

УДК 677.11.021.183

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЧЕСАНИЯ ДЛИННОГО ТРЕПАНОГО ЛЬНОВОЛОКНА

Доц. Дягилев А.С., ст. преп. Бизюк А.Н., проф. Коган А.Г.

Витебский государственный технологический университет

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.

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 АР-500-ЛЗ.

Для анализа результатов контрольных прочёсов были построены адекватные регрессионные модели со статистически значимыми регрессионными коэффициентами, на уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

Регрессионная зависимость, номера чесаного льноволокна от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$N_{\text{ч}} = 15.375 \quad (1)$$

где  $N_{\text{ч}}$  – номер чесаного льноволокна.

Как видно из модели (1) 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 номера льняного очеса от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$N_{\text{о}} = 0.481N_{\text{т}} \quad (2)$$

где  $N_{\text{о}}$  – номер льняного очеса;  $N_{\text{т}}$  – номер трепаного льноволокна, определенный согласно СТБ 1195 [1].

Как видно из модели (2) при увеличении номера перерабатываемого длинного трепаного льноволокна на 1 среднее значение номера вырабатываемого льняного очеса увеличивается на 0.481. Коэффициент детерминации регрессионной модели (2) составляет  $R^2 = 0.93$  (p-value <  $2 \cdot 10^{-16}$ ).

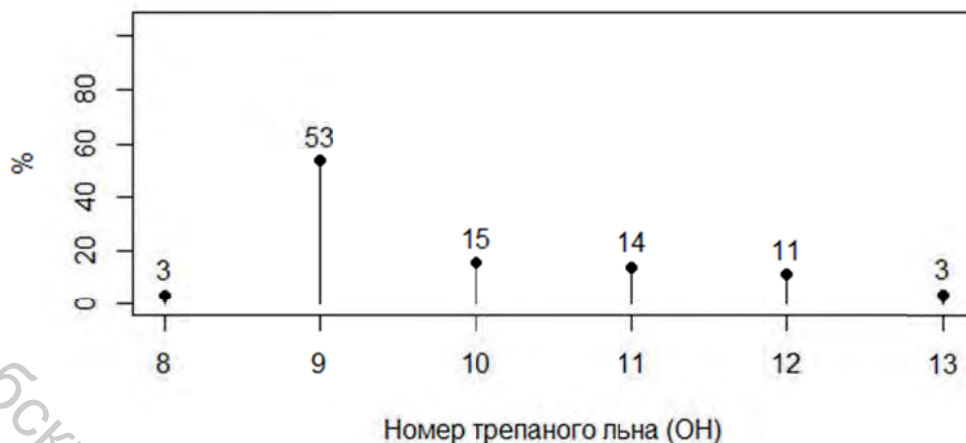
Регрессионная зависимость номера льняного очеса от номера чесаного льноволокна имеет вид:

$$N_{\text{о}} = -10.497 + 1.038N_{\text{ч}} \quad (3)$$

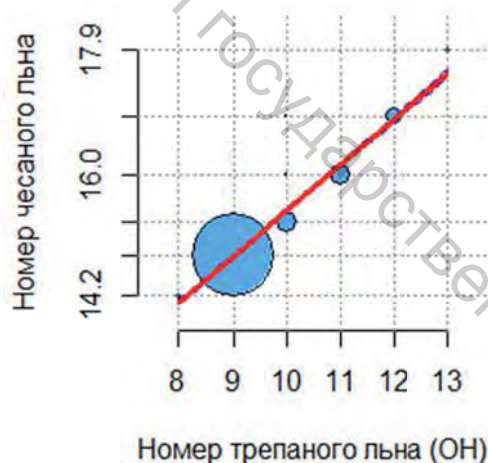
где  $N_{\text{о}}$  – номер льняного очеса;  $N_{\text{ч}}$  – номер чесаного льноволокна.

Как видно из модели (3), при увеличении номера вырабатываемого чесаного льноволокна на 1 среднее значение номера вырабатываемого льняного очеса увеличивается на 1.038. Коэффициент детерминации регрессионной модели (3) составляет  $R^2 = 0.35$  (p-value <  $2 \cdot 10^{-16}$ ).

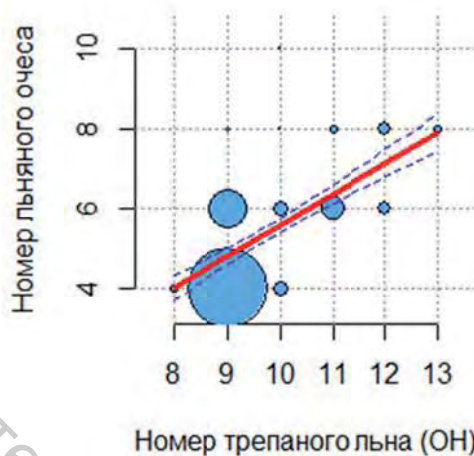
Согласно требованиям отраслевых норм [3], устанавливающих нормы выхода качественных показателей чесаного льноволокна и льняного очеса при переработке длинного трепаного льноволокна, был произведен перерасчет значений номеров длинного трепаного льноволокна в соответствии с результатами контрольных прочесов (рисунок 1а).



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Распределения качественных характеристик льноволокна при контрольных прочесах (согласно отраслевым нормам)

Как видно из рисунка 1а, больше 50% переработанного в результате контрольных прочесов длинного трепаного льноволокна, согласно отраслевым нормам, соответствует номеру 9 и ниже. Это не соответствует требованиям 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 методики действующего СТБ, и соответствующих отраслевым нормам.

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 разрывной нагрузки от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$P = 167.365 + 4.625 \cdot N_{\text{ОН}} \quad (4)$$

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

Как видно из модели (4), при увеличении номера длинного трепаного льноволокна на 1 среднее значение разрывной нагрузки увеличивается на 4.625 Н. Коэффициент детерминации регрессионной модели (4) составляет  $R^2 = 0.051$  ( $p\text{-value} = 2.019 \cdot 10^{-3}$ ), что говорит о высокой вариативности распределения значений разрывной нагрузки.

Регрессионная зависимость гибкости от номера длинного трепаного льноволокна имеет вид:

$$F = 21.863 + 1.572 \cdot N_{\text{ОН}} \quad (5)$$

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

Как видно из модели (5), при увеличении номера длинного трепаного льноволокна 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.

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

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. Отраслевые нормы и нормативы расхода льняного сырья / НИРУП ЦНИЛП - Минск, 2011. – 29 с.
4. Дягилев, А.С. Исследование качественных характеристик белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013 года / А.С. Дягилев, А.Н. Бизюк, А.Г. Коган // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – № 27. – С. 31.

УДК 004.94

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОПИТКИ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Ст. преп. Бизюк А.Н., к.т.н., доц. Ясинская Н.Н.*

*Витебский государственный технологический университет*

Пропитка текстильных материалов различными жидкостями является неотъемлемой частью большинства технологических процессов заключительной отделки. Поэтому актуальной является проблема моделирования процессов пропитки для определения оптимальных технологических параметров [1]. Однако моделирование процесса пропитки текстильного материала осложнено по следующим причинам:

1. текстильные материалы имеют сложную, неоднородную внутреннюю структуру;
2. В процессе пропитки движение жидкости внутри материала происходит за счет нескольких физико-химических процессов;
3. необходимо учитывать большое количество факторов.

В данной работе выполнено численное моделирование процесса пропитки текстильного многослойного материала методом конечных элементов.

При моделировании были использованы допущения для упрощения модели:

1. материал моделировался как однородное тело с анизотропией свойств по трем направлениям;
2. свойства материала были неизменны в процессе моделирования.

Для расчета движения жидкости в текстильном многослойном материале использовалась система компьютерного моделирования физико-химических процессов COMSOL multiphysics. В этой системе была построена модель двухслойного текстильного материала. Каждый слой обладает различными физико-химическими свойствами. Моделируемая жидкость помещается между слоями текстильного материала. Система COMSOL multiphysics позволяет моделировать различные физические процессы с использованием известных законов. В соответствии с выбранным физическим законом задаются соответствующие начальные и граничные условия для модели, которые зависят от свойств участвующих в процессе веществ и состояния окружающей среды. На рисунке 1 изображена схема многослойного текстильного материала, построенная в системе COMSOL multiphysics.

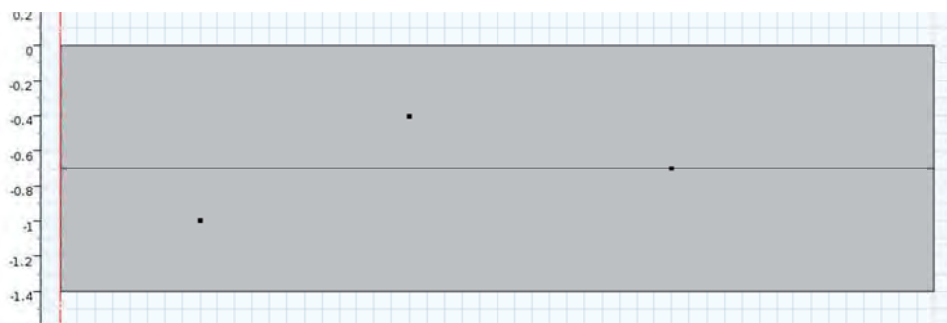


Рисунок 1 – схема многослойного текстильного материала