

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЛИННОГО ТРЕПАНОГО ЛЬНОВОЛОКНА**

А.С. Дягилев, А.Н. Бизюк, А.Г. Коган

УДК 677.11.021.16/022:658.562

## РЕФЕРАТ

*ДЛИННОЕ ТРЕПАНОЕ ЛЬНОВОЛОКНО, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА, ЧАСТНЫЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА*

*В статье приведен анализ данных физико-механических свойств белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013–2015 гг. Для 10, 11, 12, 13 номеров длинного трепаного льноволокна построены частные функции качества для разрывной нагрузки, гибкости, горстевой длины и группы цвета. Приведенные в статье графики частных функций качества позволяют проводить анализ и сравнение качества отдельной партии длинного трепаного льноволокна с качеством льноволокна урожая 2013–2015 гг. Разработанные графики частных функций качества могут быть использованы сотрудниками льноперерабатывающих предприятий, занимающимися контролем качества длинного трепаного льноволокна.*

## ABSTRACT

*LONG SCUTCHED FLAX FIBER, QUALITY CONTROL, PARTIAL QUALITY FUNCTIONS*

*Analysis of physical and mechanical properties of long scutched flax harvested in Belarus in 2013–2015 was conducted in the article. For 10, 11, 12 and 13 quality indices of long scutched flax fiber partial functions of quality for breaking load, flexibility, color group and handful length were built. The graphics of partial quality functions allow analyzing and comparing the quality of a single batch of long scutched flax fiber with quality of flax fiber harvested in 2013–2015. Developed graphs of partial quality functions can be used by the specialists in the flax processing enterprises involved in quality control of long scutched flax fiber.*

РУПТП «Оршанский льнокомбинат» является крупнейшим в Республике Беларусь и Восточной Европе льноперерабатывающим предприятием. Информационная система контроля качества предприятия [1] аккумулирует данные о более чем 90 % льноволокна, производимого в Республике Беларусь. Применение современных статистических методов и информационных технологий при проектировании и контроле качества льняных текстильных материалов позволяет увеличить скорость принятия управленческих решений и повысить качество выпускаемой продукции [2, 3]. Настоящее исследование основано на анализе данных, собранных в информационной системе льнокомбината, включающих сведения о физико-механических свойствах более 3000 партий длинного трепаного льноволокна, произведенного белорусскими льнозаводами

в 2013–2015 годах [4, 5]. Целью исследования является выявление статистических закономерностей в свойствах длинного трепаного льноволокна.

На рисунке 1 приведено распределение показателей качества (номеров), определенных согласно действующей нормативной документации [6], белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013–2015 годов.

Как видно из рисунка 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 годах.

Согласно методике оценки качества длинного трепаного льноволокна [6], числен-

ная оценка прядильной способности  $N$  (номер) определяется по следующей формуле:

$$N = A + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4, \quad (1)$$

где  $A, A_1, A_2, A_3, A_4$  – коэффициенты, значение которых изменяется в зависимости от значения горстевой длины трепаного льноволокна  $X_1$  – горстевая длина, см;  $X_2$  – группа цвета;  $X_3$  – разрывная нагрузка, Н;  $X_4$  – гибкость, мм. После получения расчетного значения номера длинного трепаного льноволокна в него могут вноситься поправки в зависимости от горстевой длины, заостренности, наличия недоработки, значения произведений коэффициентов вариации по разрывной нагрузке и гибкости.

Особенность применяемой методики заключается в том, что низкие значения одного из физико-механических свойств могут быть компенсированы более высоким значением другого [7]. В случае рекламации, не подтверждения заявленного поставщиком (льнозаводом) номера волокна, в результате инструментальной оценки, проведенной в сертифицированной лаборатории, поставщик может либо согласиться с понижением номера для партии льноволокна, либо отозвать партию на пересортировку. В последнем случае необходимо знать, какое именно из



физико-механических свойств не удовлетворяет заданному номеру. Для этого был разработан и внедрен в информационную систему контроля качества РУПТП «Оршанский льнокомбинат» статистический метод частных функций качества [8, 9].

Частная функция качества для определения относительного положения среднего значения выбранного физико-механического свойства отдельной партии (образца) по отношению ко всем обследованным образцам, имеющим аналогичный заявленный показатель качества (номер):

$$S(x) = 1 - CDF(x) = \int_x^{\infty} PDF(t) dt \approx \sum_{i: x_i \geq x} p_i = \frac{1}{n} \cdot k_{x_i \geq x}, \quad (2)$$

где  $x$  – значение свойства одного исследованного образца;  $CDF(x)$  – кумулятивная функция распределения;  $PDF(t)$  – функция плотности вероятности;  $p_i$  – вероятность, связанная со значением, удовлетворяющим условию  $x_i \geq x$ ;  $n$  – количество исследованных образцов;  $k$  – количество образцов, удовлетворяющих условию  $x_i \geq x$ .

Численное значение частной функции качества показывает, какое количество обследованных образцов обладает лучшим значением выбранного свойства. В информационной системе контроля качества РУПТП «Оршанский льнокомбинат» реализовано автоматическое вычисление значения частной функции качества для каждого исследуемого физико-механического свойства. Для использования частных функций качества вне информационной системы предлагается построить по формуле (2) графики частных функций качества для каждого физико-механического свойства и для каждого показателя качества (номера).

На рисунках 2–5 приведены графики частных функций качества для разрывной нагрузки, гибкости, горстевой длины и группы цвета длинного трепаного льноволокна урожая 2013–2015 гг. Приведенные графики частных функций качества рассчитаны и построены с использованием языка статистической обработки данных R [10].

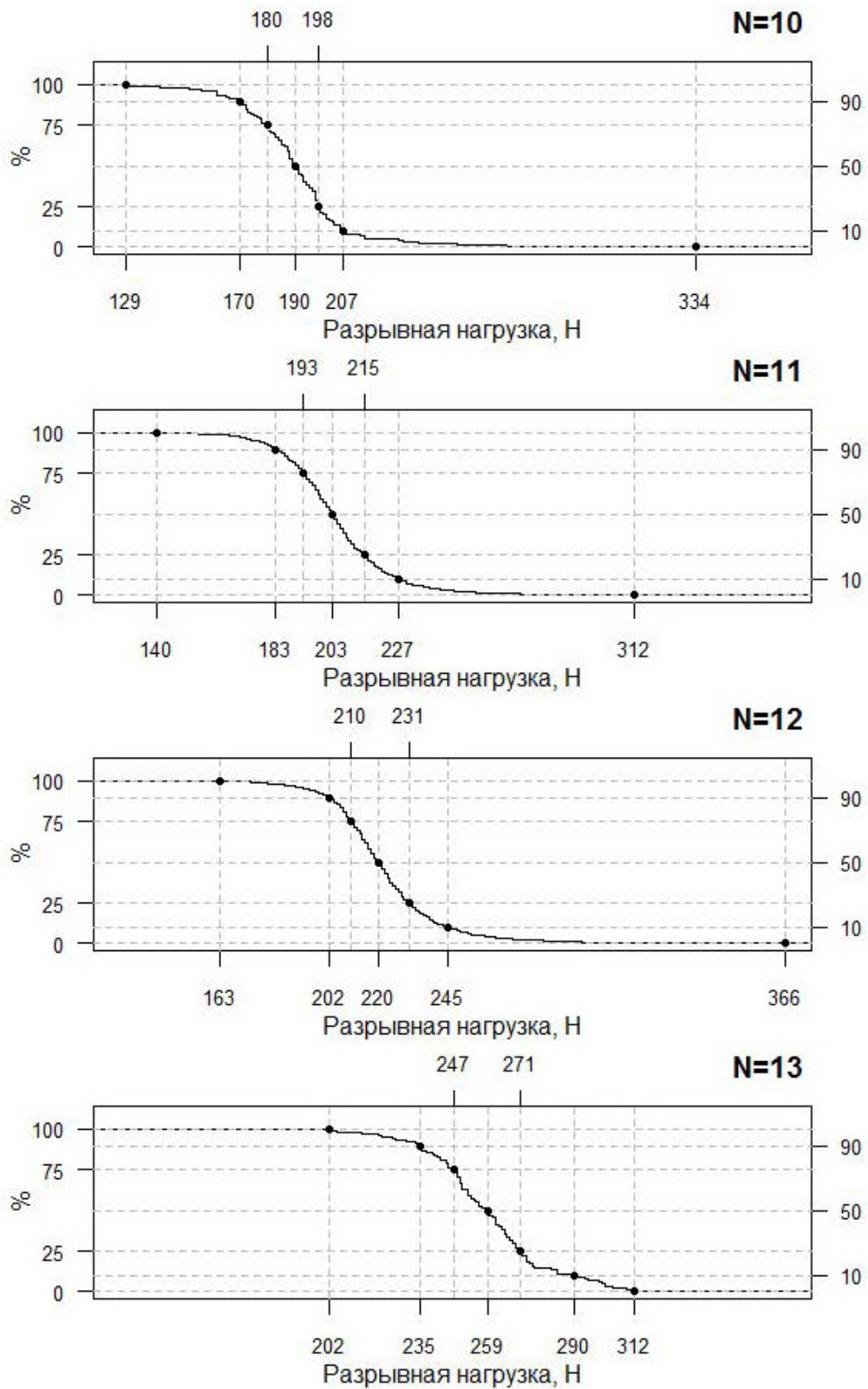


Рисунок 2 – Частные функции качества для разрывной нагрузки длинного трепаного льноволокна урожая 2013–2015 годов

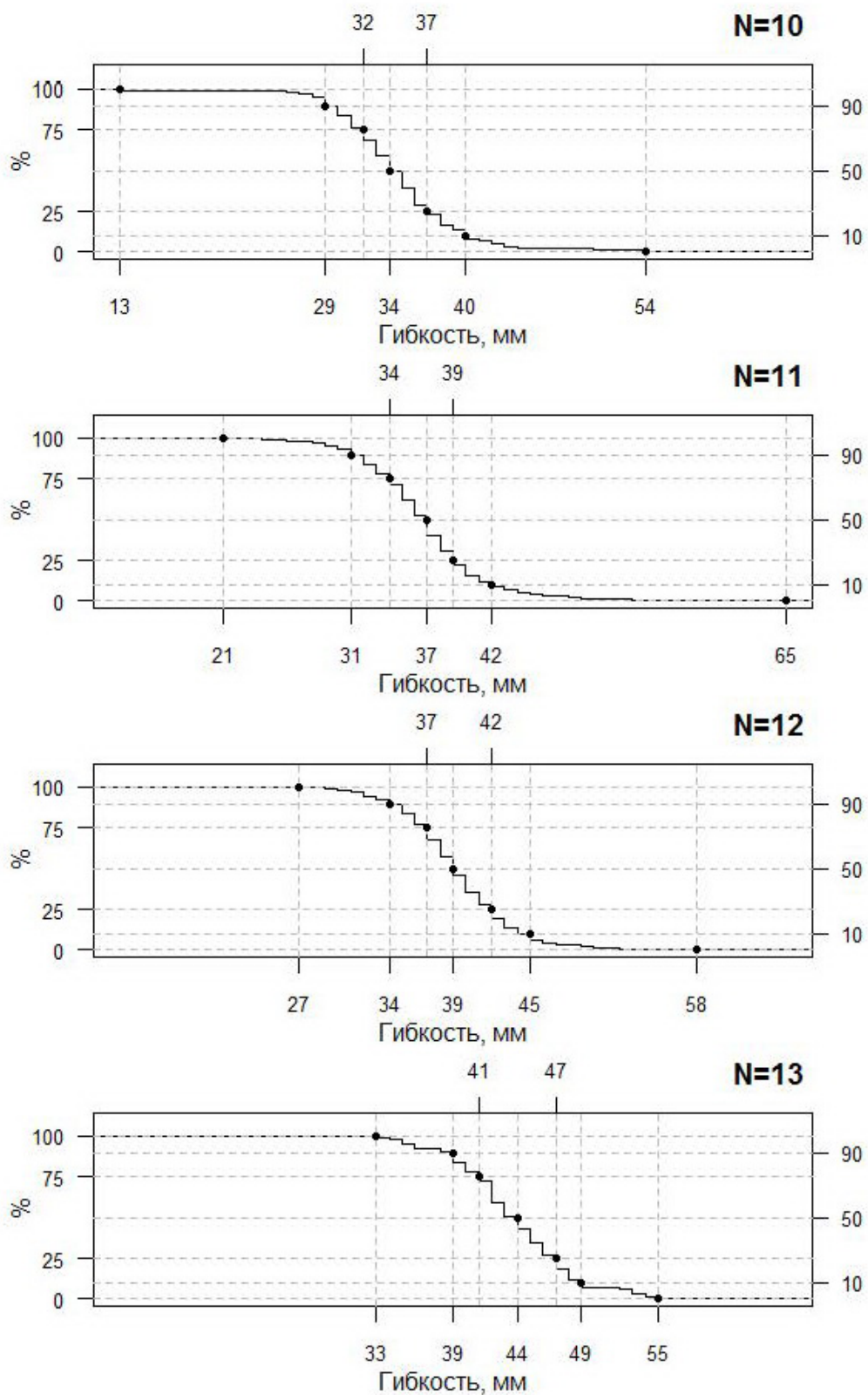


Рисунок 3 – Частные функции качества для гибкости длинного трепаного льноволокна урожая 2013–2015 годов

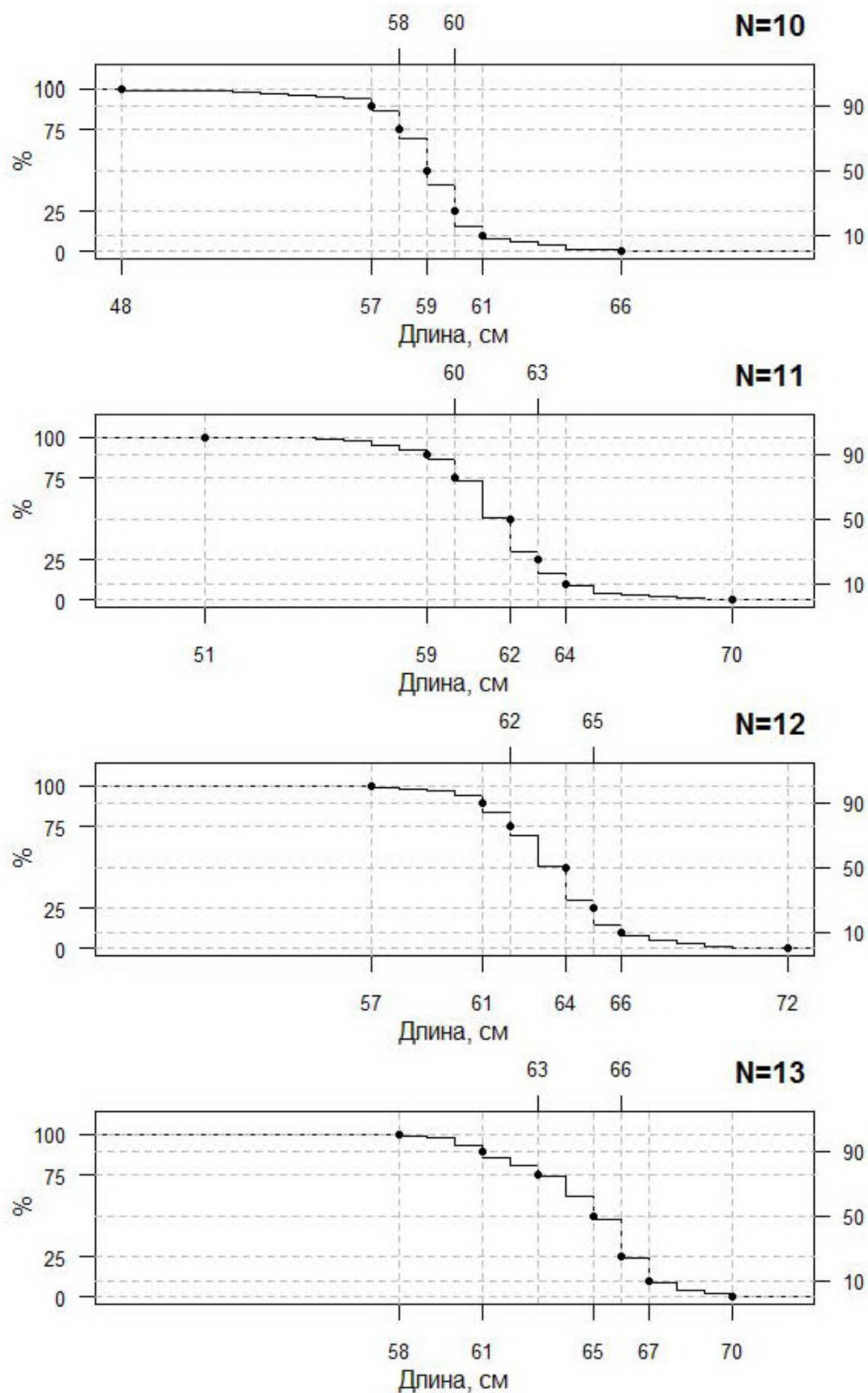


Рисунок 4 – Частные функции качества для горстевой длины длинного трепаного льноволокна урожая 2013–2015 годов

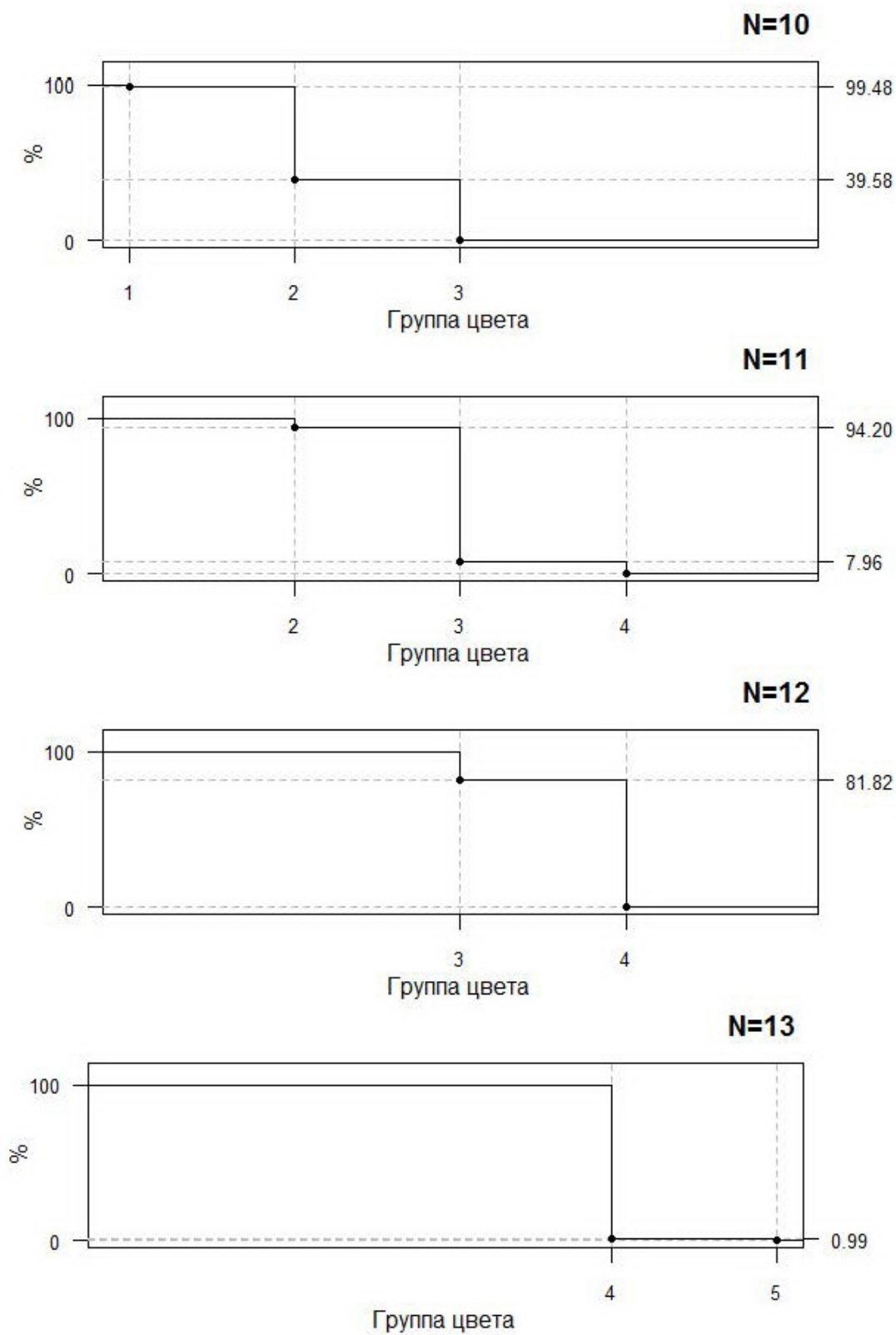


Рисунок 5 – Частные функции качества для группы цвета длинного трепаного льноволокна урожая 2013–2015 годов

Графики частных функций качества, представленные на рисунках 2–5, могут быть использованы для проведения сравнительной оценки отдельной партии длинного трепаного льноволокна с льноволокном урожая 2013–2015 гг. Проведя перпендикуляр к оси абсцисс в точке, соответствующей среднему значению выбранного свойства отдельной партии льноволокна, находят точку пересечения перпендикуляра с графиком частной функции качества, затем, проведя через эту точку линию, перпендикулярную оси ординат, можно найти значение частного показателя качества для выбранного образца. Так, например, для партии волокна 10 номера (рисунок 2), со средним значением разрывной нагрузки 198 Н, значение частного показателя качества равняется 25 %, то есть 25 % образцов обладают значением разрывной нагрузки больше 198 Н.

Из рисунков 2–5 видно, что с увеличением численного значения показателя качества (номера) графики частных функций качества выбранного физико-механического свойства длинного трепаного льноволокна сдвигаются вправо, что свидетельствует об увеличении численных значений физико-механических свойств волокна с увеличением номера.

В таблице 1 приведены результаты сравнительного анализа значений физико-механических свойств образца длинного трепаного льноволокна с инструментально подтвержденным 11 номером, имеющего среднее значение разрывной нагрузки 219 Н; среднее значение гибкости 35 мм; среднее значение горстевой длины 63 см; среднее значение группы цвета 3.

Анализируя данные, приведенные в таблице 1, можно сделать следующие заключения:

- Если бы данный образец был заявлен по-

ставщиком как льняное волокно 10-го номера, то он бы входил в 10 % лучших образцов по разрывной нагрузке и горстевой длине. По гибкости он попадал бы в 50 %, но не попадал бы в 25 % лучших образцов. При этом он обладал бы самым лучшим значением группы цвета.

- Данный образец был заявлен поставщиком как 11 номер. По горстевой длине 25 % образцов обладают лучшим значением, чем у выбранного образца. По гибкости он попадает в 75 %, но не попадает в 50 % лучших образцов. По разрывной нагрузке он попадает в 25 %, но не попадает в 10 % лучших образцов. По группе цвета только 7.96 % образцов обладают лучшим значением, чем у выбранного образца.

- Если бы данный образец был заявлен поставщиком как льняное волокно 12-го номера, то 81,82 % образцов обладало бы лучшим значением группы цвета. По горстевой длине он попадал бы в 75 %, но не попадал бы в 50 % лучших образцов. По гибкости он попадал бы в 90 %, но не попадал бы в 75 % лучших образцов. По разрывной нагрузке он попадал бы в 75 %, но не попадал бы в 50 % лучших образцов. В этом случае, при рекламации, необходимо обратить внимание на значения группы цвета и гибкости.

- Если бы данный образец был заявлен поставщиком как льняное волокно 13-го номера, то 100 % образцов обладало бы лучшим значением группы цвета, поскольку 3 группа цвета не встречается в образцах 13 номера. По горстевой длине ровно 75 % образцов обладают лучшим значением, чем у выбранного образца. По гибкости и разрывной нагрузке более 90 % образцов обладало бы лучшими значениями свойств. В данном случае образец обладает неудовлетворительными значениями всех исследованных

Таблица 1 – Значения частных функций качества для выбранного образца

Номер	По разрывной нагрузке	По гибкости	По горстевой длине	По группе цвета
10	<10 %	25 – 50 %	<10 %	0 %
11	10 – 25 %	50 – 75 %	25 %	7.96 %
12	50 – 75 %	75 – 90 %	50 – 75 %	81.82 %
13	>90 %	>90 %	75 %	100 %

свойств.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенный анализ данных физико-механических свойств белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013-2015гг, позволил для 10, 11, 12, 13 номеров длинного трепаного льноволокна построить частные функции качества для разрывной нагрузки, гибкости, горстевой длины и группы цвета. Получен-

ные графики частных функций качества позволяют проводить анализ и сравнение качества отдельной партии длинного трепаного льноволокна с качеством льноволокна урожая 2013-2015гг. Приведенные графики частных функций качества могут быть использованы сотрудниками льноперерабатывающих предприятий, занимающимися контролем качества длинного трепаного льноволокна.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н., Коган, А.Г. (2016), Построение информационной системы для контроля качества длинного трепаного льноволокна, *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*, 2016, № 1 (361), С. 51-54.
2. Дягилев, А.С., Коган, А.Г. (2012), *Методы и средства исследований технологических процессов*, Витебск, 2012, 206 с.
3. Дягилев А. С., Коган А.Г. (2015), Исследование и моделирование физико-механических свойств волокон котонизированного льна, *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*, 2015, № 2 (356), С. 37-42.
4. Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н., Коган, А.Г. (2014), Исследование качественных характеристик белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013 года, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2014, № 27, С. 31.
5. Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н., Коган, А.Г. (2015), Исследование цветовых характеристик льноволокна в процессе чесания, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2015, № 29, С. 31-42.
6. СТБ 1195–2008. *Волокно льняное трепаное длинное*, Введ. 2008-04-30, Минск, Госстандарт

## REFERENCES

1. Dyagilev, A.S., Biziuk, A.N., Kogan A.G. (2016), Construction of an information system for quality control of long scutched flax fiber [Postroenie informacionnoj sistemy dlja kontrolja kachestva dlinnogo trepanogo l'novolokna], *Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti - News of high schools. Technology textile industry*, 2016, № 1 (361), pp. 51-54
2. Dyagilev, A.S., Kogan A.G. (2012), *Metody i sredstva issledovanij tehnologicheskikh processov* [Methods and means of research of technological processes], Vitebsk, 2012, 206 p.
3. Dyagilev, A.S., Kogan A.G. (2015), Research and modeling of physical and mechanical properties of cottonized flax fibers [Issledovanie i modelirovanie fiziko-mehaničeskikh svojstv volokon kotonizirovannogo l'na], *Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti - News of high schools. Technology textile industry*, 2015, № 2 (356), pp. 37-42.
4. Dyagilev, A.S., Biziuk, A.N., Kogan A.G. (2014), Investigation of belarussian long scutched flax fiber quality characteristics of 2013-th year crop [Issledovanie kachestvennyh arakteristik belarusskogo dlinnogo trepanogo l'novolokna urozhaja 2013 goda], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologičeskogo universiteta - Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2014, № 27, p. 31.



- Республики Беларусь, 2008, 30 с.
7. Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н., Коган, А.Г. (2015), Оценка прядильной способности длинного трепаного льноволокна, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2015, № 28, С. 61.
  8. Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н., Коган, А.Г. (2015), Производственный контроль качества длинного трепаного льноволокна, *Известия вузов. Технология легкой промышленности*, 2015, № 2, С. 59.
  9. Dyagilev Andrey, Biziuk Andrei, Kogan Alexander (2016), Estimation and prediction of longscutched flax spinning ability, *Proceedings of The 90th Textile Institute World Conference, Poznań*, 2016, pp. 66-72.
  10. R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
  5. Dyagilev, A.S., Biziuk, A.N., Kogan A.G. (2015), Investigation of changes in color characteristics of flax fiber in the carding process [Issledovanie cvetovyh harakteristik l'novolokna v processe chesaniya], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta - Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2015, № 29, pp. 31-42.
  6. STB 1195–2008. *Flax fiber scotched long*. Introduced 2008-04-30, Minsk, State Standard of the Republic of Belarus, 2008, 30 p.
  7. Dyagilev, A.S., Biziuk, A.N., Kogan A.G. (2015), Evaluation of long scutched flax spinning ability [Ocenka prjadil'noj sposobnosti dlinnogo trepanogo l'novolokna], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta - Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2015, № 28, p. 61.
  8. Dyagilev, A.S., Biziuk, A.N., Kogan A.G. (2015), Production quality control of long scutched flax [Proizvodstvennyj kontrol' kachestva dlinnogo trepanogo l'novolokna], *Izvestija vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti – The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry*, 2015, № 2, p. 59.
  9. Dyagilev Andrey, Biziuk Andrei, Kogan Alexander (2016), Estimation and prediction of longscutched flax spinning ability, *Proceedings of The 90th Textile Institute World Conference, Poznań*, 2016, pp. 66-72.
  10. R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

Статья поступила в редакцию 29. 04. 2016 г.