

УДК 677.021.256

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ СЛОЯ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА  
В ПРОЦЕССЕ ТРЕПАНИЯ**

**EXPERIMENTAL DETERMINATION  
OF THE MASS DISTRIBUTION FLAX STALKS LAYER  
DURING SCUTCHING**

*Н.И. КОВАЛЕНКО, С.Н. РАЗИН*  
*N.I. KOVALENKO, S.N. RAZIN*

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*В статье приведены результаты экспериментального исследования распределения массы слоя лубяного материала в процессе трепания в зависимости от различных технологических факторов. Полученные результаты необходимы для определения сил натяжения слоя и построения технологической схемы обработки сырья.*

*The results of the experimental determination of the distribution of mass bast layer material during scutching depending on the different technological factors. The results obtained are needed to more accurately determine the tension forces and build a layer of raw material processing flowsheet.*

**Ключевые слова:** масса, слой, количество воздействий, сила натяжения.

**Keywords:** mass, layer, number of influences, tension force.

Для оценки надежности фиксации слоя в зажимном механизме трепальных машин

разных моделей необходимо знать соотношение между силами трения слоя о поверх-

ности ремней зажимного механизма и силами натяжения, возникающими в слое от ударных воздействий бил трепальных барабанов. Вопросами изучения сил трения слоя о поверхности ремней и сил натяжения занимались многие ученые [1...16].

Обрабатываемый в трепальной машине слой состоит из прядей, зажатых в транспортирующих ремнях. Распределение массы по длине каждой из прядей определяется ее линейной плотностью, которая равна массе единицы длины пряди шириной 1 см.

В работах по исследованию процессов трепания линейная плотность слоя принималась величиной постоянной. В действительности линейная плотность пряди, подвергаемой трепанию, изменяется от некоторой величины в точке зажима до нуля. По мере продвижения прядей вдоль секций трепальной машины происходит процесс удаления из них костры и различных примесей. Поэтому свойства обрабатываемого материала и линейная плотность изменяются. Таким образом, распределение массы пряди по ее длине и ширине не является величиной постоянной.

Распределение массы по длине и ширине обрабатываемого слоя влияет на силы натяжения, возникающие в слое от действия бил трепальных барабанов. Поэтому силы натяжения, возникающие в слое, по мере его продвижения в процессе обработки изменяются по длине каждой из секций машины. В связи с этим задача по определению закона распределения массы прядей в процессе трепания необходима для проведения исследований изменения сил натяжения в процессе трепания.

Поставленная задача решалась экспериментально в лаборатории КГУ на стенде трепальной машины. Определение распределения массы проводили как по длине, так и по ширине слоя в отдельности для каждой из секций трепальной машины. В дальнейшем под шириной слоя  $L$  будем понимать длину секции трепальной машины, под длиной слоя  $l$  будем понимать длину свисающей части пряди от точки зажима (рис. 1).

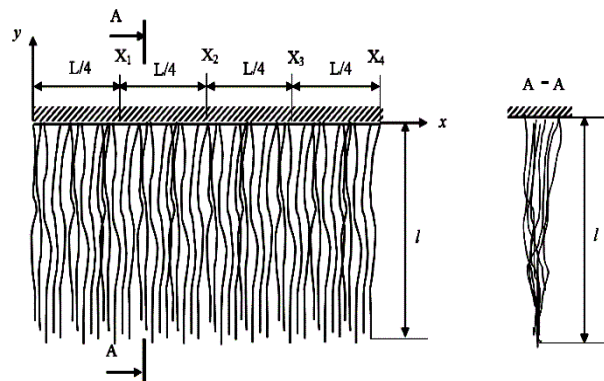


Рис. 1

Для проведения эксперимента использовали стланцевую тресту нормальной вылежки урожая 2015 года, полученную на Шолоховском льнозаводе. Длина стеблей равнялась в среднем 80 см. Из тресты готовили образцы массой 25 г. Из каждого образца формировали одностебельный слой шириной 100 мм, который был промят в мяльной машине с типовым набором вальцов. До и после промина образцы взвешивали на электронных весах.

Для проведения эксперимента по определению распределения массы прядей по длине и ширине слоя разработана специальная методика. Согласно этой методике выбирали определенные координаты сечений транспортирующего ремня вдоль секций трепальной машины (рис. 1). Координата первого сечения соответствует сечению зажима, расположенного на входе в первую секцию трепальной машины. Координата второго сечения соответствует  $1/4$  длины первой секции трепальной машины. Координата третьего сечения зажима соответствует  $1/2$  длины первой секции трепальной машины. Координата четвертого сечения зажима –  $3/4$  длины, а координата пятого сечения соответствует полной длине первой секции машины. Аналогично для измерения распределения массы выбирались координаты сечений зажима второй секции машины. Далее осуществляли выбор технологических параметров обработки прядей на экспериментальном стенде.

В процессе обработки на трепальной машине пряди сырца получают определенное количество воздействий. Общее количество воздействий  $K$ , получаемых прядью

при прохождении одной секции трепальной машины, определяется следующей зависимостью:

$$K = \frac{k_1 k_2 L n}{V_{\text{тр}}}$$

где  $k_1$  – количество бил трепального барабана трепальной машины;  $k_2$  – количество барабанов трепальной машины;  $L$  – длина секции трепальной машины, м;  $n$  – частота вращения барабанов трепальной машины, об/мин;  $V_{\text{тр}}$  – скорость движения транспортера трепальной машины, м/мин.

Количество воздействий  $K$ , получаемых прядью, зажатой в любом из сечений вдоль каждой секции трепальной машины, можно определить зависимостью:

$$K = \frac{k_1 k_2 X n}{V_{\text{тр}}}$$

где  $X$  – координата исследуемого сечения зажима вдоль секций машины, м.

Количество воздействий, которое получит прядья при ее обработке на экспериментальном стенде (модели трепальной машины), определяется зависимостью:

$$K_m = \frac{k_1^m k_2^m L_m n_m}{V_{\text{тр}}^m}$$

где  $K_m$  – количество воздействий, полученных прядью при ее обработке на модели;  $k_1^m$  – количество бил трепального барабана модели;  $k_2^m$  – количество барабанов модели;  $L_m$  – длина участка трепальной секции модели, на котором проводится исследование, м;  $n_m$  – частота вращения барабанов модели машины, об/мин;  $V_{\text{тр}}^m$  – скорость движения транспортера модели, м/мин.

Поскольку количество воздействий, получаемых прядью со стороны трепальных

барабанов трепальной машины  $K$ , должно равняться количеству аналогичных воздействий экспериментального стенда (модели трепальной машины)  $K_m$ , то приравнивая их

$$\frac{k_1 k_2 X n}{V_{\text{тр}}} = \frac{k_1^m k_2^m L_m n_m}{V_{\text{тр}}^m}$$

и учитывая, что  $k_1 = k_1^m$  и  $k_2 = k_2^m$ , получим зависимость для определения скорости движения транспортера модели:

$$V_{\text{тр}} = \frac{L_m}{X} V. \quad (1)$$

Частоту вращения барабана модели и частоту вращения барабана трепальной машины принимали одинаковыми:  $n = n_m$ .

Скорость движения транспортера экспериментального стенда  $V_{\text{тр}}^m$  рассчитывали по формуле (1) для различных технологических параметров процесса трепания. Скорость транспортера  $V_{\text{тр}}$  трепальной машины изменялась в диапазоне от 40 до 100 м/мин с интервалом 20 м/мин. Длина секции модели трепальной машины составляла  $L=1,9$  м. Координаты исследуемых сечений зажима пряди вдоль первой секции трепальной машины принимали равными:  $X_0=0$ ;  $X_1=1/4 L$ ;  $X_2=1/2L$ ;  $X_3=3/4L$ ;  $X_4=L$ , где  $L=3$  м. Частота вращения барабана модели и частота вращения барабана трепальной машины выбирались равными и составляли 150, 250 и 350 об/мин.

В табл. 1 представлены результаты расчета скорости движения транспортера модели, соответствующей скорости транспортера трепальной машины в интервале от 40 до 100 м/мин при прохождении им участка пути от входа в трепальную секцию до выбранных сечений зажима прядей.

Т а б л и ц а 1

Скорость транспортера трепальной машины, м/мин	Скорости движения транспортера модели, м/мин			
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
40	101,3	50,7	33,7	25,3
60	152	76	50,7	38
80	202,6	101,3	67,5	50,7

Для проведения измерений распределения массы по ширине и длине слоя в выбранных сечениях предварительно подготовленные образцы сырца были разделены на несколько партий. Первую партию образцов не подвергали обработке, и ее свойства соответствуют свойствам материала на входе в первую трепальную секцию машины. Остальные партии образцов получали количество воздействий, которое соответствует количеству воздействий, получаемых прядью при прохождении ею длины участка секции, соответствующего ранее выбранным координатам сечений зажима.

В ходе эксперимента для измерения распределения массы по ширине и длине слоя в первой трепальной секции образцы закрепляли в специальном приспособлении экспериментального станка за вершинную часть пряжи, а комлевая часть обрабатывалась. Для получения закономерностей изменения распределения массы по ширине и длине слоя второй трепальной секции машины образцы закрепляли за вершинную часть пряжи и сначала пропускали на всю

длину секции экспериментального станка. Образцы прядей получали количество воздействий, соответствующее количеству воздействий при прохождении ими всей длины первой трепальной секции. Затем образцы переворачивали и закрепляли за обработанную комлевую часть. Обработке подвергалась вершинная ее часть. Каждый из образцов получал такое количество воздействий, которое он получает при прохождении им участка секции, соответствующего ранее выбранным координатам сечений зажима. После обработки на экспериментальном станке образцы взвешивали на электронных весах. Процесс трепания слоя на экспериментальном станке соответствовал процессу трепания на реальной машине. Трепание осуществлялось двумя барабанами, имеющими конусную часть и снабженными винтовыми бильными планками.

Полученные результаты измерений позволили получить аналитические зависимости, определяющие закономерности изменения массы в любом сечении как по длине, так и по ширине слоя.

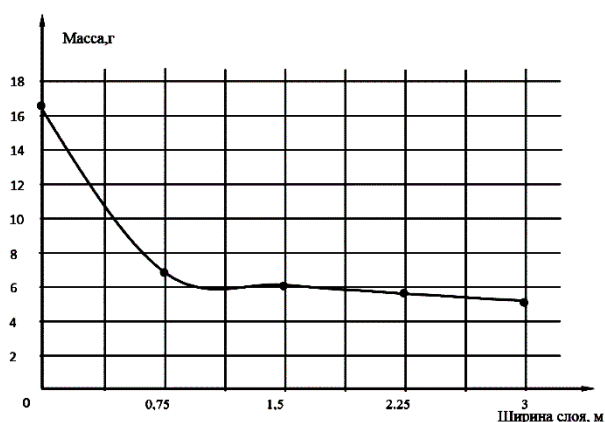


Рис. 2

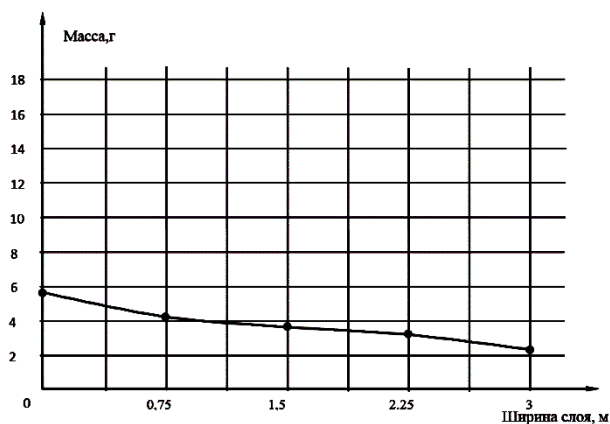


Рис. 3

На рис. 2 и 3 представлены закономерности изменения распределения массы прядей по ширине слоя соответственно для первой и второй секций машины, полученные при скорости транспортера 40 м/мин и

частоте вращения трепальных барабанов 150 об/мин. Аппроксимирующие функции данных зависимостей имеют следующий вид:

$$Y = 1,0153x^4 - 7,8677x^3 + 21,57x^2 - 24,519x + 16,25$$

и

$$Y = 0,0487x^4 - 0,4484x^3 + 1,3859x^2 - 2,4078x + 5,46.$$

Для определения распределения массы по длине слоя (пряжи) партии образцов разрезали на отрезки по 15 см каждый, начиная от точки зажима. Каждый из отрезков взвешивали на электронных весах. По результатам опыта осуществляли построение графиков распределения массы по длине слоя для выбранных точек зажима по длине каждой из трепальных секций машины.

На рис.4 представлены результаты экспериментального исследования распределения массы пряжи по ее длине, соответствующей координате  $X_1 = 1/4 L$  первой секции машины, полученные при скорости транспортера 40 м/мин и частоте вращения трепальных барабанов 150 об/мин.

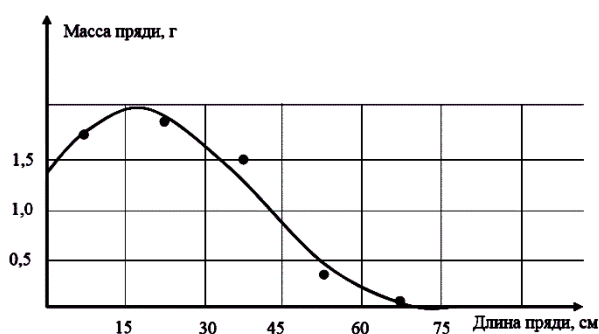


Рис. 4

Аппроксимирующая функция, описывающая закон распределения массы пряжи по ее длине, имеет вид:

$$Y=0,00001x^3-0,0017x^2-0,0398x+0,8046.$$

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика экспериментального исследования распределения массы пряжей по длине и ширине слоя в процессе трепания.

2. Получены математические модели, описывающие распределение массы пряжей по ее длине и изменение этого распределения в процессе трепания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко Н.И. Совершенствование транспортирующего механизма трепальной машины. Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 2005.
2. Разин С.Н., Гришин А.Г., Коваленко Н.И. Про-

верка формулы Эйлера при исследовании взаимодействия гибкой нити с шероховатым цилиндром // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №4С.

3. Коваленко Н.И. Анализ конструктивных решений транспортирующих ремней трепальных машин на основе их компьютерного моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №6С.

4. Коваленко Н.И., Разин С.Н. Компьютерное моделирование процесса взаимодействия гибкой нити с шероховатой поверхностью. – Деп. в ВИНТИ, №432-В2008. – М., 2008.

5. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Балабаев П.С., Соколов А.В. Экспериментальное определение жесткости транспортирующих ремней трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С.

6. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В. Моделирование напряженно-деформированного состояния моделей транспортирующих ремней трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №5.

7. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В. Моделирование взаимодействия элементов транспортирующего механизма трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5.

8. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Бузов М.С., Коржнев В.Н. Компьютерное моделирование транспортирующих ремней зажимного механизма трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4.

9. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Бузов М.С. Математическое моделирование зажима слоя в транспортирующих ремнях трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5.

10. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Бузов М.С. Имитационное моделирование слоя стеблей льна при его обработке в трепальной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6.

11. Разин С.Н., Коваленко Н.И., Бузов М.С. Моделирование процесса взаимодействия слоя льна с рабочими органами трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №1.

12. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В. Влияние расстояния между нажимными роликами на силу зажима слоя в ремнях трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2.

13. Коваленко Н.И., Разин С.Н. Моделирование напряженно-деформированного состояния транспортирующих ремней трепальной машины поляризационно-оптическим методом // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3.

14. Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В. Исследование влияния диаметра нажимных роликов на силу зажима слоя в ремнях трепальной машины

// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5.

15. Коваленко Н.И., Разин С.Н. Влияние конструктивного исполнения трепальных машин на условия работы зажимного механизма // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5.

16. Коваленко Н.И., Разин С.Н. Математическое моделирование взаимодействия гибкой нити, моделирующей пряжу с цилиндрической поверхностью при наличии внешней распределенной нагрузки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №6.

#### REFERENCES

1. Kovalenko N.I. Sovershenstvovanie transportirujushhego mehanizma trepal'noj mashiny: Dis....kand. tehn. nauk. – Kostroma, 2005.

2. Razin S.N., Grishin A.G., Kovalenko N.I. Proverka formuly Jejlera pri issledovanii vzaimodejstvija gibkoj niti s sherohovatym cilindrom // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2006, №4S.

3. Kovalenko N.I. Analiz konstruktivnyh reshenij transportirujushhih remnej trepal'nyh mashin na osnove ih komp'yuternogo modelirovanija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2007, №6S.

4. Kovalenko N.I., Razin S.N. Komp'yuternoe modelirovanie processa vzaimodejstvija gibkoj niti s sherohovatoj poverhnost'ju. – Dep. v VINITI, №432-V2008. – M., 2008.

5. Kovalenko N.I., Razin S.N., Balabaev P.S., Sokolov A.V. Jeksperimental'noe opredelenie zhestkosti transportirujushhih remnej trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №4S.

6. Kovalenko N.I., Razin S.N., Sokolov A.V. Modelirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija modelej transportirujushhih remnej trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, №5.

7. Kovalenko N.I., Razin S.N., Sokolov A.V. Modelirovanie vzaimodejstvija jelementov transportirujushhego mehanizma trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №5.

8. Kovalenko N.I., Razin S.N., Burov M.S., Korzhhev V.N. Komp'yuternoe modelirovanie transportirujushhih remnej zazhimnogo mehanizma trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4.

9. Kovalenko N.I., Razin S.N., Burov M.S. Matematicheskoe modelirovanie zazhima sloja v transportirujushhih remnjah trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №5.

10. Kovalenko N.I., Razin S.N., Burov M.S. Imitacionnoe modelirovanie sloja steblej l'na pri ego obrabotke v trepal'noj mashine // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6.

11. Razin S.N., Kovalenko N.I., Burov M.S. Modelirovanie processa vzaimodejstvija sloja l'na s rabochimi organami trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №1.

12. Kovalenko N.I., Razin S.N., Sokolov A.V. Vlijanie rasstojanija mezhdru nazhimnymi rolkami na silu zazhima sloja v remnjah trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №2.

13. Kovalenko N.I., Razin S.N. Modelirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija transportirujushhih remnej trepal'noj mashiny poljarizacionno-opticheskim metodom // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3.

14. Kovalenko N.I., Razin S.N., Sokolov A.V. Issledovanie vlijanija diametra nazhimnyh rolkov na silu zazhima sloja v remnjah trepal'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №5.

15. Kovalenko N.I., Razin S.N. Vlijanie konstruktivnogo ispolnenija trepal'nyh mashin na uslovija raboty zazhimnogo mehanizma // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №5.

16. Kovalenko N.I., Razin S.N. Matematicheskoe modelirovanie vzaimodejstvija gibkoj niti, modelirujushhej prjad' s cilindricheskoj poverhnost'ju pri nalichii vneshnej raspredelennoj nagruzki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №6.

Рекомендована кафедрой информационной безопасности. Поступила 28.03.16.