

УДК 677.11: 620.1

**ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ НА РАЗРЫВ ЛЕНТЫ
ИЗ КОРОТКОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА**

**ESTIMATION TENSILE STRENGTH TAPE
FROM THE SHORT FLAX FIBER**

А.В. КУЛИКОВ, Е.Л. ПАШИН, Е.В. СОБОЛЕВА
A.V. KULIKOV, E.L. PASHIN, E.V. SOBOLEVA

(Костромской государственной технологической университет,
Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства)
(Kostroma State University of Technology,
All-Russian Research Institute of Mechanization of Flax Production)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Получена модель, определяющая взаимосвязь между разрывным усилием волокнистой ленты и длиной составляющих ее волокон, значения которых распределены по нормальному закону. Для получения модели применен метод имитационного моделирования.

A model that defines the relationship between the breaking strength of the sliver and the length of its constituent fibers, whose values are normally distributed. For the model, the method of simulation.

Ключевые слова: лен, волокно, лента, имитационное моделирование, разрывное усилие, длина.

Keywords: flax, fiber, tape, simulation, breaking strength, length.

В целях совершенствования методов оценки качества лубоволокнистых полуфабрикатов [1...3] исследуем взаимосвязь между разрывным усилием ленты и средней длиной составляющих ее волокон. Для этого рассмотрим часть ленты длиной l . Допустим, что она состоит из n вертикальных слоев, не взаимодействующих с другими слоями, а ее поперечное сечение яв-

ляется квадратом со стороной b (рис. 1-а). Кроме этого допускаем, что волокна расположены параллельно друг другу и имеют одинаковый поперечный размер g .

Рассмотрим продольное сечение по одному из слоев ленты (рис. 1-б). Он содержит горизонтальные последовательности волокон, следующих друг за другом. Всего таких последовательностей n .

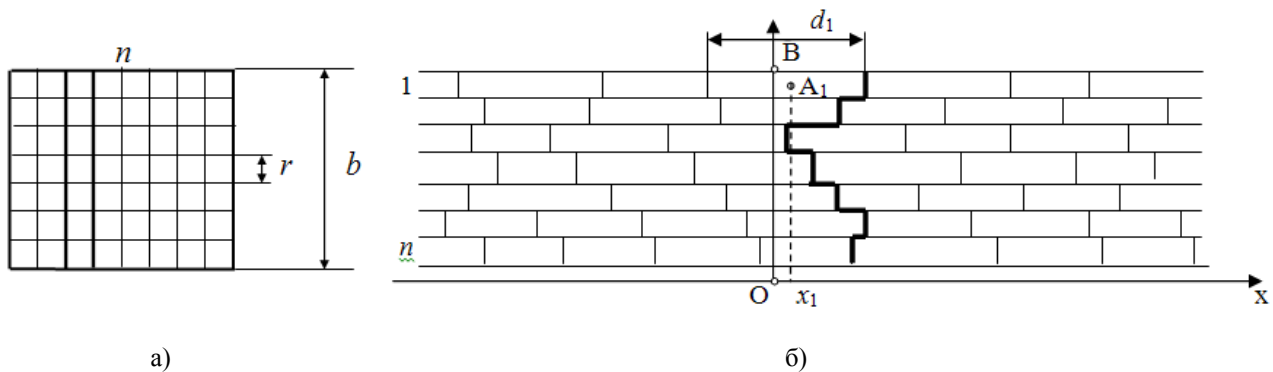


Рис. 1

В силу принятых допущений каждое волокно соприкасается только с волокнами, расположенными сверху и снизу. При взаимодействии друг с другом на волокно действуют силы трения-сцепления, которые направлены вдоль его оси в сторону, противоположную внешним силам. Под внешними силами понимаем те силы, которые прикладываются к ленте при ее разрушении путем разрыва.

Допустим, что давление p между последовательностями, возникающее под действием сил, уплотняющих ленту, распределено равномерно по длине ленты. Полагаем, что при разрыве ленты она размещается в осях координат с направлением оси Ox вдоль ленты. Нулевому значению координаты x будет соответствовать поперечное сечение ленты по плоскости OB .

Сила трения, действующая между соседними волокнами в слое, пропорциональна давлению, поперечному размеру волокна r и длине участка соприкосновения t :

$$F_1 = \mu prt, \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения волокна о волокно.

Вероятно, что разрыв всего рассматриваемого слоя ленты будет происходить по неопределенной линии (на рис. 1-б выделена жирным). Из формулы (1) следует, что разрывное усилие пропорционально сумме L длин горизонтальных участков этой линии: $L = \sum_{i=1}^{n-1} t_i$, где t_i – длина участ-

ка соприкосновения двух волокон, находящихся в i -й и $(i+1)$ -й последовательности.

Эта сумма длин является случайной величиной, зависящей от длины отдельных волокон и их расположения относительно друг друга. Длина каждого волокна, в свою очередь, также случайная величина.

Для выявления параметров распределения длин волокон было исследовано 15 партий короткого льняного волокна, полученных на Шолоховском льнозаводе Костромской области. Волокна каждой партии подвергали штапельному анализу. В результате установлено, что закон распределения длины волокон близок к нормальному, что позволило определить точечные оценки параметров распределения длины волокон для разных партий короткого льняного волокна: среднее значение и коэффициент вариации (рис. 2).

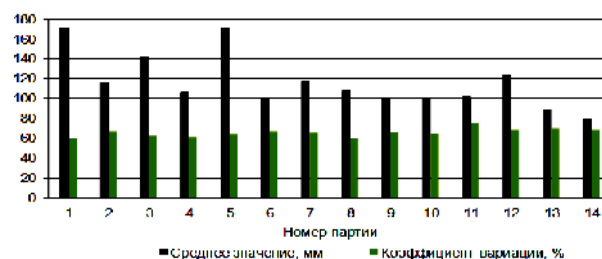


Рис. 2

Анализ полученных данных показал, что основным отличием исследуемых партий является варьирование средней длины волокон. Коэффициент вариации изменяется незначительно.

Таким образом, принимаем – длина волокна d это случайная величина с нормальным законом распределения:

$$p_d(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} e^{-\frac{(x-m_d)^2}{2\sigma_d^2}}, \quad (2)$$

где m_d – математическое ожидание; σ_d – среднее квадратическое отклонение.

Среднюю длину волокна можно считать равной математическому ожиданию m_d . Выразим длину L через длины отдельных волокон d_i (i – номер последовательности), входящих в поперечное сечение ОВ, а также через координаты их центров x_i . Середина волокна с одинаковой вероятностью может попасть в любую точку из промежутка $(-d_i/2, d_i/2)$. Поэтому координата x_i является равномерно распределенной с плотностью, равной:

$$p_{x_i}(x) = \frac{1}{d_i} \text{ при } -\frac{d_i}{2} \leq x \leq \frac{d_i}{2}. \quad (3)$$

Тогда среднюю длину L можно вычислить по формуле:

$$L = \sum_{i=1}^{n-1} \left| x_i + \frac{d_i}{2} - \left(x_{i+1} + \frac{d_{i+1}}{2} \right) \right|. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что случайные величины d_i и x_i являются зависимыми. Поэтому нахождение аналитического выражения для закона распределения случайной величины L является трудоемкой задачей. Для нахождения среднего значения этой величины воспользуемся методом статистических испытаний Монте-Карло [3]. Алгоритм расчета длины L представлен на рис. 3. Он был реализован с помощью программы Microsoft Excel в целях определения среднего значения величины L при различных значениях средней длины волокна m_d .

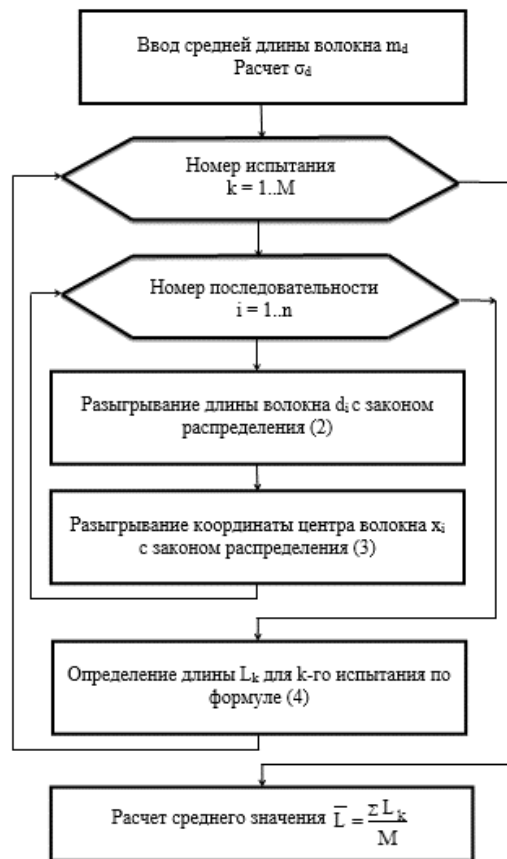


Рис. 3

Определив среднее значение длины \bar{L} , можно рассчитать разрывное усилие ленты:

$$F = \mu p r \bar{L} n. \quad (5)$$

Если число слоев n выразить через толщину ленты b и поперечный размер волокна $n = \frac{b}{r}$, то

$$F = \mu p b \bar{L}.$$

С учетом полученной зависимости возможно установление связи между разрывным усилием F и средней длиной волокон m_d , составляющих ленту. На рис. 4 эта зависимость представлена в виде графика, из которого следует, что между сравниваемыми параметрами существует взаимное соответствие.

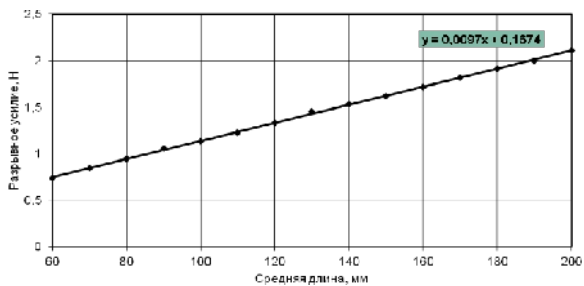


Рис. 4

ВЫВОДЫ

1. Получена модель, определяющая взаимосвязь между разрывным усилием волокнистой ленты и длиной составляющих ее волокон, значения которых распределены по нормальному закону.

2. При прочих равных условиях испытаний разрывное усилие ленты определяется средней длиной волокон. Вариация их по длине в условиях сравнения разных партий волокна оказывает незначительное влияние.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борухсон Б.В., Городов В.В., Скворцов А.Г.* Товароведение лубяных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974.
2. *Пашин Е.Л., Куликов А.В., Румянцева И.А. и др.* Инструментальные системы оценки технологического качества льна. – Одинцово: АНОО ВПО "АГИ", 2010.
3. *Соболь И.М.* Численные методы Монте-Карло. – М.: Физматлит, 1973.

REFERENCES

1. Boruhson B.V., Gorodov V.V., Skvorcov A.G. *Tovarovedenie lubjanyh volokon.* – M.: Legkaja industrija, 1974.
2. Pashin E.L., Kulikov A.V., Rumjanceva I.A. i dr. *Instrumental'nye sistemy ocenki tehnologicheskogo kachestva l'na.* – Odincovo: ANOO VPO "AGI", 2010.
3. Sobol' I.M. *Chislennyye metody Monte-Karlo.* – M.: Fizmatlit, 1973.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 18.11.14.