УДК 677.017.57

Д. А. ЯСНЕВ,
Д. Б. РЫКЛИН*, д-р техн. наук, проф.*
Витебский государственный технологический университет (Витебск, Беларусь)

ВЛИЯНИЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПРОБЫ ИЗ СМЕШАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН НА ЕЕ ВЛАЖНОСТЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЕМКОСТНЫМ МЕТОДОМ

Аннотация. Работа посвящена исследованиям по оценке влияния состава и влажности текстильных волокон на результаты испытаний емкостным методом. Эксперимент проводился на измерительном стенде при частотах электрического поля 10, 320 и 640 кГц. В качестве объектов исследований были использованы пробы из различных сочетаний хлопковых и полиэфирных волокон. В результате проведения исследований доказана необходимость кондиционирования проб перед проведением испытаний. Подтверждено, что различия значений емкости конденсатора, определенных для разных видов исходного сырья, существенно зависят от частоты электрического поля, создаваемого между пластинами конденсатора, а также от параметров процесса испытания.

Ключевые слова: показатель гигроскопичности; кондиционнные условия; неровнота смешивания; ёмкостной метод; частота электрического поля конденсатора.

В настоящее время неоднородные волокнистые материалы занимают существенную долю рынка. Смешиванию подвергаются компоненты разного состава, длины, диаметра и цвета для создания неоднородных волокнистых материалов. Смешивание компонентов нескольких видов позволяет получить неоднородные волокнистые материалы, обладающие сочетанием лучших свойств обоих компонентов, характерных ее отдельным составляющим, но только при качественном смешивании составляющих. Плохое качество смешивания приводит к неоднородности вырабатываемого материала, что сказывается на всех его свойствах, снижению стабильности технологических процессов производства и переработки. Наибольшее применение для определения неравномерности смешивания компонентов в текстильных материалах находят оптические и химические способы, которые являются весьма трудоёмкими, а также требуют дополнительных затрат.

На сегодняшний момент отсутствует методика и оборудование, позволяющее в режиме реального времени отслеживать качество смешивания. Применение емкостного метода измерения позволит оперативно фиксировать значение неровноты смешивания, и соответственно осуществлять оценку эффективности процесса смешивания компонентов и их совместной переработки при производстве неоднородных волокнистых материалов, а в случае возникновения дефектов вносить изменения в ход технологического процесса, направленного на повышение качества выпускаемой продукции [1-4]. Емкостной метод не требует применения дополнительных реактивов, микроскопов и прочего, ручные операции сводятся к минимуму.

В результате проведенных ранее исследований [5] было уточнено и доказано, что диэлектрические и гигроскопические свойства материала значительно влияют на получаемый сигнал. Однако анализ графических зависимостей показал, что увеличение массы проб более 3 грамм при частоте 8 МГц не оказывает существенного влияния на получаемые значения емкости при использовании разработанного конденсатора.

В связи с этим на следующих этапах работы было принято решение в качестве объектов исследования использовать пробы волокнистых материалов, массы которых не превышают 3 грамма.

Для оценки влияния состава образца при постоянной массе было сформировано 10 проб из хлопковых и полиэфирных волокон с суммарной номинальной массой 3 г. В данных пробах процентное содержание хлопкового волокна варьировалось в диапазоне от 17 до 76 %.

Эксперимент проводился с использованием измерителя иммитанса на частотах 10, 320 и 640 кГц. На данном этапе пробы предварительно кондиционировались (в климатической камере, испытания проводились в лаборатории, влажность воздуха в которой была существенно ниже нормальных условий. При проведении испытаний на всех частотах был отмечен дрейф данных, а их воспроизводимость оказалась крайне низкой. Данный факт объясняется снижением влажности проб, как непосредственно при проведении испытаний, так и между повторностями. Таким образом подтверждено существенное влияние не только влажности испытуемых проб, но и температурно-влажностные условиях в лаборатории.

С учётом отрицательного результата эксперимента для минимизации влияния окружающей среды на следующем этапе исследований были внесены корректировки в порядок их проведения. Пробы кондиционировались, выдерживались в испытательной лаборатории с нормальными условиями в течение суток, взвешивались на лабораторных электронных весах PA 214C и упаковывались в зип-пакеты для предотвращения изменения массы в процессе испытаний.

Испытания проводились в рандомизированном порядке. Результаты эксперимента представлены на рис. 1-3. Выявлена высокая воспроизводимость результатов, так как различия значений емкости конденсатора, определенных в двух повторностях, не превышали 1% при частоте электрического поля 640 кГц, а при испытаниях на частотах 10 и 320 кГц различий не зафиксировано.

На основании анализа экспериментальных данных было выявлено, что увеличение частоты электрического поля сопровождается повышением коэффициента корреляции между массой каждого из компонентов и емкостью конденсатора, а коэффициент корреляции между влажностью образцов и емкостью конденсатора при этом снижался. Коэффициент корреляции между получаемым сигналом и массой хлопковой составляющей при частоте 10 кГц оказался равен 0,88 и, а при частоте 640 кГц 0,91. С учетом одинаковой массы всех проб коэффициенты корреляции для полиэфирной составляющей оказались аналогичными по абсолютному значению, но противоположны по

знаку. Данный результат соответствует теоретическим предпосылкам разрабатываемого метода оценки неравномерности смешивания.

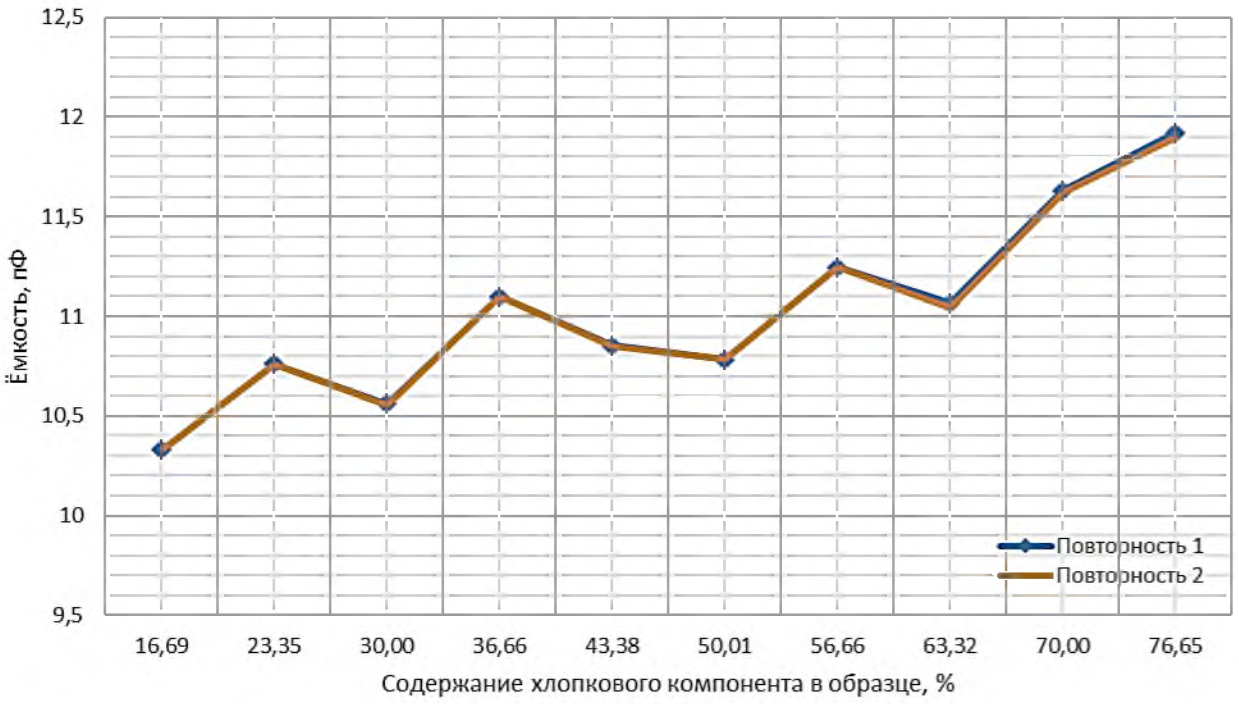

Рис. 1. Зависимость ёмкости образца при различном содержании хлопкового компонента на частоте 10 кГц

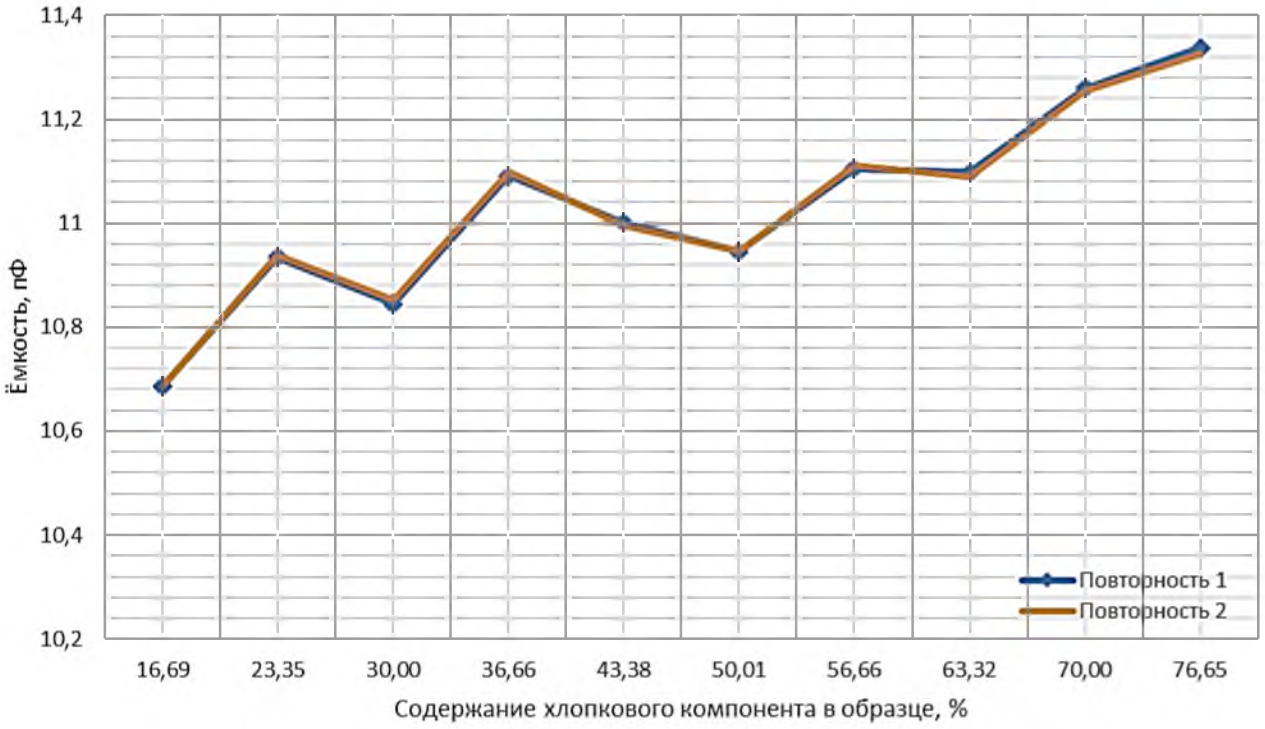

Рис. 2. Зависимость ёмкости образца при различном содержании хлопкового компонента на частоте 320 кГц

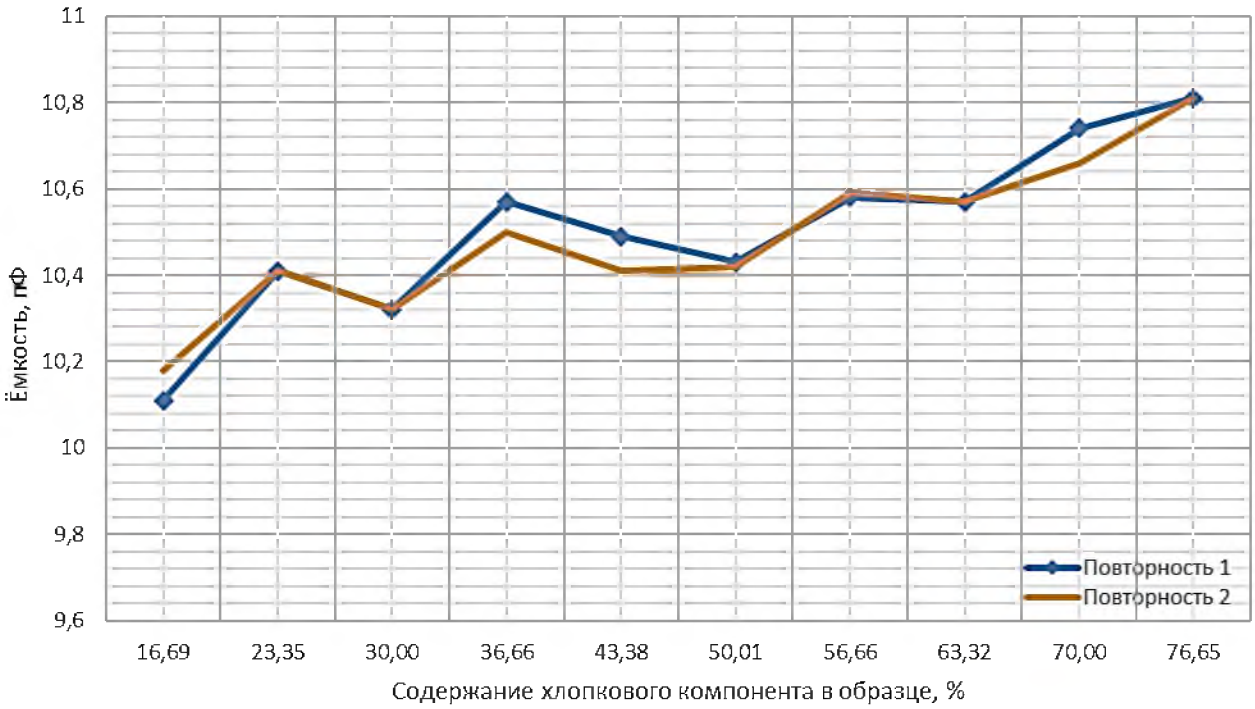

Рис. 3. Зависимость ёмкости образца при различном содержании хлопкового компонента на частоте 640 кГц

После проведения испытаний образцы высушивались для определения фактического содержания влаги. Данные по содержанию влаги в пробе приведены на рис. 4. Можно наблюдать равномерное распределение влаги, как в массе компонентов пробы, так и в пробе в целом, что указывает на корректность поставленных условий при взаимодействии с ней (кондиционирование и последующее выдерживание в испытательной лаборатории, использование зип-пакетов, нитриловых перчаток).

На рис. 5 представлены значения ёмкости конденсатора при испытании различных проб на частотах 10, 320 и 640 кГц, а также суммарное содержание влаги в соответствующем образце. Исходя из анализа графика, можно утверждать, что влияние влажности пробы оказывает значительное воздействие при низкой частоте (10 кГц), и минимизируется с её повышением (320 и 640 кГц). В то же время общая тенденция чувствительности системы к изменению влажности сохраняется.

Однако в ходе испытаний выявлена проблема, заключающаяся в том, что при сохранении общей тенденции увеличения влажности пробы с повышением содержания хлопкового волокна полученная зависимость не была монотонной, что свидетельствует о недостаточности кондиционирования проб. В связи с этим, для повышения точности получаемых зависимостей на следующем этапе работы необходимо разработать рекомендации по их кондиционированию.

В результате проведенных исследований было доказано, что гигроскопические свойства материала значительно влияют на получаемый сигнал.

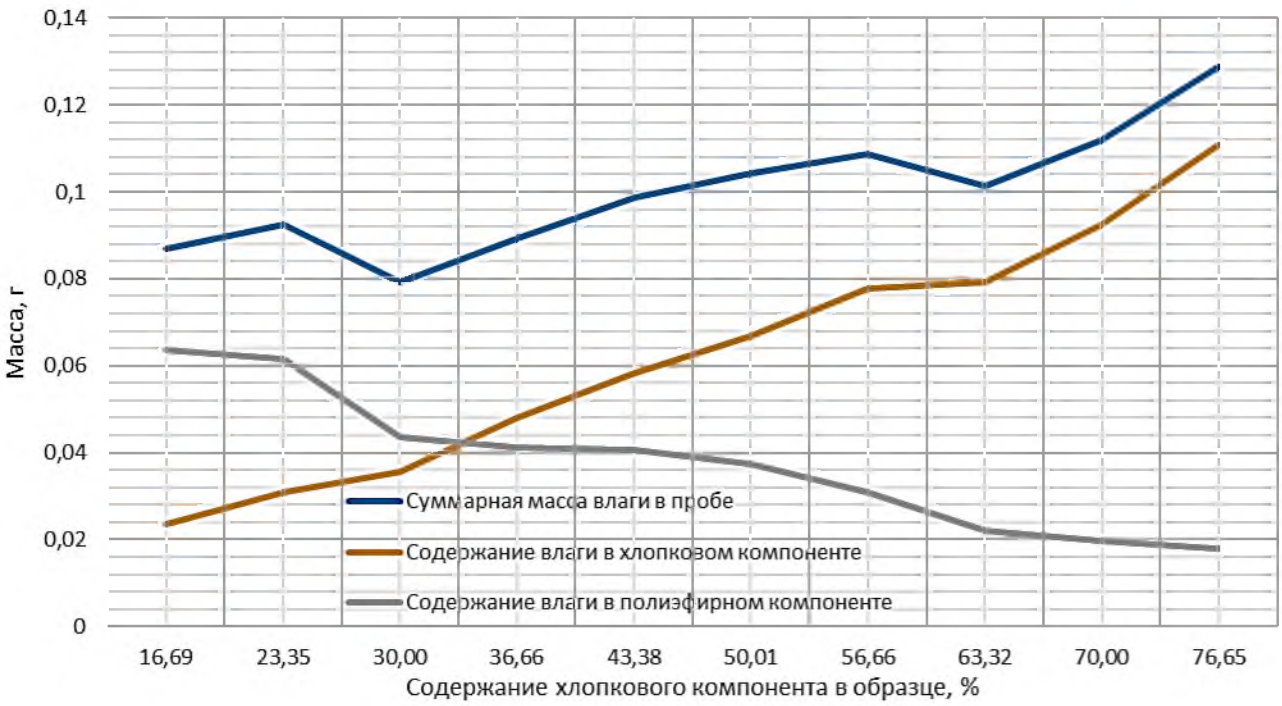

Рис. 4. Содержание влаги в пробе

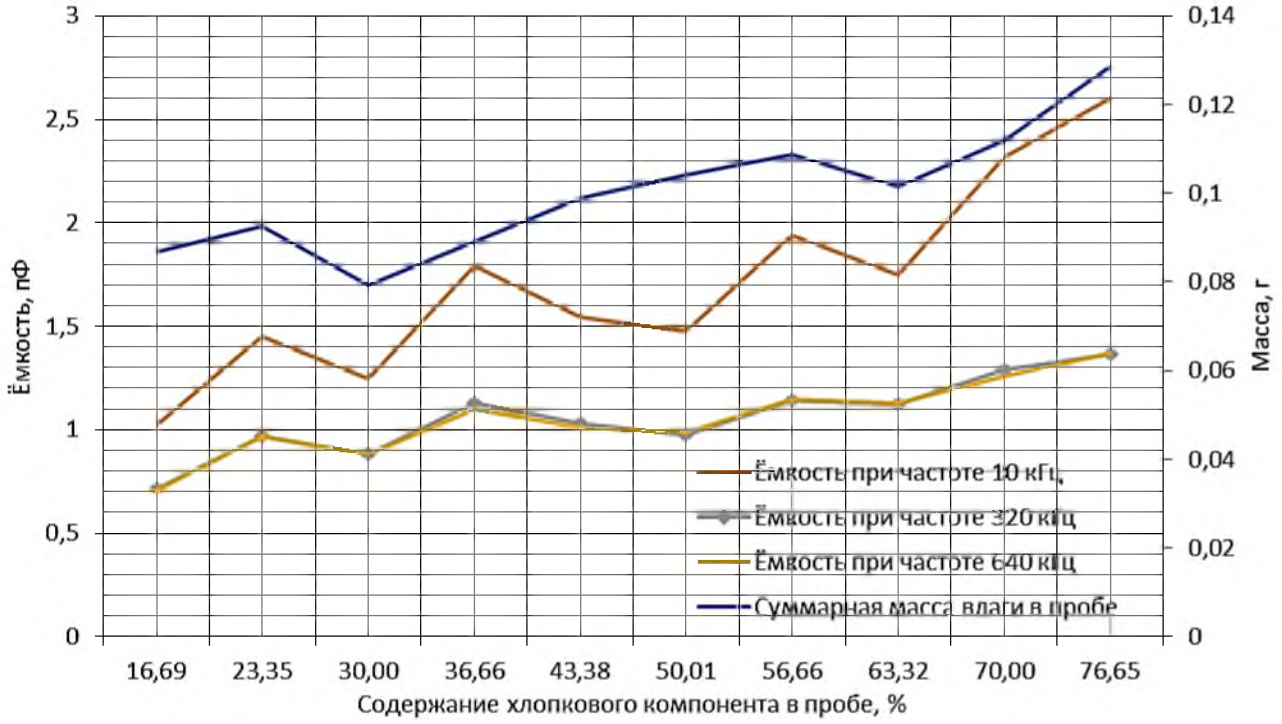

Рис. 5. Отклик системы (измеренная ёмкость) на различных частотах к изменению влажности пробы

Использование измерительного стенда в комплектации с измерителем иммитанса, имеет хорошую воспроизводимостью и адекватность данных, что подтверждается результатами их статистической обработки. Кондиционные условия в лаборатории и образцов имеют ключевое влияние на

воспроизводимость данных. Подтверждено, что различия значений емкости конденсатора, определенных для разных видов исходного сырья, существенно зависят от частоты электрического поля, создаваемого между пластинами конденсатора.

Различная степень влияния вида компонента на получаемые зависимости может быть использована в качестве основы разработки емкостного метода оценки неравномерности распределения натуральных и химических волокон в текстильных материалах.

Работа выполнена в рамках гранта Министерства образования на выполнение научно-исследовательских работ докторантами, аспирантами, соискателями и студентами на 2026 год на тему «Разработка метода оценки неравномерности распределения натуральных и химических волокон в текстильных материалах».

Список литературы

1. A vision-based method for analyzing yarn evenness / S. N. Niles, W. P. P. Dias, T. K. M. Perera [et al.]. // International journal of scientific & technology. – 2017. – Vol. 6:2. – P. 254-256.

2. Almetwally, A. A. Electric and dielectric properties of cotton and regenerated cellulose fibers in comparison with polyethylene terephthalate fiber / A. A. Almetwally, H. M. Elfowaty. – DOI 10.1080/15440478.2025.2537062. – Текст : электронный // Journal of Natural Fibers. – 2025. – Vol. 22, iss. 1. – URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15440478.2025.2537062#abstract (дата обращения: 12.04.2026).

3. Multipurpose nonwoven viscose/polypropylene fabrics: effect of fabric characteristics and humidity conditions on the volume electrical resistivity and dielectric loss tangent / K. A. Asanovic, D. D. Cerovic, M. M. Kostic [et al.]. – DOI 10.1007/s12221-020-1340-4 // Fibers and Polymers. – 2020. – Vol. 21, № 10. – P. 2407–2416.

4. Antibacterial and dielectric properties of textile materials modified with herbal extract of Picea omorika and the copper ferrite nanoparticles / D. Grujić, B. Škipina, D. Cerović [et al.]. – DOI 10.7251/comen2101080g // Contemporary Materials. – 2021. – Vol. 12, № 1. – P. 80–90.

5. Яснев, Д. А. Обоснование применения емкостного метода для оценки неровноты смешивания волокон в неоднородных текстильных материалах / Д. А. Яснев, Д. Б. Рыклин // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2024. – № 3 (49). – С. 51–60.

Контакты:
yasnevdanila@mail.ru (Яснев Данила Андреевич);
ryklin-db@mail.ru (Рыклин Дмитрий Борисович).