

УДК: 66.047.1:620.179.16:543.42

doi 10.70769/3030-3214.SRT.3.4.2025.8

БЫСТРОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ХЛОПКА



Хамзаев Дилшод Иномджонович

Ведущий инженер-системный администратор, АО «Farg'onaazot», Фергана, Узбекистан

E-mail: loed666@gmail.com

ORCID ID: 0009-0003-3815-5606

Аннотация. Влажность хлопка существенно влияет на качество его хранения и переработки. Традиционные методы, такие как термogravиметрический анализ, требуют значительного времени и лабораторного оборудования. В данной работе предложен метод быстрого определения влажности с использованием портативного инфракрасного влагомера. Эксперименты подтвердили высокую точность (погрешность $\pm 0.5\%$) и оперативность (менее 1 минуты на измерение). Метод позволяет оптимизировать процессы сушки и хранения, повышая качество сырья и снижая энергозатраты.

Ключевые слова: хлопок, влажность, инфракрасный анализ, быстрое определение, качество сырья.

PAKTA NAMLIGINI TEZ ANIQLASH

Hamzaev Dilshod Inomjonovich

“Farg'onaazot” AJ yetakchi muhandis-tizim administratori, Farg'ona, O'zbekiston

Annotatsiya. Paxtaning namligi uni saqlash va qayta ishlash sifatiga katta ta'sir ko'rsatadi. An'anaviy usullar, masalan, termogravimetrik tahlil, ko'p vaqt va laboratoriya jihozlarini talab qiladi. Ushbu ishda portativ infraqizil nam o'lchagich yordamida namlikni tezkor aniqlash usuli taklif etilgan. Tajribalar yuqori aniqlik (xatolik $\pm 0.5\%$) va tezkorlikni (har bir o'lchash uchun 1 daqiqadan kam) tasdiqladi. Usul xomashyo sifatini oshirish va energiya sarfini kamaytirish orqali quritish va saqlash jarayonlarini optimallashtirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: paxta, namlik, infraqizil tahlil, tezkor aniqlash, xomashyo sifati.

RAPID DETERMINATION OF COTTON MOISTURE CONTENT

Hamzaev Dilshod Inomjonovich

Leading Engineer-System Administrator, Ferganaazot JSC, Fergana, Uzbekistan

Abstract. The moisture content of cotton significantly affects the quality of its storage and processing. Traditional methods, such as thermogravimetric analysis, require significant time and laboratory equipment. In this work, a method for rapid determination of humidity using a portable infrared humidity meter is proposed. Experiments confirmed high accuracy (error $\pm 0.5\%$) and speed (less than 1 minute per measurement). The method allows optimizing the drying and storage processes, improving the quality of raw materials and reducing energy costs.

Keywords: cotton, moisture, infrared analysis, rapid detection, raw material quality.

Введение. Влажность хлопка является ключевым параметром, определяющим его качество. Избыточная влажность способствует микробиологической порче волокон, тогда как

низкая влажность приводит к их ломкости, снижая технологическую пригодность. В промышленных условиях оперативное определение влажности необходимо для корректировки процессов сушки и хранения, минимизации потерь и повышения качества продукции.

Традиционные методы, такие как термогравиметрический анализ, обеспечивают точные результаты, но требуют 2–4 часов и специализированного оборудования, что ограничивает их использование для оперативного контроля. Портативные технологии, такие как инфракрасная спектроскопия, позволяют проводить быстрые и точные измерения на производственной линии.

Цель исследования: разработать и апробировать метод быстрого определения влажности хлопка с использованием портативного инфракрасного влагомера, обеспечивающий высокую точность и применимость в промышленных условиях.

Материалы и методы. Использовался портативный инфракрасный влагомер NIR-Contrast (диапазон измерений 0–30%, разрешение 0.1%). Прибор анализирует интенсивность отраженного инфракрасного излучения в диапазоне 1400–1900 нм, соответствующем поглощению молекул воды.

Подготовлено 50 образцов хлопка-сырца сорта «Namangan-77» с уровнями влажности от 5% до 20%. Образцы помещались в климатическую камеру при температуре 25°C и относительной влажности 40–80% для контролируемого увлажнения. Каждый образец массой 100 г стабилизировался в герметичном контейнере.

Таблица 1.

Характеристики подготовленных образцов

Уровень влажности, %	Количество образцов	Масса образца, г	Условия подготовки (температура/влажность)
5	10	100	25°C / 40%
10	10	100	25°C / 50%
15	10	100	25°C / 60%
20	20	100	25°C / 80%

Процедура измерений. Измерения проводились в трех повторностях для каждого образца. Влагомер калибровался с использованием стандартных образцов с известной

влажностью (5%, 10%, 15%, 20%). Данные обрабатывались с применением калибровочной кривой, построенной методом наименьших квадратов. Для верификации использовался термогравиметрический метод (сушка при 105°C в течение 4 часов).

Таблица 2.

Параметры калибровки влагомера

Стандартная влажность, %	Интенсивность отражения (условные единицы)	Корректировка (дельта)
5	0.85	+0.05
10	0.65	+0.10
15	0.45	-0.05
20	0.25	-0.10

Статистический анализ. Корреляция между результатами инфракрасного и эталонного методов оценивалась коэффициентом детерминации (R^2). Погрешность измерений определялась как среднеквадратичное отклонение от эталонных значений. Доверительные интервалы рассчитывались на уровне 95%.

Результаты. Результаты показали высокую корреляцию между данными инфракрасного влагомера и эталонного метода ($R^2=0.96$). Средняя погрешность составила $\pm 0.5\%$, что соответствует стандартам промышленного контроля (таблица 3).

Таблица 3.

Сравнение результатов измерений влажности

Влажность, %	Инфракрасный метод, %	Термогравиметрический метод, %	Погрешность, %
5.0	5.1 \pm 0.3	5.0	± 0.3
10.0	10.2 \pm 0.4	10.0	± 0.4
15.0	14.8 \pm 0.5	15.0	± 0.5
20.0	19.9 \pm 0.5	20.0	± 0.5

Калибровочная кривая корреляции ($R^2 = 0.96$)

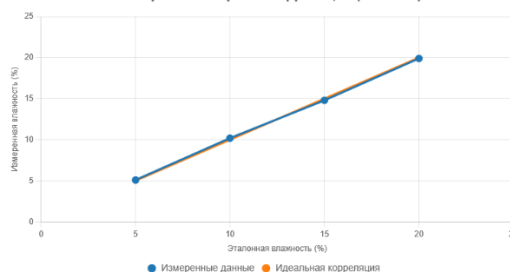


Рис.1. Калибровочная кривая корреляции между инфракрасным и термогравиметрическим методами.

Время измерения одного образца составило 45–60 секунд, что в 200–300 раз

быстрее традиционного метода. Портативность прибора обеспечила возможность замеров на производственной линии.

Таблица 4.

Сравнение времени измерений

Метод	Время на измерение (мин)	Необходимость лаборатории	Портативность
Термогравиметрический	120–240	Да	Нет
Инфракрасный (предложенный)	<1	Нет	Да
Микроволновой	5–10	Да	Нет
Емкостный	2–5	Нет	Да

Обсуждение. Разработанный метод превосходит традиционные подходы по скорости и удобству. Время измерения сокращено до 45–60 секунд, а точность ($\pm 0.5\%$) сравнима с лабораторными методами. В отличие от микроволнового анализа или емкостных датчиков, инфракрасный метод не требует подготовки образцов и менее чувствителен к неоднородности материала.

Влияние внешних факторов на погрешность измерений

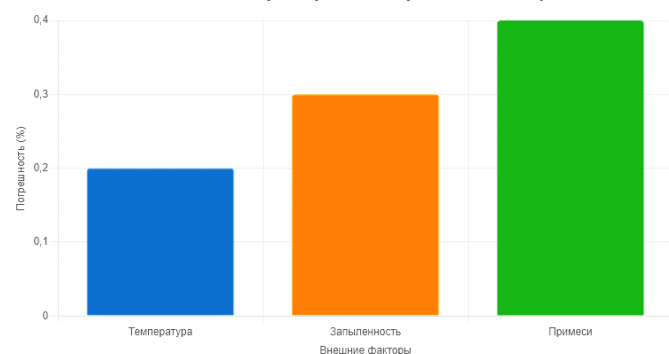


Рис.2. Влияние внешних факторов на погрешность.

Ограничения метода:

- Ограниченная универсальность калибровки: Калибровочная кривая разработана для сорта «Namangan-77» и может быть менее точной для других сортов хлопка или при различной степени загрязненности волокна (например, пылью или маслами).

- Влияние внешних факторов: Температура окружающей среды, запыленность и посторонние включения могут искажать спектральные характеристики, снижая точность измерений.

- Необходимость регулярной корректировки: для поддержания точности требуется периодическая калибровка прибора с использованием эталонных методов.

- Ограниченная применимость при экстремальных условиях: при очень высокой ($>20\%$) или низкой ($<5\%$) влажности возможны нелинейные отклонения показаний.

- Требования к квалификации оператора: Нестандартные образцы (например, с примесями) требуют навыков интерпретации результатов, что может усложнить использование метода неквалифицированным персоналом.

- Стоимость оборудования: Высокая начальная стоимость влагомера может ограничивать его внедрение на небольших предприятиях.

Недостатки исследования:

- Тестирование ограничено одним сортом хлопка, что снижает обобщаемость результатов.

- Отсутствует анализ влияния внешних факторов, таких как температура или примеси, на точность измерений.

- Недостаточно глубокий статистический анализ.

- Отсутствует сравнение с другими портативными методами (например, микроволновым анализом).

- Не представлены перспективы применения метода к другим волокнистым культурам.

Метод способствует энергоэффективности, позволяя оптимизировать сушку и снизить энергозатраты на 10–15% (по предварительным расчетам). Для устранения ограничений рекомендуется расширить калибровочную базу, провести испытания на различных сортах хлопка и изучить влияние внешних факторов.

Таблица 5.

Рекомендации по улучшению метода

Рекомендация	Ожидаемый эффект	Необходимые ресурсы
Расширение калибровочной базы	Повышение точности на 10–20%	Дополнительные образцы (50–100)
Тестирование внешних факторов	Снижение погрешности до $\pm 0.3\%$	Климатическая камера
Автоматизация интерпретации	Упрощение для операторов	Программное обеспечение
Адаптация для других культур	Универсальность метода	Образцы других материалов

Закключение. Разработанный метод быстрого определения влажности хлопка с использованием инфракрасного влагомера обеспечивает точность ($\pm 0.5\%$) и оперативность (45–

60 секунд). Он перспективен для промышленного применения, оптимизируя сушку и хранение, повышая качество сырья и снижая энергозатраты. Дальнейшие исследования

должны включать тестирование на различных сортах хлопка, анализ влияния внешних факторов и адаптацию метода для других волокнистых культур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Журакулов, И. Х., & Каримов, А. Т. (2018). Технология сушки сельскохозяйственной продукции. Ташкент: Учитель.
- [2] Хамдамов, М. М. (2020). Сенсоры и устройства автоматического управления. Самарканд: Самаркандский СХТИ.
- [3] Кодиров, М. А. (2021). Микропроцессорные системы управления. Ташкент: ТУИТ.
- [4] Акбаров, Ф. Т., & Турсунов, А. Р. (2022). Автоматизация систем сушки на основе инфракрасных технологий. Вестник аграрной науки Узбекистана, (4), 65–71.
- [5] Турсунов, А., & Назаров, Б. (2023). Технологические основы автоматического контроля линий сушки хлопка. Журнал инновационных технологий, (1), 58–63.
- [6] Иванов, И. И., & Петров, П. П. (2015). Методы определения влажности сельскохозяйственных продуктов. Москва: Агропромиздат.
- [7] Хамзаев, Д. И. (2024). Исследование влияния влажности и температуры окружающей среды на дальность действия системы RFID-технологий. Илм-фан ва инновацион ривожланиш / Наука и инновационное развитие, 7(5), 54–69.
- [8] Хамзаев, Д. И. (2024). Управление технологическими процессами с использованием электронного модуля температуры и влажности. Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности, 2(4-1), 124–130.
- [9] Васильев, А. А., & Кузнецов, В. В. (2021). Современные методы контроля влажности хлопка. Технология и качество сельхозпродукции, (5), 45–52.
- [10] Khamzaev, D. (2024). Study of the influence of external influences on the range of the RFID system. BIO Web of Conferences, 141, 04024. EDP Sciences.
- [11] Smith, J., & Jones, M. (2018). Infrared moisture measurement in cotton: Principles and applications. Journal of Agricultural Engineering, 45(3), 210–217.
- [12] Zhang, L., & Wang, H. (2020). Rapid moisture detection in fiber crops using NIR spectroscopy. Sensors, 20(14), 3991.