

ОЦЕНКА ПРЯДИЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЛИННОГО ТРЕПАНОГО ЛЬНОВОЛОКНА

А.С. Дягилев, А.Н. Бизюк, А.Г. Коган

УДК 677.11.017.2/.7

РЕФЕРАТ

ДЛИННОЕ ТРЕПАНОЕ ЛЬНОВОЛОКНО, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА, ПРЯДИЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ, МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЯДИЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ

Статья посвящена исследованию физико-механических свойств и качественных характеристик длинного трепаного льноволокна, чесаного льноволокна и льняного очеса.

Построены регрессионные модели для зависимостей разрывной нагрузки, гибкости, коэффициента вариации по разрывной нагрузке, коэффициента вариации по гибкости, группы цвета, горстевой длины длинного трепаного льноволокна от номера.

Разработана новая методика оценки прядильной способности длинного трепаного льноволокна для номеров 8, 9, 10, 11, 12, 13. По результатам контрольных прочесов, проведенных в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат», новая методика обеспечила 56.1 % оценок качества длинного трепаного льноволокна, удовлетворяющих требованиям отраслевых норм, против 20.3 % у методики, утвержденной действующим стандартом.

ABSTRACT

LONG SCUTCHED FLAX, QUALITY CONTROL, SPINNING ABILITY, METHOD OF DETERMINING OF THE ABILITY OF SPINNING

The article investigates the physical and mechanical properties and quality characteristics of long scutched flax, dressed flax fiber and linen waste.

Regression models were built for dependency of breaking load, flexibility, the coefficient of variation for breaking load, the coefficient of variation for flexibility, color group, length of long scutched flax fiber on the quality index (number).

A new method of estimating the long scutched flax fiber spinning ability for the numbers 8, 9, 10, 11, 12, 13 was developed. As a result of the control carding, implemented under production conditions of RUPTE «Orsha Linen Mill», new technique provided 56.1 % of long scutched flax quality grades satisfaction of the requirements of industry norms, against 20.3 % with the methodology approved by the current standard.

В современных условиях жесткой конкуренции на внутреннем и внешних рынках текстильных товаров усиливается значимость контроля качества на всей технологической цепочке производства текстильных материалов. В связи с этим особую практическую значимость для Республики Беларусь имеет контроль и оценка качества тканей, пряжи и полуфабрикатов, вырабатываемых из отечественного льноволокна. Данная работа посвящена экспериментальному исследованию прядильной способности длинного трепаного льноволокна. Данные о физико-механических свойствах длинного трепаного льноволокна получены с помощью информационной системы контроля качества РУПТП «Оршанский

льнокомбинат» [3, 4], являющегося системообразующим льноперерабатывающим предприятием Республики Беларусь, крупнейшим в Восточной Европе.

Качество длинного трепаного льноволокна характеризуется его прядильной способностью, оцениваемой согласно методике, изложенной в действующих нормативных актах Республики Беларусь и Российской Федерации [1, 2], которая была ГОСТИрована в СССР. С помощью номера волокна оценивается номер гипотетического продукта прядения, который можно получить из данного волокна. Таким образом, чем выше номер, тем выше его прядильная способность и меньше линейная плотность пряжи, которую

можно из него получить.

Особенности применяемой методики заключаются в том, что низкие значения одного из физико-механических свойств могут быть компенсированы более высоким значением другого. Численная оценка прядильной способности – (номер) находится по следующей формуле:

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

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

Данная методика призвана обеспечить соблюдение отраслевых норм [5] при производстве льняной пряжи, которые, в свою очередь, регламентируют нормы выхода и качественные характеристики чесаного льноволокна и льняного очеса, вырабатываемых из длинного трепаного волокна заданного номера.

В связи с меняющимися климатическими условиями, культивированием новых сортов льна, использованием новых видов удобрений и химикатов меняются вероятностные распределения физико-механических свойств льноволокна и, как следствие, его прядильная способность. Это приводит к учащению случаев несоответствия качественных показателей длинного трепаного льноволокна, чесаного льноволокна и льняного очеса требованиям отраслевых норм [1, 2, 3, 4].

Для экспериментального исследования качественных и физико-механических свойств длинного трепаного льноволокна и производимых из него чесаного льноволокна и льняного очеса в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» согласно [1] была проведена серия из 200 контрольных прочесов на льночесальной машине Ч-302-Л, агрегированной с автоматической раскладочной

машиной AP-500-ЛЗ.

Распределение номеров (показателей качества) длинного трепаного льноволокна, участвовавшего в контрольных прочесах, соответствует распределению номеров, перерабатываемых на второй фабрике РУПТП «Оршанский льнокомбинат», и приведено на рисунке 1 а.

Для анализа результатов контрольных прочёсов были построены адекватные регрессионные модели со статистически значимыми регрессионными коэффициентами, на уровне значимости $\alpha = 0,05$. Линии тренда и 95 % доверительные пределы построенных моделей приведены на рисунках 1 б, 1 в, 1 г.

Регрессионная зависимость (рисунок 1 б) номера чесаного льноволокна от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$N_q = 15.375, \quad (2)$$

где N_q – номер чесаного льноволокна.

Как видно из модели (2), статистически значимая (на уровне значимости $\alpha = 0,05$) взаимосвязь между номерами чесаного льноволокна и длинного трепаного льноволокна отсутствует. При этом среднее значение номера вырабатываемого чесаного льноволокна составляет 15.375. Отсутствие статистически значимой регрессионной зависимости между номерами чесаного льноволокна и длинного трепаного льноволокна, определенных согласно действующих технических нормативных правовых актов, не позволяет использовать номер длинного трепаного льноволокна для адекватного прогнозирования его прядильной способности.

Регрессионная зависимость (рисунок 1 в) номера льняного очеса от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$N_o = 0.481N_T, \quad (3)$$

где N_o – номер льняного очеса; N_T – номер трепаного льноволокна, определенный согласно СТБ 1195 [1].

Как видно из модели (3), при увеличении номера перерабатываемого длинного трепаного льноволокна на 1 среднее значение

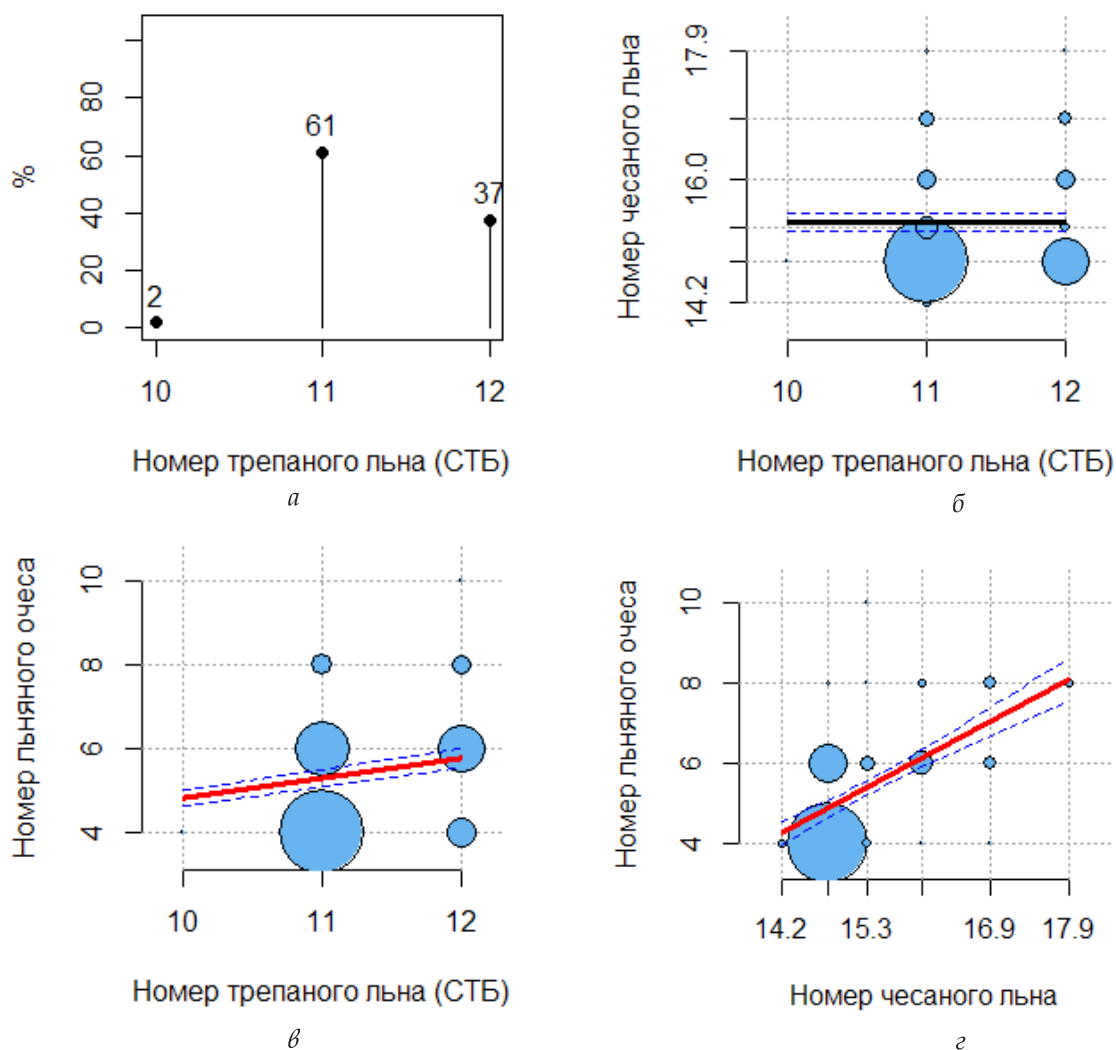


Рисунок 1 – Распределения качественных характеристик льноволокна при контрольных прочесах

номера вырабатываемого льняного очеса увеличивается на 0.481. Коэффициент детерминации регрессионной модели (3) составляет $R^2 = 0.93$ ($p\text{-value} < 2 \cdot 10^{-16}$).

Регрессионная зависимость (рисунок 1 г) номера льняного очеса от номера чесаного льноволокна имеет вид:

$$N_o = -10.497 + 1.038N_q, \quad (4)$$

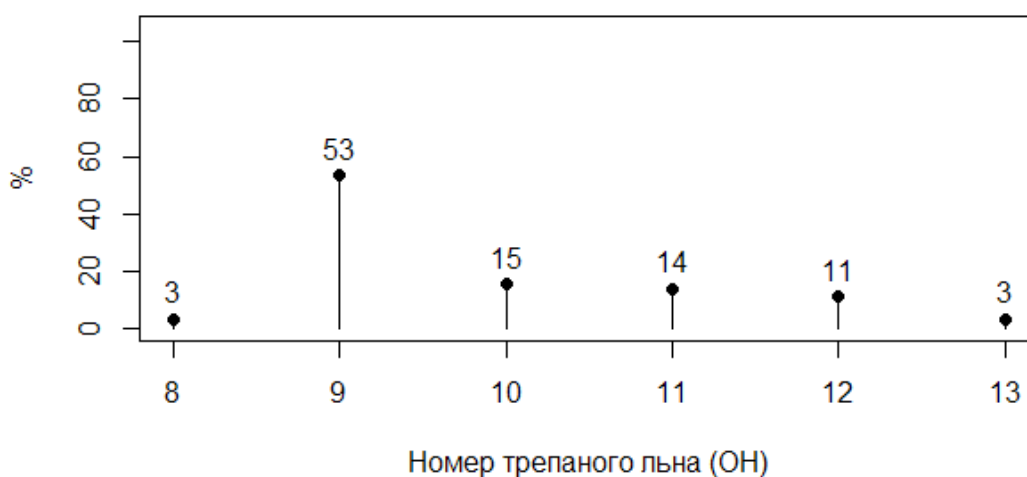
где N_o – номер льняного очеса; N_q – номер чесаного льноволокна.

Как видно из модели (4), при увеличении номера вырабатываемого чесаного льноволокна на 1 среднее значение номера вырабатываемого

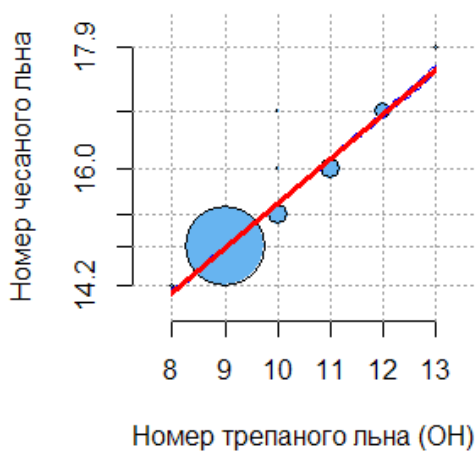
го льняного очеса увеличивается на 1.038. Коэффициент детерминации регрессионной модели (4) составляет $R^2 = 0.35$ ($p\text{-value} < 2 \cdot 10^{-16}$).

Согласно требованиям отраслевых норм [5], устанавливающих нормы выхода качественных показателей чесаного льноволокна и льняного очеса при переработке длинного трепаного льноволокна, был произведен перерасчет значений номеров длинного трепаного льноволокна в соответствии с результатами контрольных прочесов (рисунок 2 а).

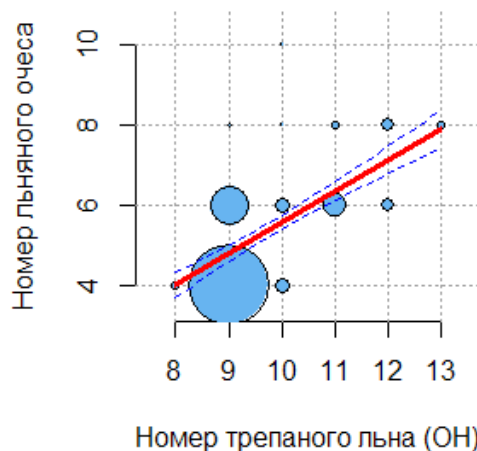
Как видно из рисунка 2 а, больше 50 % переработанного в результате контрольных прочесов длинного трепаного льноволокна, согласно отраслевым нормам, соответствует номеру 9 и ниже. Это не соответствует требованиям



а



б



в

Рисунок 2 – Распределения качественных характеристик льноволокна при контрольных прочесах

РУПТП «Оршанский льнокомбинат», закупающего длинное трепаное льноволокно не ниже 10 номера.

Согласно критерию Колмогорова-Смирнова была отвергнута нулевая гипотеза ($p\text{-value} < 2.2 \cdot 10^{-16}$) об общем вероятностном законе распределения качественных характеристик (номеров) длинного трепаного льноволокна, определенных согласно методике действующего СТБ (рисунок 1 а), и соответствующим отраслевым нормам (рисунок 2 а).

На рисунке 3 приведено совместное распределение номеров длинного трепаного льноволокна, определенных в соответствии с действующим стандартом (СТБ) и отраслевыми нормами (ОН).

Пунктирная линия на рисунке 3 соответствует совпадению показателей качества, определённых в соответствии с действующим стандартом и отраслевыми нормами. Как видно из рисунка, в результате проведенных контрольных прочесов только в 20,3 % случаев обеспечивались качественные характеристики чесаного льноволокна и льняного очеса не ниже требований, заложенных в отраслевые нормы.

На рисунке 4 приведены распределения разрывной нагрузки, гибкости, коэффициента вариации по разрывной нагрузке, коэффициента вариации по гибкости, группы цвета, горстевой длины длинного трепаного льноволокна по номерам, определенным согласно отраслевым нормам.

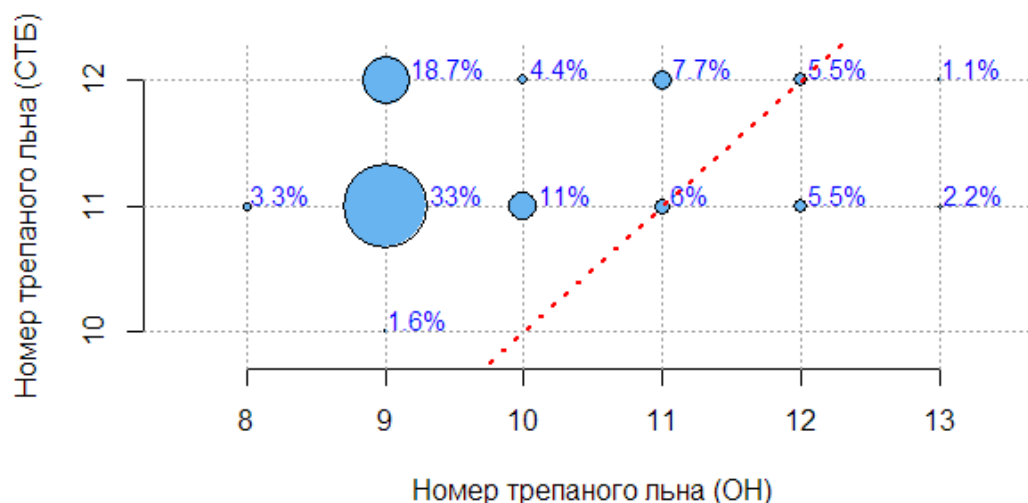


Рисунок 3 – Совместное распределение номеров длинного трепаного льноволокна, определенных в соответствии с действующим стандартом (СТБ) и отраслевыми нормами (ОН)

Пунктирная линия на рисунке 3 соответствует совпадению показателей качества, определённых в соответствии с действующим стандартом и отраслевыми нормами. Как видно из рисунка, в результате проведенных контрольных прочесов только в 20,3 % случаев обеспечивались качественные характеристики чесаного льноволокна и льяного очеса не ниже требований, заложенных в отраслевые нормы.

На рисунке 4 приведены распределения разрывной нагрузки, гибкости, коэффициента вариации по разрывной нагрузке, коэффициента вариации по гибкости, группы цвета, горстевой длины длинного трепаного льноволокна по номерам, определенным согласно отраслевым нормам.

Для анализа зависимостей физико-механических свойств длинного трепаного льноволокна от его номера, определенного согласно отраслевым нормам, были построены адекватные регрессионные модели со статистически значимыми регрессионными коэффициентами на уровне значимости $\alpha = 0,05$. Линии тренда и 95 % доверительные пределы построенных моделей приведены на рисунке 4.

Регрессионная зависимость (рисунок 4 а) разрывной нагрузки от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$P = 167.365 + 4.625 \cdot N_{ОН} \quad (5)$$

где P – разрывная нагрузка длинного трепаного льноволокна, Н; $N_{ОН}$ – номер длинного трепаного льноволокна, определенный согласно отраслевым нормам.

Как видно из модели (5), при увеличении номера длинного трепаного льноволокна на 1 среднее значение разрывной нагрузки увеличивается на 4.625 Н. Коэффициент детерминации регрессионной модели (5) составляет $R^2 = 0.051$ ($p\text{-value} = 2.019 \cdot 10^{-3}$), что говорит о высокой вариативности распределения значений разрывной нагрузки.

Регрессионная зависимость (рисунок 4 б) гибкости от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$F = 21.863 + 1.572 \cdot N_{ОН} \quad (6)$$

где F – гибкости длинного трепаного льноволокна, мм; $N_{ОН}$ – номер длинного трепаного льноволокна, определенный согласно отраслевым нормам.

Как видно из модели (6), при увеличении номера длинного трепаного льно-

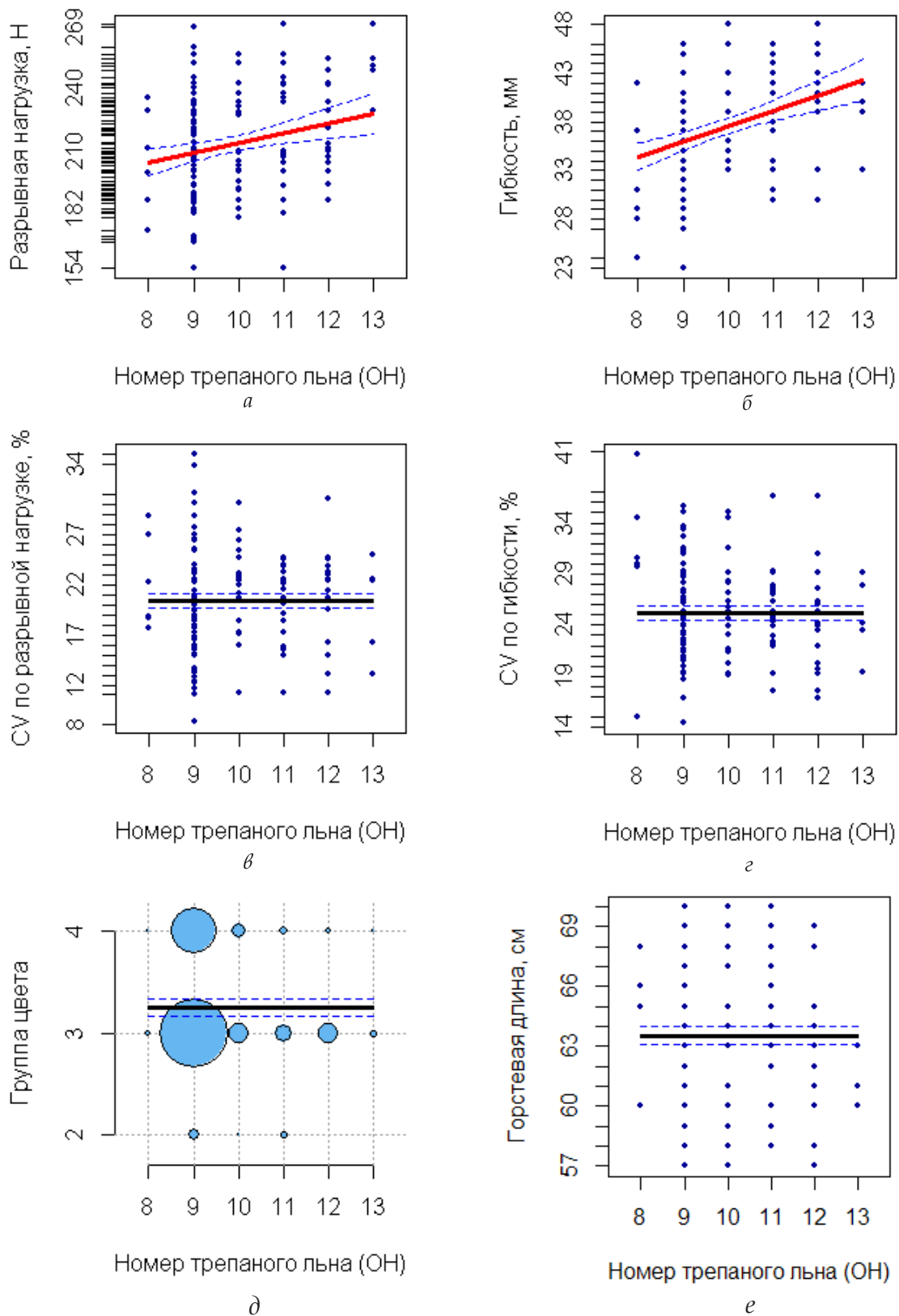


Рисунок 4 – Распределения физико-механических свойств длинного трепаного льноволокна по номерам, определенным согласно отраслевым нормам

волокна на 1 среднее значение гибкости увеличивается на 1.572 мм. Коэффициент детерминации регрессионной модели (5) составляет $R^2 = 0.117$ (p -value = $2.133 \cdot 10^{-6}$), что говорит о высокой вариативности распределения значений разрывной нагрузки.

Регрессионная зависимость (рисунок 4 б) коэффициента вариации по разрывной нагрузке от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$CV_P = 20.428, \quad (7)$$

где CV_P – коэффициент вариации по разрывной нагрузке длинного трепаного льноволокна, %.

Регрессионная зависимость (рисунок 4 в) коэффициента вариации по гибкости от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$CV_F = 25.143, \quad (8)$$

где CV_F – коэффициент вариации по гибкости длинного трепаного льноволокна, %.

Регрессионная зависимость (рисунок 4 д) группы цвета от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$C = 3.247, \quad (9)$$

где C – группы цвета длинного трепаного льноволокна, %.

Регрессионная зависимость (рисунок 4 е) горстевой длины от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$L = 63.533, \quad (10)$$

где L – горстевая длина длинного трепаного льноволокна, %.

Как видно из моделей (7)–(10), коэффициент вариации по разрывной нагрузке, коэффициент вариации по гибкости, группа цвета и горстевая длина не имеют статистически значимой (на уровне значимости $\alpha = 0,05$) взаимосвязи с но-

мером длинного трепаного льноволокна, определенного согласно отраслевым нормам. При этом каждое из приведенных физико-механических свойств имеет статистически значимый средний уровень.

На основе изложенных результатов экспериментального исследования физико-механических и качественных характеристик длинного трепаного льноволокна, чесаного льноволокна и льняного очеса была предпринята попытка разработки новой методики оценки прядильной способности длинного трепаного льноволокна. Для устранения возможности компенсации низкого относительного уровня одного свойства высоким значением другого было принято решение о том, что методика должна представлять собой совокупность ограничений, накладываемых на каждое из физико-механических свойств.

С помощью методов компьютерного имитационного моделирования, с использованием среды статистических вычислений R [8] были определены минимально допустимые значения физико-механических свойств для номеров длинного трепаного льноволокна с 8 по 13. В качестве изменяемых параметров использовались вероятности, используемые для построения доверительных пределов моделей (5)–(10). В качестве целевой функции, максимизируемой при определении граничных значений физико-механических свойств, использовалась характеристика качества, показывающая долю прочесов, обеспечивающих качественные характеристики чесаного льноволокна и льняного очеса не ниже требований, заложенных в отраслевые нормы:

$$\sum_{N_{OH} \geq N_{HM}} \frac{1}{n} \cdot 100 \rightarrow \max, \quad (11)$$

где N_{OH} – номер длинного трепаного льноволокна, определенный согласно отраслевым нормам; N_{HM} – номер длинного трепаного льноволокна, определенный согласно новой методике; n – общее количество прочёсов.

Минимально допустимые значения физико-механических свойств длинного трепаного льноволокна для номеров 8 – 13 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Минимально допустимые значения физико-механических свойств длинного трепаного льноволокна

N	Разрывная нагрузка, Н	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	Гибкость, мм	Коэффициент вариации по гибкости, %	Длина, см	Группа цвета
8	178	37	32	36	57	2
9	183	37	33	36	57	2
10	188	37	35	36	57	2
11	192	37	37	36	57	2
12	197	37	38	36	57	2
13	201	37	40	36	57	2

Как видно из таблицы 1, свойства длинного трепаного льноволокна, не имеющие статистически значимой взаимосвязи с номером, определенным согласно отраслевым нормам, (7)–(10) имеют постоянные значения.

Согласно таблице 1, был произведен перерасчет значений номеров длинного трепаного льноволокна. Совместное распределение номеров длинного трепаного льноволокна, определенных согласно таблице 1, и номеров согласно отраслевым нормам приведено на рисунке 5.

Как видно из рисунка 5, оценка качества, полученная по новой методике, в 56,1 % случаев

обеспечивает качественные характеристики чесаного льноволокна и льняного очеса не ниже требований, заложенных в отраслевые нормы.

С использованием бутстреп метода [9] в среде статистических вычислений **R** было получено вероятностное распределение характеристики качества (11) новой методики (рисунок 6).

В таблице 2 приведены квантили распределения характеристики качества (11) новой методики, рассчитанные с помощью бутстреп метода.

Как видно из таблицы 2, с вероятностью в 95 % значение характеристики качества новой методики будет находиться в диапазоне 48.351

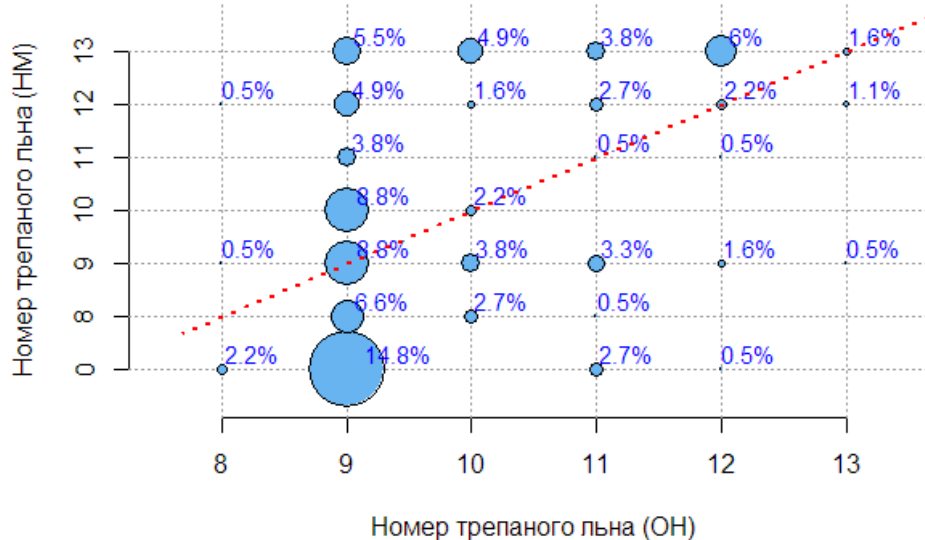


Рисунок 5 – Совместное распределение номеров длинного трепаного льноволокна определенных по новой методике (HM) и согласно отраслевым нормам (OH)

– 63.736 %, а с вероятностью 50 % – в диапазоне 53.846 – 59.340.

ВЫВОДЫ

Разработана новая методика оценки прядильной способности длинного трепаного льноволокна для номеров 8, 9, 10, 11, 12, 13. По результатам контрольных прочесов, проведенных в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат», новая методика обеспечила 56.1 % оценок качества длинного трепаного льноволокна, удовлетворяющих требованиям отраслевых норм, против 20.3 % у методики, утвержденной действующим стандартом.

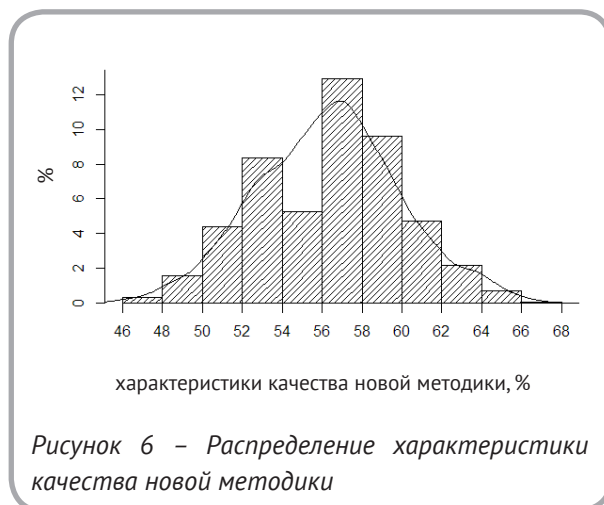


Таблица 2 – Квантили распределения характеристики качества новой методики

2.5%	5%	25%	50%	75%	95%	97.5%
48.351	50.549	53.846	57.142	59.340	62.637	63.736

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СТБ 1195–2008. *Волокно льняное трепаное длинное*, Введ. 2008-04-30, Минск, Госстандарт Республики Беларусь, 2008, 30 с.
2. ГОСТ 10330–76. *Лен трепаный*, Введ. 1989-01-01, Москва, Издательство стандартов 1989, 23 с.
3. СТБ 2064–2010. *Лен чесаный. Технические условия*, Введ. 2010-05-20, Минск, Госстандарт Республики Беларусь, 2010, 20 с.
4. ТУ РБ 00311852.067–97. *Очес льняной*, Введ. 2013-02-22, Минск, Госстандарт Республики Беларусь 2012, 29 с.
5. Отраслевые нормы и нормативы расхода льняного сырья (смеси его с химическими волокнами) в прядении, расхода пряжи на производство ниток и крученой пряжи, отхо-

REFERENCES

1. STB 1195–2008. *Flax fiber scutched long*. Introduced 2008-04-30, Minsk, State Standard of the Republic of Belarus, 2008, 30 p.
2. GOST 10330–76. *Scutched linen*. Introduced 1989-01-01, Moscow, Publishing house of standards, 1989, 23 p.
3. STB 2064–2010. *Combed flax. Technical conditions*. Introduced. 2010-05-20, Minsk, State Standard of the Republic of Belarus, 2010, 20 p.
4. TU RB 00311852.067-97. *Linen waste*. Introduced. 02.22.2013, Minsk, State Standard of the Republic of Belarus, 2012, 29 p.
5. Industry norms and standards of raw flax consumption (a mixture of it with man-made fibers) in spinning, yarn consumption for the production of thread and twisted yarn, waste in weaving and finishing of linen (mixed)

- дов в ткачестве и отделке льняных (смешанных) тканей, Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие «Центр научных исследований легкой промышленности» РУП «Центр научных исследований легкой промышленности», Минск, 2011. 29 с.
6. Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н. (2014), Информационная система контроля качества льноволокна, *Материалы докладов 47 международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*, Витебск, 2014, С. 222-224.
 7. 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.
 8. R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
 9. Эфрон, Б. (1988), *Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа*, Москва, Финансы и статистика, 1988, 263 с.
- fabrics, Republican Unitary Research Enterprise «Research Center Light industry» RUE «Research Center of Light Industry », Minsk, 2011, 29 p.
 6. Diaghilev, A.S., Biziuk, A.N. (2014), Information system of flax quality control [Informacionnaja sistema kontrolja kachestva l'novolokna], *Proceedings of the 47 International scientific and technical conference of teachers and students*, Vitebsk, 2014, pp. 222-224.
 7. Diaghilev, 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 harakteristik belorusskogo dlinnogo trepanogo l'novolokna urozhaja 2013 goda], *Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2014, № 27, p. 31.
 8. R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
 9. Efron, B. (1988), *Netradicionnye metody mnogomernogo statisticheskogo analiza*, [Nontraditional methods of multivariate statistical analysis], Moscow, Finance and Statistics, 1988, 263 p.

Статья поступила в редакцию 30. 03. 2015 г.