

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ДЛИНЫ ВОЛОКОН В ПРЯЖЕ ПО ОТСЧЕТАМ ЕЕ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Ю.М. ВИНТЕР

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
E-mail: retniw35@mail.ru

Доказана возможность определения средней длины волокон в пряже по положению максимума спектрограммы ее линейной плотности. Приведены источники возможных ошибок, и дан анализ их возможных погрешностей.

Possibility of determination of an average fibers length in a yarn by the position of the spectrogram maximum of its linear density is proved herein. The sources of possible errors are resulted and the analysis of their possible errors is given in the article.

Ключевые слова: определение средней длины волокон в пряже, линейная плотность пряжи, спектрограммы линейной плотности различных пряж, неровнотомер КЛА-2, компьютерная программа.

Длина волокна является одной из важнейших характеристик продуктов прядения, от величины которой зависят настройки вытяжных приборов, необходимый коэффициент кручения пряжи и т.д. Особенно важны эти характеристики в льнопрядении для продуктов, полученных после химической обработки ровницы. Дело в том, что прямые методы невозможны, так как такое волокно легко дробится – расщепляется на комплексы меньшей длины. В сухом прядении льна прямые методы возможны (хотя и здесь дробления волокон не избежать), но при отборе образцов более длинные волокна отбираются с большей вероятностью, нежели короткие. Это вызывает систематическое смещение оценки средней длины волокон в сторону ее завышения.

Идея разрабатываемого здесь метода возникла при анализе спектрограмм линейной плотности различных пряж, полученных с помощью неровнотомера КЛА-2. Спектрограмма представляет собой 67 столбцов, примыкающих друг к другу. Высота столбцов равна относительной дисперсии, созданной волнами, длины которых входят в диапазон, представленный шириной каждого столбца. Хотя на спек-

трограмме все столбцы имеют равную ширину, в действительности диапазон волн, охватываемых каждым последующим столбцом, в 1,1437 раза больше, чем предыдущий. Таким образом устанавливается логарифмический масштаб для длин волн, откладываемых по оси абсцисс спектрограммы. Так как волокна, составляющие продукт, ориентированы вдоль продукта, то каждое волокно входит в ряд сечений продукта. Поэтому колебания значительной амплитуды с длинами волн, меньшими средней длины волокна, невозможны. Это приводит к тому, что самые левые столбцы спектрограммы ниже своих правых собратьев. В то же время сумма высот всех столбцов спектрограммы равна квадрату коэффициента вариации продукта по линейной плотности. Поэтому рост высот столбцов спектрограммы слева направо рано или поздно прекратится и высота столбцов начнет снижаться. Таким образом, спектрограмма обязательно должна иметь максимум. Из предыдущего рассуждения ясно, что чем больше длина волокна, тем правее находится максимум, тем больше длина волны, соответствующая его абсциссе. Максимум может быть четко выражен, если число волокон в сечении

невелико, что позволяет в полной мере проявиться дискретной структуре продуктов прядения (а именно: дискретной структуре продукта мы обязаны, наблюдая описанное явление).

Таким продуктом является пряжа. Действительно, сравнивая спектрограммы шерстяных и хлопчатобумажных пряж, мы видим, что максимум спектрограммы шерстяной пряжи всегда правее хлопчатобумажной. Волокна, составляющие льняную пряжу из короткого волокна, полученную по способу сухого прядения, примерно в 3 раза длиннее волокон, составляющих гребенную хлопчатобумажную пряжу, что и проявляется в положении максимума. В приведенных примерах средние длины волокон существенно различны, однако мы практически убедились, что этим способом можно выявлять и небольшие различия в длине волокон. Для выяснения этого вопроса мы сравнили спектрограммы гребенной и кардной хлопчатобумажных пряж и даже льняные пряжи из ровницы с разной интенсивностью химической отварки.

Приведенные примеры позволяют поставить задачу разработки теоретических оснований, метода и компьютерной программы, позволяющей оценивать среднюю длину волокон в пряже. Для теоретического анализа удобнее использовать не спектрограмму, а спектральную плотность. Прежде всего необходимо было проверить, какие параметры распределения волокон по длине влияют на положение максимума спектральной плотности дисперсии (СПД) линейной плотности пряжи. Для этого были выбраны такие резко различные по форме распределения, как равномерное и нормальное, а также гамма-распределение. Гамма-распределение отличается от равномерного и нормального положительной асимметрией. Для указанных числовых распределений были найдены выражения для нормированной спектральной плотности дисперсий (СПД) пряжи по числу волокон в сечении.

Совпадение кривых для нормального и равномерного распределения настолько полно, что графическое разрешение при

обычных размерах графика не позволяет их выявить (а расхождение на деле есть). СПД для гамма-распределения также достаточно близка к перечисленным выше СПД. С уменьшением коэффициента вариации CV расхождения между СПД уменьшаются. Результаты этого предварительного исследования говорят о том, что положение максимума определяется, в основном, не типом распределения волокон по длине, а его параметрами. Далее исследовалась зависимость положения максимума нормированной СПД линейной плотности пряжи от параметров распределения волокон по длине. Ось абсцисс СПД была принята безразмерной, по ней откладывались величины $\lg(\lambda/L)$, где λ – длина волны, а L – математическое ожидание длины волокна. Анализ показал, что положение максимума в основном зависит от L . При исследовании простейшего трехпараметрического распределения (в котором можно изменять асимметрию при неизменных L и CV) выяснилось, что изменение асимметрии в разумных пределах практически не влияет на положение максимума. Это позволило ограничиться в дальнейших исследованиях двухпараметрическим распределением волокон по длинам. Два параметра определяют среднюю длину и коэффициент вариации по длине. Асимметрию в этом случае менять будет нельзя. На практике все льняные и шерстяные волокна имеют положительную асимметрию (по длине), которая никогда не превышает 1 (в действительности много меньше). Хлопок имеет слабо отрицательную асимметрию, но реально всегда перерабатывается смесь нескольких марок хлопка, и асимметрия смеси может быть какой угодно, но обычно близка к нулю. Из этих соображений для аппроксимации реального распределения перерабатываемой смеси выбрано гамма-распределение волокон по длине. Его асимметрия равна $2 \cdot CV$ и для хлопковых волокон не будет превышать $2 \cdot 0,3 = 0,6$.

Для этого распределения волокон по длине была получена зависимость абсциссы глобального максимума СПД от коэффициента вариации волокон по длинам.

Эта зависимость может вызвать ошибку при определении длины волокна. Она приведена на рис. 1 – изменение отношения положения максимума СПД к средней длине волокон от коэффициента вариации волокон по длине.

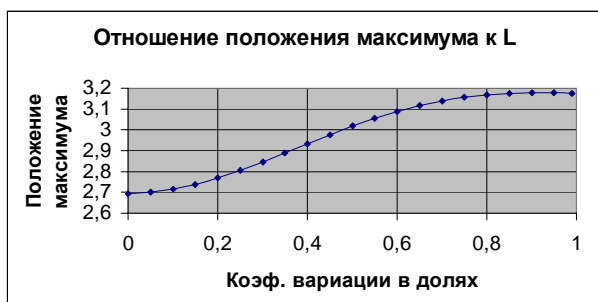


Рис. 1

При изменении CV с 0,05 до 0,95, то есть в 19 раз, положение максимума изменится с 2,7 до 3,18, в то время как такое же изменение средней длины привело бы к изменению положения максимума тоже в 19 раз.

Максимальная ошибка возникает тогда, когда оператор игнорирует любые априорные сведения о CV волокон по длине и полагает CV = 0. Можно показать, что даже в этом случае при CV = 40% ошибка составляет 8,86%. В действительности известно, например, что для хлопка CV ~25%, волокон льна после химической обработки ровницы ~35%, в сухом прядении очесов и короткого льноволокна ~70...80%, то же самое с применением гребнечесания ~50...60%. Эти априорные знания позволяют существенно уменьшить величину ошибки.

Еще одним источником ошибки являются вытяжные волны, которые могут искажать СПД линейной плотности пряжи. Боллс, а затем В.Е.Зотиков описали механизм возникновения вытяжных волн. В основе этого механизма лежит смещение точки перехода внутрь вытяжного поля при увеличении числа волокон в зажиме вытяжной пары. Смещение внутрь равносильно уменьшению вытяжки, поэтому оно приводит к еще большему увеличению числа волокон в зажиме вытяжной пары. Выражаясь современным языком, в вы-

тяжном приборе имеется положительная обратная связь. Чем меньше контроль за движением волокон, тем сильнее эта связь, тем выше неровнота продукта. Численный анализ этого явления показал, что с увеличением степени неконтролируемости движения волокон в вытяжном приборе максимум СПД смещается влево. При максимальной степени неконтролируемости, допустимой для эксплуатации вытяжного прибора, это смещение не превышает 7,4%. Таким образом, CV волокон по длине и степень неконтролируемости действуют на положение максимума спектрограммы разнонаправлено, что уменьшает их совместное влияние.

Еще одним источником ошибки является отличная от 0 протяженность датчика, измеряющего линейную плотность продукта. При этом максимум СПД смещается вправо. В условиях КЛА-2 это смещение не превышает 5% и может быть частично компенсировано расчетным способом.

Эти исследования проведены с помощью анализа СПД. Они были уточнены при переходе к спектрограммам, где возникли дополнительные источники ошибок, главной из которых является дискретность спектрограммы.

Положение максимума спектрограммы может быть использовано для определения средней длины волокна в пряже (вернее – тех комплексов, которые *двигались раздельно в процессе вытягивания*). При этом спектрограмма должна быть спектрограммой относительных дисперсий, что позволяет не только определять среднюю массовую длину волокна в пряже, но и получать значительно больше технологически важной информации, чем, например, можно получить, применяя последнюю модель неровнотомера Устер. Поскольку автор был разработчиком алгоритма получения спектрограмм на приборе КЛА-2, то ему удалось разработать и встроить в программное обеспечение прибора программу для определения длины волокна в пряже. В этой программе оператор задает предполагаемые среднюю массовую длину (L) потока волокон и CV по длине волокон пряжи и сравнивает наложенные друг на друга

на дисплее спектрограммы – расчетную и реальную, предварительно увеличив ординаты расчетной таким образом, чтобы оба максимума имели примерно одинаковые ординаты. Расчетная спектрограмма строится путем численного интегрирования функции, возвращающей значения СПД при введенных значениях CV и L. Пределами интегрирования служат границы каждого из 67 столбцов спектрограммы. Изменяя L, оператор добивается совпадения положений максимумов этих спектрограмм и фиксирует значение L. Точность метода при использовании КЛА-2 находится в пределах 5 мм. Однако она может быть увеличена, если использовать файл с отсчетами линейной плотности (а не спектрограмму) и специальным образом изменить алгоритм вычисления реальной спектрограммы. Возможно также изменить программу определения длины волокна в пряже таким образом, чтобы оператор за-

давал только начальные значения L и CV, а дальнейший процесс поиска величин L, при которых положения максимумов двух спектрограмм совпадают, протекал бы автоматически.

ВЫВОДЫ

1. Доказана возможность неразрушающего определения средней длины волокна в пряже по отсчетам ее линейной плотности.

2. Разработана и может быть поставлена организациям, имеющим неровномер КЛА-2, компьютерная программа, определяющая среднюю массовую длину волокон в пряже.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления. Поступила 20.04.10.
