

**ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ
ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРОБЫ ВОЛОКОН ЛЬНА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ РАСЩЕПЛЕННОСТИ**

**JUSTIFICATION OF CONDITIONS FOR CREATING DIGITAL IMAGES
OF FLAX FIBER SAMPLES IN RELATION
TO DETERMINING FIBER SPLIT LEVEL OF THE SAMPLE**

Е.Л. ПАШИН, А.В. ОРЛОВ, Т.А. СТЕПАНКОВА
E.L. PASHIN, A.V. ORLOV, T.A. STEPANKOVA

(Костромской государственный технологический университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: aorlov@list.ru

В статье приводится обоснование методики и условий съемки пробы волокон льна с использованием цифрового микроскопа Levenhuk DTX 90. Предлагается методика выбора расстояния до объекта съемки, разрешения кадра и количества проб, позволяющего достичь требуемой точности определения толщины волокон.

The article presents justification of the method and exact conditions of creating digital images of flax fiber sample using digital microscope Levenhuk DTX 90. A method is suggested, allowing to choose the distance from the sample, frame resolution, and sample count in order to achieve desired accuracy.

Ключевые слова: лен, микрофотография, волокна, толщина волокон.

Keywords: flax, microphotography, fibers, fiber width.

Для объективной оценки качества льняного чесаного волокна в ленте по ГОСТу Р 54590–2011. Лен чесаный в ленте. Технические условия, наряду с определением ряда его свойств требуется контроль расщепленности волокнистых комплексов для характеристики тонины волокна.

Указанным стандартом предусмотрена возможность определения расщепленности по воздухопроницаемости пробы с использованием прибора ВПЛ-1, а также гравиметрическим методом.

Изучение варианта определения расщепленности с применением ВПЛ-1 выявило его недостатки, обусловленные влиянием на результат объемного веса волокна, зависящего от размера внутренней полости элементарных волокон. Известна ее зависимость от степени зрелости льняного

растения и места расположения волокон по его длине [1...3]. Зрелое волокно имеет минимальную (точечную) полость. Менее зрелое – характеризуется значительными размерами полости и поэтому меньшим объемным весом. Таким образом, в пробе определенной массы для анализа на ВПЛ-1 может содержаться разное количество волокон, что будет влиять на показания прибора. Аналогичный недостаток имеется у метода оценки тонины хлопка с использованием устройства микронейр по ГОСТу Р 53235–2008. Волокно хлопковое. Методы определения линейной плотности и показателя микронейр. Указанное устройство функционирует по принципу оценки воздухопроницаемости волокнистой пробы хлопка определенной массы.

В связи с вышесказанным более точным методом оценки расщепленности че-

саного льна в ленте является гравиметрический. Он основан на подсчете количества волокон длиной 10 мм с учетом их расщепления в пробе массой $0,0100 \pm 0,0002$ г. Количество таких проб 10 шт. При расчете расщепленности за одно волокно считают единичные волокна или волокна, расщепленные менее чем до половины длины, или два единичных волокна, длина которых равна или составляет менее половины длины 10 мм. При расщепленности волокна на две, три, четыре части каждое ответвление считается за одно волокно, если длина его равна или более 5 мм.

Практика использования этого метода также выявила его недостатки, связанные с повышенной продолжительностью анализа (до 1 ч) и пониженной точностью из-за субъективности при подсчете числа волокон. Последнее связано с условностью подсчета, невозможностью визуально обнаружить очень тонкие волокна и оценить степень их расщепления, которая проявляется не только в частичном разделении волокон по длине, но и в наличии внутренних их отслоений (рис. 1 – типичные виды волокон в элементарной пробе для оценки расщепленности).

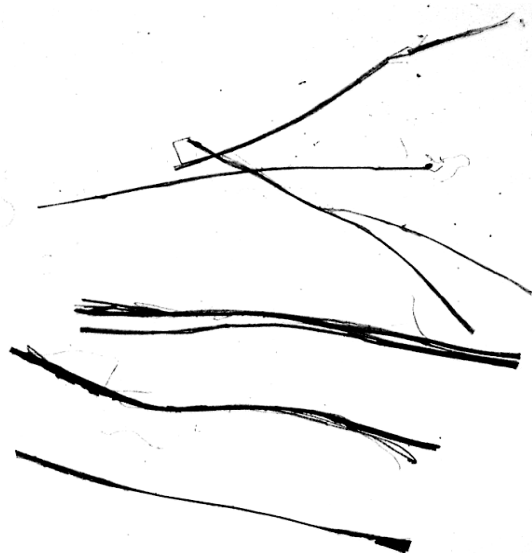


Рис. 1

Эти особенности лубяных волокон отмечены автором метода В.П. Добычиным [4]. Принципиальным недостатком метода

является также невозможность получения информации о вариации и характере распределения волокон по толщине.

Для исключения указанных недостатков гравиметрического метода предложено использовать возможности современных методов технического зрения. В частности, методы анализа цифровых изображений, полученных, например, с использованием микроскопии.

Была поставлена задача по обоснованию условий получения исходных цифровых изображений волокон. Целью явилось обеспечение требуемой точности результатов с учетом упомянутых особенностей структуры волокон.

По результатам исследования структуры волокон в пробе установлено, что толщина отдельных волокнистых комплексов может быть менее 0,05 мм, а внутренние расщепления имеют просветы, соизмеримые с этим значением.

Поэтому возникла необходимость в обосновании размера площади учета (площади кадра) для обеспечения требуемой точности анализа (опыта). Принимаем условие по требуемой точности P при проведении технических исследований $\approx 5...7\%$ [5]. Тогда, задавая необходимое значение точности, определяем объем выборки n (количество волокон):

$$n = \frac{t^2 S^2}{(0,01P\bar{X})^2}, \quad (1)$$

где S – среднее квадратическое отклонение (СКО); t – критерий Стьюдента ($f = n-1$; $\alpha = 0,05$); $P = \frac{S_{\bar{X}}}{\bar{X}} \cdot 100\%$; $S_{\bar{X}}$ – ошибка средней; \bar{X} – среднее значение.

Для вычисления n было проведено экспериментальное изучение распределений толщины волокон в пробах чесаного волокна, подготовленных по стандартным методикам. Установлено, что среднее значение толщин колеблется от 0,04 до 0,4 мм, а СКО – от 0,08 до 0,12 мм. Для расчета примем $\bar{X} = 0,3$; $S = 0,1$; $P = 7\%$. Тогда $n = 87$ шт.

Для определения размера площади кадра с волокном было проведено обобщение имеющих место на практике раскладок волокна при гравиметрическом испытании. Оказалось, что для одного волокна требуется площадь $\approx 80 \text{ мм}^2$. Тогда для 87 волокон она составит 6960 мм^2 .

Важным элементом решаемой задачи являлось обоснование условий формирования изображений с учетом возможностей (разрешения R) цифровых микроскопов и величины площади кадра S_k . Эта площадь в основном определяется расстоянием L от плоскости с расположенным волокном до оптической системы при обеспечении фокуса.

Для выявления зависимости упомянутой площади S_k от величины L был использован электронный микроскоп Levenhuk DTX 90, обеспечивающий следующие разрешения: 1,2; 2,0; 3,0; 5,0 мегапикселей (1280×960 , 1600×1200 , 2048×1536 или 2592×1944). Его реальное оптическое увеличение составляет 10...60 крат [6]. Используя функциональные возможности данного микроскопа, было установлено, что при различных разрешениях искомые зависимости разные. В интервале до 1,2 Мпикс зависимость имеет вид: $L = 0,1352 S_k + 6,6391$, а в интервале 2,0...5,0 Мпикс параметры зависимости иные: $L = 0,0864 S_k + 6,5524$ (рис. 2 – зависимость расстояния L от площади кадра S_k при разном разрешении микроскопа R).

Было принято во внимание общеизвестное условие, что для объектов размером менее одного пикселя правильная оценка их геометрических характеристик не представляется возможной. Поэтому был предложен критерий точности измерения – линейный размер одного пикселя A , зависящий от разрешения R и расстояния L .

Для получения такой зависимости $A=f(R; L)$, используя шаблон для калибровки объектов, прилагаемый к микроскопу, были проведены замеры для расчета линейного размера одного пикселя для разных уровней разрешений R и расстояний L .

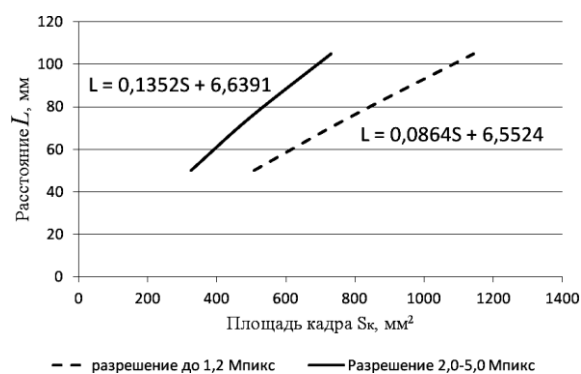


Рис. 2

Полученные результаты представлены в виде графика на рис. 3 (зависимость линейного размера одного пикселя от расстояния L и разрешения R) и в виде регрессионной зависимости:

$$A = 0,027 - 0,0077R + 0,0002L. \quad (2)$$

Из полученных результатов следует, что для фиксирования минимальной толщины волокна, например, величиной 0,02 мм требуется определенное сочетание расстояния L и разрешающей способности R .

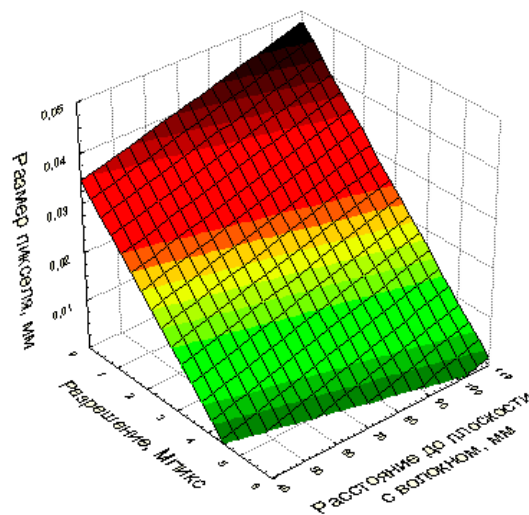


Рис. 3

Совмещая полученные результаты (рис. 2) с условиями проведения замеров при точности опыта не более 7% (рис. 1) применительно к разрешающей способности более 2,0 Мпикс, получаем возможность проведения замеров волокон толщиной 0,04 и более мм. Для этого получение

изображений следует осуществлять при расстоянии от оптической системы до плоскости с волокном > 100 мм. Количество таких изображений (кадров) должно быть ≥ 10 шт. В этом случае будет обеспечена суммарная площадь кадра ≈ 7000 мм² и возможность фиксации объектов размером 0,04 мм.

ВЫВОДЫ

1. Применительно к цифровой микроскопии и для обеспечения требуемой точности опыта с учетом статистических данных о толщине волокон в пробе и их вариации предложен алгоритм расчета размера цифрового изображения (кадра) и определены условия его получения с использованием микроскопа Levenhuk DTX 90.

2. Используя в качестве критерия точности измерения линейный размер одного пикселя, получили зависимость этого размера от величины разрешения микроскопа и расстояния от оптической системы до плоскости с исследуемым волокном.

3. Использование полученной зависимости и алгоритма расчета размера цифрового изображения позволяет обоснованно выбирать условия его формирования, исходя из задаваемой точности при определении выборочной средней и точности измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тихвинский С.Ф.* Улучшение качества прядильного льна. – Л.: Колос, 1978.
2. *Ордина Н.А.* Структура лубоволокнистых растений и ее изменение в процессе обработки. – М.: Легкая индустрия, 1978. С. 127.
3. *Пашин Е.Л.* Агропроизводство и технологическое качество льна. – Кострома: ВНИИ по перераб. луб. культур, 2004.
4. *Добычин В.П.* Вопросы теории и методологии исследований в текстильной технологии. – М.: Научтехиздат, 1960.
5. *Вольф В.Г.* Статистическая обработка опытных данных. – М.: Колос, 1966.
6. Единое окно доступа к ассортименту продукции: портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.yusb-mikroskop.rf](http://www.yusb-mikroskop.rf) (дата обращения: 12.10.2015).

REFERENCES

1. *Tihvinskij S.F.* Uluchshenie kachestva prjadil'nogo l'na. – L.: Kolos, 1978.
2. *Ordina N.A.* Struktura lubovoloknistyh rastenij i ee izmenenie v processe obrabotki. – M.: Legkaja industrija, 1978. S. 127.
3. *Pashin E.L.* Agroproduzvodstvo i tehnologicheskoe kachestvo l'na. – Kostroma: VNII po pererab. lub. kul'tur, 2004.
4. *Dobychin V.P.* Voprosy teorii i metodologii issledovanij v tekstil'noj tehnologii. – M.: Naughtehizdat, 1960.
5. *Vol'f V.G.* Statisticheskaja obrabotka opytnyh dannyh. – M.: Kolos, 1966.
6. Edinoe okno dostupa k assortimentu produkci: portal [Jelektronnyj resur]. – Rezhim dostupa: [http:// www.jusb-mikroskop.rf](http://www.jusb-mikroskop.rf) (data obrashhenija: 12.10.2015).

Рекомендована кафедрой механических технологий волокнистых материалов. Поступила 23.11.15.