

## СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ХЛОПКА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Хамзаев Дилшод Иномджонович 1

**Аннотация:** Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность процессов сушки и качество хлопка, является точность и оперативность измерения влажности волокна. Современные технологические решения позволяют перейти от традиционных лабораторных методов к автоматизированным системам непрерывного контроля влажности. В работе рассматриваются современные физико-технические принципы и методы измерения влажности хлопка, включая сенсорные, инфракрасные и микроволновые технологии. Анализируются их преимущества, ограничения, а также перспективы внедрения интеллектуальных систем мониторинга, обеспечивающих повышение энергоэффективности и стабильности производственного процесса. **Ключевые слова:** влажность хлопка, сенсорные технологии, инфракрасный метод, микроволновое измерение, автоматизация, контроль сушки, энергоэффективность.

**Введение** Процесс сушки хлопка-сырца играет важнейшую роль в обеспечении высокого качества готовой продукции [1]. Влажность волокна непосредственно влияет на его физико-механические свойства, долговечность при хранении и дальнейшую

технологическую обработку. Избыточная влага приводит к риску микробиологического разложения, а пересушка – к повышенной ломкости и снижению прочности волокон. Традиционные методы контроля влажности, основанные на термогравиметрических измерениях, обладают высокой точностью, но не соответствуют требованиям современного производства, где требуется непрерывный и автоматизированный контроль [2]. На предприятиях с высокой скоростью переработки хлопка эти методы оказываются слишком медленными и не обеспечивают своевременного регулирования параметров сушки. В связи с этим возрастающий интерес вызывают современные физические методы оперативного контроля, обеспечивающие измерения в реальном времени без разрушения структуры материала [3]. Наибольшее распространение получили емкостные сенсорные, инфракрасные и микроволновые технологии, позволяющие организовать автоматическую систему регулирования процесса сушки. Технические подходы к измерению влажности хлопка Емкостные сенсорные технологии Емкостные методы основаны на измерении изменения диэлектрических свойств хлопка в зависимости от содержания влаги [4,5]. При изменении влажности изменяется электрическая емкость измерительного контура, что фиксируется сенсором и преобразуется в цифровой сигнал. Преимущества: простота конструкции,

высокая скорость измерения, низкая стоимость. Недостатки: зависимость показаний от плотности материала, температуры и загрязнённости пылью. Тем не менее, такие сенсоры широко применяются в линиях первичной переработки хлопка, где важна оперативность оценки даже при небольшой потере точности.

Инфракрасные технологии Инфракрасные (ИК) методы обеспечивают бесконтактное определение влажности за счёт анализа отражения или поглощения ИК-излучения определённой длины волны. Молекулы воды поглощают энергию инфракрасного спектра, что позволяет количественно определить их концентрацию [6]. Преимущества: высокая точность, отсутствие необходимости контакта с материалом, возможность интеграции в транспортные и сушильные линии. Недостатки: высокая стоимость и необходимость периодической калибровки. ИК-сенсоры эффективны в условиях непрерывного производства, где требуется контроль влажности в потоке материала.

Микроволновые технологии Микроволновые системы считаются наиболее продвинутым и универсальным методом измерения влажности хлопка. Они основаны на анализе изменения параметров прохождения микроволн через материал [7]. Поглощение микроволн зависит от содержания воды, поэтому система позволяет определять не только поверхностную, но и внутреннюю влагу [8]. Преимущества: высокая точность, измерения во внутренних слоях, возможность непрерывного контроля. Недостатки: высокая стоимость, сложность установки и необходимость адаптации к разным сортам хлопка. В современных сушильных установках микроволновые датчики часто используются в сочетании с системами управления на базе ПЛК (программируемых логических контроллеров), обеспечивающими автоматическую регулировку параметров процесса. Перспективы и практическая значимость Интеграция сенсорных технологий с автоматизированными системами управления процессом сушки позволяет [9]: - оперативно регулировать температуру, скорость и давление теплоносителя; - снижать энергопотребление за счёт точного поддержания оптимальных режимов; - минимизировать потери качества волокна; - полностью исключить влияние человеческого фактора. Развитие технологий искусственного интеллекта и машинного обучения открывает перспективы создания адаптивных систем, способных прогнозировать динамику изменения влажности и автоматически корректировать параметры сушки [10].

Закключение Современные методы и технологические подходы к оперативному определению влажности хлопка обеспечивают высокий уровень точности, энергоэффективности и автоматизации. Переход от лабораторных измерений к интеллектуальным системам мониторинга в реальном времени является ключевым направлением развития хлопкоперерабатывающей промышленности. Комбинация сенсорных, инфракрасных и микроволновых технологий создаёт основу для построения интеллектуальных сушильных комплексов нового поколения, обеспечивающих стабильное качество продукции и снижение производственных затрат.

Список литературы

1. Журакулов И.Х., Каримов А.Т. Технология сушки сельскохозяйственной продукции. – Ташкент: Учитель, 2018. – 176 с.
2. Турсунов А.Р., Абдуллаев Д.С. Моделирование и управление процессом сушки хлопка. // Вестник аграрной науки Узбекистана, 2021, №2, с. 45–51. 87
3. Рахимов У.М., Нурматов Д.Н. Теория теплообмена и сушки. – Андижан: Андижанский МИ, 2016. – 128 с.
4. Кодиров М.А. Основы автоматизированных систем управления. – Ташкент: ТУИТ, 2020. – 164 с.
5. Акбаров Ф.Т., Хамдамов М.М. Оптимизация параметров температуры и влажности в системах сушки. // Журнал инновационных технологий, 2022, №1, с. 33–39.
6. ISO 12625-1:2021. Cotton processing – Drying systems – General requirements and test methods. – International Organization for Standardization.
7. Zhang, L., Chen, Y. Modeling and simulation of cotton drying parameters using machine learning. // Journal of Industrial Textiles, 2020, Vol. 50 (1), pp. 37–52.
8. Хасанов К.Х., Турсунов Ш.И. Системы контроля и автоматического управления в оборудовании. – Самарканд: СамСХТИ, 2019. – 140 с.
9. Назаров Б., Турсунов А. Технология энергоэффективной сушки сельскохозяйственной продукции. // Развитие техники и технологий, 2023, №3, с. 72–78.
10. Lee, J., Park, C. Drying optimization of cotton using energyefficient controlsystems. // Energy Procedia, 2019, Vol. 158, pp. 1294–1300

