

сдвига на эффективную вязкость продукта уменьшается при повышении его температуры. Это видно, когда спред имеет температуру 50-65°C. Объясняется тем, что при высоких температурах структурная сетка спреда ослаблена.

#### Заключение

Полученные данные позволяют обоснованно решать вопросы интенсификации тепловых и гидромеханических процессов при производстве спредов функциональной направленности, проводя их при такой частоте вращения перемешивающих устройств, при которой будет достигаться максимально возможное сохранение структуры производимого продукта.



УДК 534.2.26:620.22:677.017

А.Ф. Костюков

## МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОЛОКОН С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

**Ключевые слова:** волокно, зрелость, контроль, ультразвук, технологические параметры, характеристики, устройства.

Как известно, в себестоимости продукции текстильного производства основную долю составляет стоимость сырья. На перерабатывающих предприятиях практически всегда производится так называемая сортировка сырья, когда в исходное волокно, например, отборного или первого промышленного сорта, добавляется строго дозированное количество волокон более низких промышленных сортов, с целью существенного снижения себестоимости конечного продукта при незначительном ухудшении его метрологических параметров. При существующих методах контроля это делается, практически, «на глазок».

Сельскохозяйственное волоконное сырье не может быть равномерным по степени созревания, вследствие существенных отличий почв, освещенности, места произрастания, сроков посева, уборки и прочих факторов. Поэтому объективные контролируемые параметры по партии волокна могут быть получены лишь статистически. Только на основе метрологических показателей, полученных статистически, данный селекционный сорт волокон может быть отнесен к тому или иному промышленному сорту. Ошибка в оценке на одну градацию промышленного сорта дает разницу стоимости

#### Библиографический список

1. Горбатов А.В., Маслов А.М., Мачихин Ю.А. и др. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов; под ред. А. В. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
2. Арет В.А., Николаев Л.К., Николаев Б.Л. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 448 с
3. Доронин А.Ф., Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Нечаев А.П., Хуршудян С.А., Шубина О.Г. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии. – М.: ДеЛи-принт, 2009. – 288 с.

партии волокна в 10-30% (без учета качественных потерь конечного продукта).

Автором разработан новый метод контроля технологических параметров волокон в массе, позволяющий метрологически оценить эти параметры с использованием статистических приемов обработки результатов контроля в приемлемые для производства сроки.

Идея нового метода состоит в нахождении такого инструмента контроля, который бы давал возможность регистрировать количество волокон в образце заданного веса, что позволяет определить средний вес единичных волокон в заданной навеске и, соответственно, зрелость, разрывную прочность (для каждого селекционного сорта) волокон.

После анализа существующих методов неразрушающего контроля выявлено, что наиболее приемлемым инструментом являются акустические колебания, а именно, регистрация изменения амплитуды и фазы акустических (ультразвуковых) колебаний, прошедших через отформатированную волоконную массу [1].

**Целью работы** является оценка принципиальной возможности оперативного неразрушающего контроля метрологических свойств волокон в массе на момент сбора урожая, а также при приемке волоконного сырья предприятиями текстильной промышленности.

**Задачами** проводимой работы являются:

- разработка лабораторной исследовательской установки контроля свойств волокон;

- установление функциональных зависимостей акустического (ультразвукового) сигнала от основных параметров волокон.

Для проведения исследований была разработана лабораторная установка контроля свойств волокон [2], блок-схема которой показана на рисунке 1.

Собственный генератор 5 выдает основную, стабилизированную кварцем, частоту ВЧ синусоидальных колебаний. Сигнал проходит на усилитель 6, работающий в режиме ограничения, с выходом на излучатель 2 прямоугольных импульсов. Координатно-верньерным устройством 1 добиваются максимальной амплитуды сигнала (пучностей стоячей волны), прошедшего через эталонный образец 3, на приемном датчике 4. На усилительно-селектирующем блоке 7 амплитуда принятого сигнала усиливается до ограничения, излучаемые и принятые прямоугольные импульсы дифференцируются по переднему фронту и подаются на триггер. Полученный с триггера импульс преобразуется в счетный и запоминается в счетно-решающем устройстве 8. Затем эталонный образец заменяется на контролируемый и процесс повторяется. По команде счетчика в блоке 8 производится вычисление разностного сигнала, который заносится в сумматор. После проведения контроля необходимого количества образцов запускается счетно-решающее устройство, которое отображает и распечатывает информацию о среднем значении, дисперсии, статистической точности и достоверности результата на устройстве 9.

Разработанная математическая модель позволила установить основные факторы, влияющие на изменение ультразвукового сигнала при прохождении его через образец исследуемого волокна.

Теоретически и экспериментально доказано, что основным фактором, влияющим на изменение ультразвукового сигнала, является количество волокон на пути распространения акустических колебаний от излучателя к приемнику [1, 2].

Для экспериментального выявления параметров ультразвукового сигнала от количества волокон в направлении прозвучивания эксперимент проводили в следующем порядке [3].

Перед определением параметров (масса, зрелость, разрывная прочность) волокна прочесывали в равномерный настил и прозвучивали на гармонических частотах. Прозвучивание производили в нескольких точках настила [4]. Статистической обработкой на-

ходили среднее значение сигнала. От настила отбирали образец заданной массы, прозвучивание которого показало значение сигнала, близкое к среднестатистическому. Из отобранного образца, по стандартной методике, приготавливали штапелек. Штапелек прозвучивали, находя значение сигнала и, сравнивая с относительным значением сигнала через исходный образец, определяли коэффициент пропорциональности. После чего, используя любой стандартный метод (полярнографический, динамометрический и пр.) находили требуемый параметр, приводя его в соответствие с относительной величиной акустического сигнала. Затем от настила отбирали несколько образцов равной массы, постепенно накладывая их друг на друга и, прозвучивая, строили зависимость относительного сигнала от количества волокон в канале прозвучивания и, соответственно, от требуемого параметра, фиксируя на зависимости точку, калиброванную традиционным методом. После чего оставшийся настил прозвучивали по всему образцу, а по построенным зависимостям определяли средние параметры волокон.

Для оценки величины сигнала используется явление квазидисперсии акустических колебаний [1]. Явление квазидисперсии скорости ультразвука в контролируемом образце проявляется тогда, когда при наращивании количества волокон в образце в направлении зондирования, первая пучность стоячей волны (непосредственно после образца, со стороны приемного датчика) смещается в направлении излучателя, создавая иллюзию дисперсии (рассеяния) скорости ультразвука в образце (как известно,  $c = f \cdot \lambda$ , где  $c$  – скорость распространения в среде;  $f$  – частота излучаемых колебаний;  $\lambda$  – длина волны колебаний, а т.к.  $f$  и  $\lambda$  жестко задаются излучателем и свойствами среды распространения колебаний, то изменяться может только скорость распространения колебаний, что невозможно в принципе, т.к. сигнал проходит в той же воздушной среде, что и вне образца, и эффект возникает вследствие того, что ультразвук распространяется в образце не прямолинейно, а зигзагообразно за счет дифракционного огибания волокон).

Фиксация квазидисперсии возможна двумя способами: а) изменением мерной базы и регистрацией пучности стоячей волны, ближайшей к стенке кассеты с образцом [3]; б) изменением частоты излучаемых колебаний, когда при неподвижных датчиках и образце пучность в заданной точке возникает с помощью подбора длины волны, и в этом случае о значении сигнала судят по величине отклонения частоты зондирующих колебаний от исходного значения частоты [5].

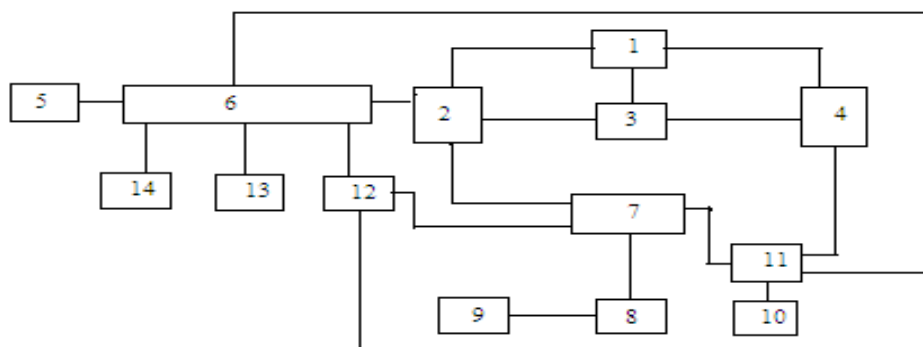


Рис. 1. Лабораторная установка:

- 1 – координатно-верньерное устройство; 2 – излучающий датчик 3 – волоконный образец;  
 4 – приемный датчик; 5 – собственный генератор ВЧ-колебаний; 6 – усилитель;  
 7 – усилитель-селектор; 8 – счетно-решающее устройство;  
 9 – устройство регистрации и отображения информации; 10 – фазометр;  
 11 – операционный усилитель (компаратор); 12 – осциллограф; 13 – звуковой генератор;  
 14 – генератор качающейся частоты. Блоки 10, 12, 13 применяются для настройки

Функциональные зависимости величины амплитуды сигнала от значения поверхностной количественной плотности  $K_s$  (рис. 2) и объемной количественной плотности  $K_v$  (рис. 3) полностью подтверждают теоретические выводы [1].

Как видно из характеристик, амплитуда сигнала находится в сильной нелинейной зависимости от поверхностной количественной плотности, т.е. от количества волокон в направлении прозвучивания и, таким образом, имеет недопустимый разброс по погрешности измерения при контроле волокон различной зрелости (рис. 2). Характеристика показывает, что при неизменной поверхностной количественной плотности амплитуда сигнала находится в практически линейной зависимости от колебания объемной количественной плотности контролируемого образца (рис. 3).

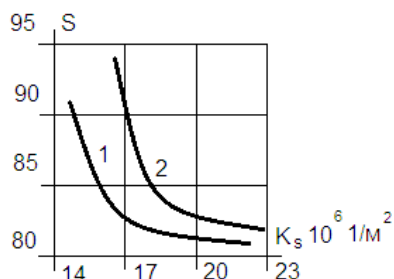


Рис. 2. Зависимость амплитуды сигнала от поверхностной количественной плотности: 1 – льняное волокно; 2 – хлопковое волокно

Для фазового сигнала, как видно по изображению (рис. 4), зависимость сигнала от поверхностной количественной плотности имеет линейный характер, а зависимость сигнала от объемной количественной плотности – ярко выраженную нелинейность (рис. 5), что также соответствует выводам математической модели [1].

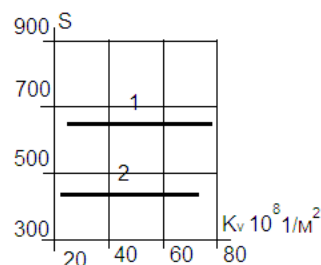


Рис. 3. Зависимость амплитуды сигнала от объемной количественной плотности: 1 – льняное волокно; 2 – хлопковое волокно

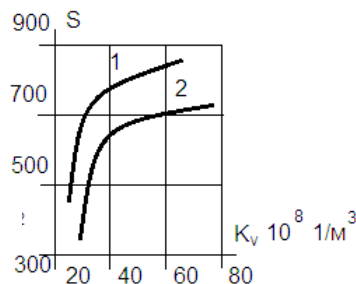


Рис. 4. Зависимость фазы сигнала от поверхностной количественной плотности: 1 – льняное волокно; 2 – хлопковое волокно

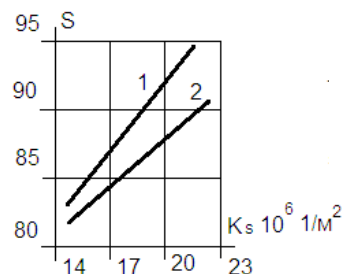


Рис. 5. Зависимость фазы сигнала от объемной количественной плотности: 1 – льняное волокно; 2 – хлопковое волокно

### Выводы

1. Разработана лабораторная исследовательская установка контроля свойств волокон, позволяющая установить функциональные зависимости от основных параметров волоконной массы.

2. Установлено, что:

- амплитуда акустического сигнала находится в нелинейной зависимости от количества волокон в направлении распространения и не зависит от объемной плотности волоконного образца;

- фаза акустического сигнала находится в линейной зависимости от количества волокон в направлении распространения и имеет нелинейную зависимость от объемной плотности волоконного образца;

- для определения свойств волоконных масс предпочтительнее выглядят фазовые методы контроля, при условии размещения контролируемого образца в фиксированный объем;

- так как параметры хлопковых волокон, трудами ЦНИХБИ (Центральный научно-исследовательский институт хлопчатобумажной промышленности), обеспечены метрологически, то сравнение полученных зависимостей для хлопковых и льняных волокон дает возможность метрологически

обеспечить параметры льняных и других сельскохозяйственных волокон.

### Библиографический список

1. Костюков А.Ф. Модель регистрации признаков многослойной структуры с помощью акустических колебаний // Вестник АГАУ. – 2010. – № 3. – С. 94-98.

2. Костюков А.Ф. Исследование влияния упорядоченного множества волокон на волновые соотношения ультразвука // Вестник АГАУ. – 2011. – № 5. – С. 90-94.

3. Способ лабораторного контроля параметров волокон. Патент № 2398224, G01N29/00, 2009 г. Российская Федерация, МПК G01N29/00; заявитель и патентообладатель А.Ф. Костюков. – № 2009122763/28; заявл. 15.06.2009 г.

4. Костюков А.Ф. Приборы и методы лабораторного контроля основных технологических параметров сельскохозяйственных волокон с помощью ультразвука // Вестник АГАУ. – 2011. – № 3. – С. 95-98.

5. Способ контроля средних параметров компактного множества волокон. Патент № 2380697, G01N29/00, Российская Федерация, МПК G01N29/00; заявитель и патентообладатель А.Ф. Костюков. – № 2008145339/28, заявл. 17.11.2008 г.



УДК 519.233.5:519.863

И.Я. Федоренко,  
В.В. Садов

## ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ МНОЖЕСТВА ПАРЕТО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УРАВНЕНИЙ РЕГРЕССИИ

**Ключевые слова:** численный метод, множество Парето, уравнение регрессии, оптимизация.

### Введение

Реальные инженерные задачи являются многокритериальными (несколько противоречивых критериев оптимальности) и многомерными (т.е. содержат множество параметров оптимизации – факторов). Наиболее обоснованным решением многокритериальных задач является построение соответствующего множества Парето. Множество Парето – это лучшее решение, которое математика может предложить в данное время для многокритериальных задач. Однако при сложной зависимости частных критериев оптимальности от нескольких переменных (факторов) аналитическое по-

строение множества Парето чаще всего невозможно. Остается численный путь.

Рассматривается методика построения множества Парето при наличии уравнений регрессии, полученных эмпирически с помощью методики планирования эксперимента (активного эксперимента).

Применение методики планирования эксперимента и получение уравнений регрессии для каждого уравнения оптимальности широко распространились в агроинженерной практике. Почти в каждой диссертационной работе по номенклатуре специальностей 05.20.00 «Процессы и машины агроинженерных систем» имеются такие уравнения регрессии.

Однако когда дело доходит до решения многокритериальной задачи, используя эти уравнения регрессии, то чаще всего принимаются необоснованные решения. Поэтому