

## ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ПРЯДИЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЛИННОГО ТРЕПАНОГО ЛЬНОВОЛОКНА

### EXPRESS ESTIMATION OF THE LONG SCUTCHED FLAX FIBER SPINNING ABILITY

*A.C. ДЯГИЛЕВ, А.Н. БИЗЮК, А.Г. КОГАН*  
*A.S. DYAGILEV, A.N. BIZYUK, A.G. KOGAN*

(Витебский государственный технологический университет)  
(Vitebsk State Technological University)  
E-mail: dyagilev@vstu.by

*Авторами предложена методика экспресс-оценки прядельной способности длинного трепаного льноволокна на основе ядерной оценки плотности совместного вероятностного распределения разрывной нагрузки и гибкости. Предложенная методика программно реализована в информационной системе контроля качества и внедрена в производственный процесс лаборатории входного контроля РУПТП "Оршанский льнокомбинат".*

*The authors proposed a method of express estimation of the long scutched flax fiber spinning ability on the basis of kernel density estimation of the joint probability distribution of breaking load and flexibility. The proposed method is implemented in software in the information system of quality control and introduced into the manufacturing process of the RUPTE "Orsha Linen Mill" input control laboratory.*

**Ключевые слова:** контроль качества, экспресс-оценка, информационная система контроля качества, прядельная способность, длинный трепаный лен.

**Keywords:** quality control, express estimation, information system of quality control, spinning ability, long scutched flax.

В статье приводятся результаты статистического исследования массива данных, содержащего результаты лабораторного исследования физико-механических свойств более чем 2500 партий белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013-2015 гг. [1], [2]. Анализ данных проводился с применением языка статистических вычислений R [3]. На рис. 1 приведено распределение показателей качества (номеров) в исследуемом массиве данных.

Как видно из рис. 1, в поставках белорусских льнозаводов преобладает длинное трепаное льноволокно 11 номера. Волокно ниже 10 номера не закупается льнокомбинатом, волокно 14 и более высоких номеров не поставлялось белорусскими льнозаводами в 2013-2015 гг.

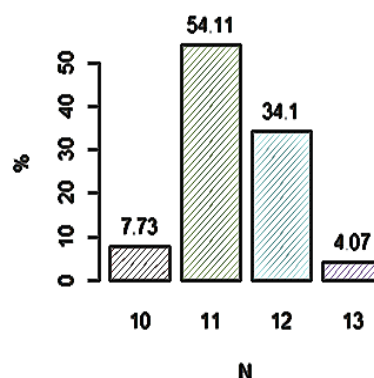


Рис. 1

В результате статистического анализа [4] было определено, что наибольшее влияние на прядельную способность длинного трепаного льноволокна оказывают его раз-

рывная нагрузка и гибкость. Это обуславливает особенный интерес к использованию именно этих показателей для прогнози-

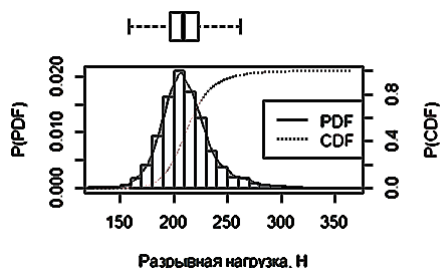


Рис. 2

На рис. 2 и 3 приведены гистограммы распределений разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна. Несмотря на визуальную схожесть приведенных распределений с нормальным, согласно критерию Шапиро-Уилка они таковыми не являются:

- разрывная нагрузка,  $W = 0,96228$ ,  $p\text{-value} < 2,2e^{-16}$ ;

- гибкость,  $W = 0,97782$ ,  $p\text{-value} < 2,2e^{-16}$ .

Методика экспресс-оценки прядильной способности длинного трепаного льноволокна, реализованная в информационной системе контроля качества РУПП "Оршанский льнокомбинат", основана на анализе данных лабораторного исследования разрывной нагрузки и гибкости с применением метода Парзена-Розенблатта ядерной оценки функции плотности вероятностей [5], [6], которая представляет собой конечную сумму:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{mh} \sum_{i=1}^m K\left(\frac{x-x_i}{h}\right), \quad (1)$$

где  $K()$  – функция гауссова ядра;  $m$  – число ядер, равное объему выборки;  $h$  – величина сглаживающего окна, рассчитываемая методом Сильвермана [5];  $x_i$  – экспериментальные значения исследуемого параметра (разрывной нагрузки или гибкости), для которого вычисляется значение функции плотности вероятности.

На рис. 2 и 3 приведены оценки функций распределения (PDF) и кумулятивных функций распределения (CDF), вычисленных на основе ядерной оценки плотности

вания прядильной способности длинного трепаного льноволокна.

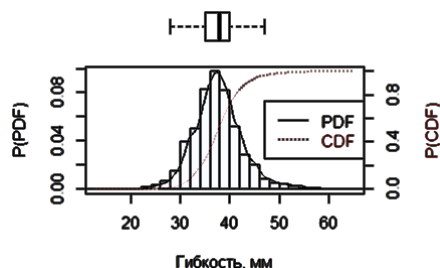


Рис. 3

распределения (1). Кумулятивные функции распределения (CDF) полностью определяют вероятностные распределения значений разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна, в частности, позволяют генерировать неограниченные по объему массивы данных [7] и могут быть использованы в задачах имитационного моделирования.

Между гибкостью и разрывной нагрузкой длинного трепаного льноволокна существует статистически значимая корреляционная связь ( $r=0,198$ ;  $n=2500$ ;  $p\text{-value} < 2,2e^{-16}$ ). Таким образом, представляет практический интерес ядерная оценка плотности совместного распределения разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна. При этом в качестве функции ядра в выражении (1) используется функция двумерного гауссова ядра [8].

На рис. 4 приведена ядерная оценка плотности совместного распределения разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна.

Функция плотности вероятностей, полученная с помощью ядерной оценки плотности совместного распределения разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна, позволяет, при заданной вероятности, построить доверительные области.

На рис. 4-а...г приведены совместные распределения и 95%-ные доверительные области для распределения разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна для номеров с 10 по 13, также на рисунках отмечены модальные значения совместных распределений.

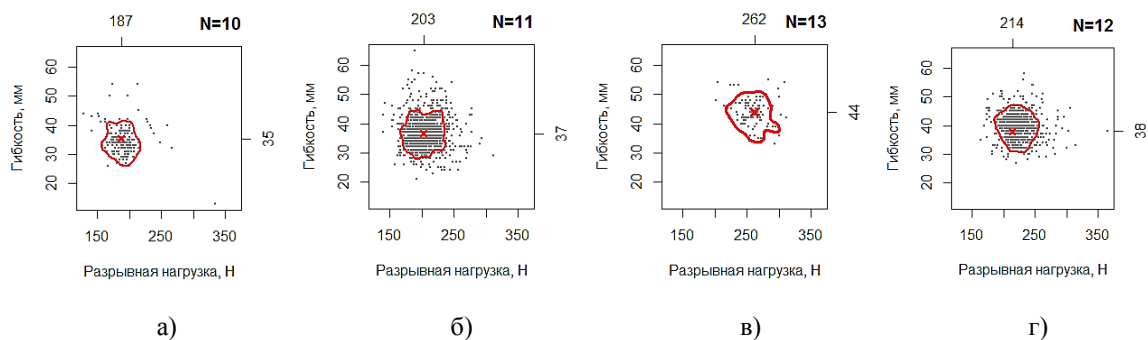


Рис. 4

Рис. 4-а...г показывает области, в которых находятся наиболее типичные комбинации значений разрывной нагрузки и гибкости для каждого из номеров. Например, образец льноволокна, заявленного как 13 номер, обладает разрывной нагрузкой 250 Н и гибкостью 45 мм. Согласно рис. 4-г этот образец попадает внутрь 95%-ной доверительной области для совместного распределения разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна 13 номера, таким образом, он может быть отнесен к 13 номеру. Пусть образец льноволокна, заявленного как 11 номер, обладает разрывной нагрузкой 200 Н и гибкостью 50 мм. Согласно рис. 4-б этот образец не попадает внутрь 95%-ной доверительной области для совместного распределения разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна 11 номера.

Приведенная методика экспресс-оценки внедрена в информационную систему контроля качества РУПТП "Оршанский льнокомбинат" и на этапе ввода данных позволяет оперативно получить предварительную оценку прядильной способности длинного трепаного льноволокна.

## ВЫВОДЫ

Предложена методика экспресс-оценки прядильной способности длинного трепаного льноволокна на основе ядерной оценки плотности совместного распределения разрывной нагрузки и гибкости. Предложенная методика внедрена в производственный процесс лаборатории входного контроля РУПТП "Оршанский льнокомбинат".

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г. Исследование качественных характеристик белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013 года // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2014, № 27. С. 31...37.
2. Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г. Сравнительный анализ физико-механических свойств длинного трепаного льноволокна // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2016, № 30. С. 12...20.
3. R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
4. Дягилев А.С., Бизюк А.Н., Коган А.Г. Оценка прядильной способности длинного трепаного льноволокна // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2015, № 28. С. 61...70.
5. Silverman B.W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman & Hall/CRC. – 1986. P. 7...11.
6. Venables W.N. and Ripley B.D. Modern Applied Statistics with S. Fourth edition. Springer. – 2002.
7. Дягилев А.С., Коган А.Г. Исследование и моделирование физико-механических свойств волокон котонизированного льна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 2. С.37...41.
8. Дягилев А.С., Коган А.Г. Методы и средства исследований технологических процессов. – Витебск: ВГТУ, 2012.

## REFERENCES

1. Dyagilev A.S., Bizyuk A.N., Kogan A.G. Issledovanie kachestvennykh kharakteristik belorusskogo dlinnogo trepanogo l'novolokna urozhaya 2013 goda // Vestnik Vitebskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2014, №27. S. 31...37.
2. Dyagilev A.S., Bizyuk A.N., Kogan A.G. Sravnitel'nyy analiz fiziko-mekhanicheskikh svoystv dlinnogo trepanogo l'novolokna // Vestnik Vitebskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2016, № 30. S. 12...20.
3. R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

4. Dyagilev A.S., Bizyuk A.N., Kogan A.G. Otsenka pryadil'noy sposobnosti dlinnogo trepanogo l'novolokna // Vestnik Vitebskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2015, № 28. S. 61...70.

5. Silverman B.W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman & Hall/CRC. – 1986. P.7...11.

6. Venables W.N. and Ripley B.D. Modern Applied Statistics with S. Fourth edition. Springer. – 2002.

7. Dyagilev A.S., Kogan A.G. Issledovanie i modelirovaniye fiziko-mekhanicheskikh svoystv volokon

kotonizirovannogo l'na // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, № 2. S. 37...41.

8. Dyagilev A.S., Kogan A.G. Metody i sredstva issledovaniya tekhnologicheskikh protsessov. – Vitebsk: VGTU, 2012.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных материалов. Поступила 03.04.17.

---