитражных) методов, обычно применяются относительные величины, выражаемые в безразмерных единицах. Это позволяет корректно сравнивать результаты между различными образцами и методиками [1, 2, 7].

Обсуждение.

В ходе работы установлено, что приборы, использующие косвенные методы определения влажности сыпучих материалов, применяются преимущественно в тех случаях, когда не требуется высокая точность измерений. Такие влагомеры измеряют не саму влажность, а физический параметр, связанный с ней (например, ёмкость, проводимость, частоту), и переводят полученное значение в показатель влажности с помощью предварительной градуировки. Это требует построения калибровочных зависимостей для каждого типа материала.

В диэлькометрических методах обычно используются средневолновый и коротковолновый диапазоны частот (0,3–30 МГц), а также сверхвысокочастотные (СВЧ) методы. В первом случае размеры датчиков малы по сравнению с длиной волны, что позволяет рассматривать их как системы с сосредоточенными параметрами. Во втором случае, при работе на более высоких частотах, необходимо учитывать

распределённые параметры системы. Поведение диэлектрика в переменном электромагнитном поле характеризуется комплексными диэлектрической и магнитной проницаемостями, что важно для точного расчёта характеристик измерительных преобразователей (ИП).

В работе изучены возможности применения известных приборов для измерения влажностей сыпучих материалов такие как: M-Sens 2 Датчик влажности Hydro-Probe для бункеров, желобов и ленточных конвейеров [7], анализатор влажности (влажномер) FIZEPR-SW100. В работах [4, 10] описаны способы, устройства и системы для измерения влажности шихты. Необходимо отметить, что приведенная система, способ контроля имеет описательный характер. материалов, приведенные в работе трудно реализовать.

Таким образом можно продолжить анализ работы других методов контроля влажностей сыпучих материалов, которые подробно описаны в [8].

Результаты.

Анализ принципов построения и работы приборов, построенные на основе ёмкостных преобразователей (косвенный метод измерения) с соответствующими конструктивными исполнениями, практически можно использовать для контроля влажностей веществ в различных областях. При этом, области применения и точности измерительных приборов определяется кроме величины диапазона частоты измерительного генератора еще от следующих факторов: формы, размеров и типа материалов, количества электродов и конструкции кювета и методам измерения и др. [9, 10].

Установлено, что выбор оптимальной геометрии измерительного прибора (ИП) т. е. оптимальных размеров, формы и расположения электродов, и их расчет невозможны без знания картин распределения электрического поля в его рабочем и нерабочем объеме. Поэтому одной из задач является проведение аналитического расчета характеристик ИП путем построения картин электрического поля, а также оптимизация параметров ИП (многопараметрических влагомеров) и разработка критериев оценки конструкции ИП. В работе сформулированы основные задачи требующие решения.

Далее авторами работы разработана устройства, позволяющий проводить измерения влажности сыпучих материалов экспресс методом. При этом для исследования погрешностей измерения металлизированных шихт отобраны производственные шихты различных влажностей. Исследованием предела и погрешности измерения влажности шихты установлено, что допустимые пределы измерения влажностей измерительного прибора, выполненное на основе цилиндрического ёмкостного преобразователя находятся от 3% до 15%, при этом погрешности измерения находятся в установленном пределе, около 1%. С увеличением влажности шихты выше 15-17% прибор переходит в насыщенный режим. График изменения характеристики измерительного прибора, выполненное на основе ёмкостного преобразователя цилиндрической формы, согласно измеренных данных, приведен на рис.1.

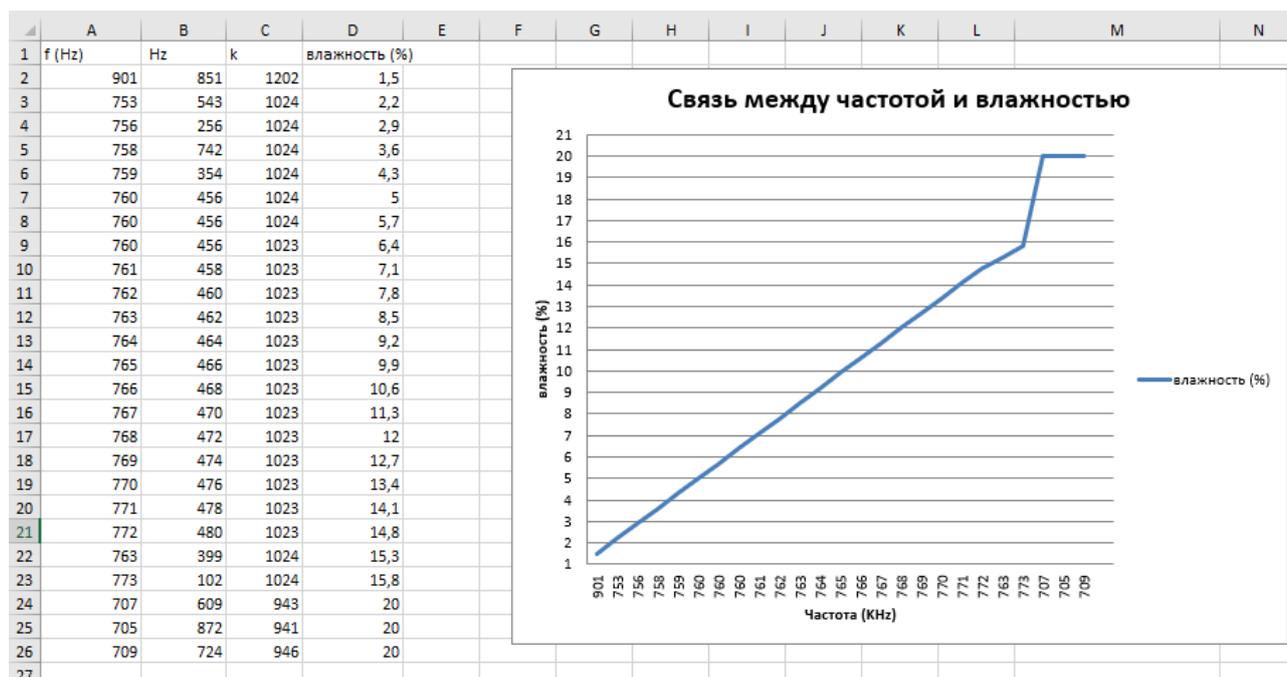


Рис.1. Зависимость изменение частоты ёмкостного преобразователя цилиндрической формы от влажности

В результате проведенного анализа математических основ построения известных способов контроля влажностей различных веществ установлено, что достоинствами оптических методов являются независимость показаний прибора от химического и минералогического состава, исследуемого материала. На проведения измерения проводится незначительное время и имеет возможность измерить другие характеристики контролируемого вещества. Недостатками являются то, что измеряет только поверхностной влажности твердых материалов лишь с верхнего слоя толщиной 2-5 мм.

Высокочастотные, сверхвысокочастотные, фазовые и радиоактивные методы позволяют провести измерения в широких пределах. Точность измерения радиоактивных методов составляет $\pm 1,5 - 2\%$ влажности [2]. Точность измерения ВЧ, СВЧ и фазовых методов измерения составляет, в зависимости от места установки и области применения, от 0,5% до 7%. Достоинствами рассматриваемой группы методов является бесконтактный способ измерения, т.е. метод позволяет определять влажность материала без нарушения его структуры и без отбора проб и высокое быстродействие. Эти методы удобны при измерении влажности сыпучих материалов в потоке.

Технически, задача измерения влажности диэлектрическим методом сводится к измерению емкости датчика. При этом, на результат измерения емкости C_x не должна оказывать влияния величины т.е. способ измерения должен обеспечить получение величины «истинной» емкости. Не учет этого обстоятельства, наряду с произвольным выбором частоты поля ω , приводит к почти полной потере преимуществ диэлектрического метода измерения влажности по сравнению с

кондуктометрическим и к ошибочным представлениям о метрологических характеристиках диэлькометрического метода [2, 4, 5].

Заключение.

Проведенный обзор известных материалов, литератур и патентный поиск показал, что к настоящему времени по автоматизации контроля влажностей металлизированных сыпучих материалов в потоке имеются научно обоснованные конкретные разработки, дающие хорошие результаты в определенных пределах измерения, т.е. пределы измерения имеющихся способов и средств контроля ограничены. По описанию и техническим характеристикам, для измерения влажности в основном используется СВЧ метод измерения и электрические методы, имеющие определенные ограничения. Авторами работы разработаны средства измерения, использованием ёмкостного метода измерения. Результаты эксперимента показали, что ёмкостной метод измерения отличается простотой построения и измерения. Однако экспериментальным исследованием установлено, что приборами, построенные ёмкостным методом можно успешно измерить влажности сыпучих металлизированных материалов от 2-0% до 16%, с погрешностью около 1%.

В настоящее время в различных странах измерение влажности металлизированных сыпучих материалов в потоке осуществляется преимущественно СВЧ-методами. Однако результаты исследований показывают, что мнения относительно точности этих методов разделяются: погрешность измерений варьируется в пределах от 2% до 7%.

Таким образом анализируя принципы построения, способов измерения и др. данных, можно делать следующий вывод:

1. Для измерения влажностей металлизированных сыпучих материалов экспресс методами, если предел изменения влажности материалов находятся в диапазоне от 2% до 15%, использовать приборов, построенные на базе ёмкостных преобразователей;

2. Если предел изменения влажности металлизированных сыпучих материалов находятся свыше 10%, то желательно провести измерения приборами, построенные на базе новых интегрированных измерительных приборов на базе искусственного интеллекта с применением ёмкостных или других преобразователей.

Adabiyotlar/Literatura/References:

1. Берлинер М. А., Измерения влажности / — М.: Энергия, 1973. —400 с.
2. Секанов Ю.П. Влагометрия сельскохозяйственных материалов // Всесоюзная академ. с.-х. наук им. Ленина -М.: Агропромиздат, 1985 -160с.
3. Дубров Н.С. и др. Многопараметрические влагомеры для сыпучих материалов // Н.С. Дубров, Е.С. Кричевский, Б.И. Неволин. М.: Машиностроение, 1980 -144с.
4. Рулев В.Ф., Исследование и разработка СВЧ влагомера для зерна: Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук НИИ «Исток». – М., 1997. – 158 с.
5. Э.Улжаев, Ш.Н.Нарзуллаев, Э.Ф.Худойбердиев. “Математические основы построения способов контроля влажности веществ и методики расширения спектра областей их применения”. Журнал “Проблемы информатики и энергетики” Ташкент 2022 г.

6. Uljaev E., Narzullayev Sh.N. Artificial neural networks for measuring the moisture of bulk materials // *Chemical Technology, Control and Management*. 2021. Vol. 2021, Iss. 4, Article 4. – pp. 24-31. DOI:<https://doi.org/10.51346/tstu-02.21.4-77-0027>. (0.
7. Uljayev E., Ubaydullayev U.M., Narzullayev Sh.N., Nasimxonov L.N. Optimization of the sizes of the cylindrical measuring transducer // *Chemical Technology, Control and Management*. 2020. Vol. 2020, Iss. 5, Article 5. – pp. 29-33. DOI: <https://doi.org/10>.
8. E Uljaev, UM Ubaydullaev, Sh N Narzullaev, EF Xudoyberdiev, FG Haydarov. Classification of detectors of capacitive humidity transducers of bulk materials. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020. Vol. 29, 1949-1953 pp.
9. Uljayev, E., Ubaydullayev, U.M., Narzullayev, S.N., Khudoyberdiyev, E.F. (2024). Intellectual Device for Measuring the Humidity of Bulk Materials. In: Aliev, R.A., *et al.* 12th World Conference “Intelligent System for Industrial Automation” (WCIS-2022). WCIS 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 718. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51521-7_3.
10. Улжаев Эркин, Элёр Фахриддин Угли Худойбердиев, Шохрух Нурали Угли Нарзуллаев. Разработка конструкции и функциональной схемы полуцилиндрического ёмкостного поточного влагомера. Электронный научный журнал "Потомки Аль Фаргани" Ферганского филиала ТАТУ имени Мухаммада аль-Хоразми ISSN 2181-4252 Том: 1, Выпуск: 4, 2023 год, 114-122 ст.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 4 (3)-2025

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130344-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com