

УДК 677.021.151.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА КОСТРЫ ПО ДЛИНЕ ПРЯДИ В ПРОЦЕССЕ ТРЕПАНИЯ

С. В. Бойко, Д. А. Волков, Е. Л. Пашин

(Костромской государственной технологической университет)

Для решения задачи и подтверждения результатов компьютерного моделирования обескостривания при трепании льна необходимы данные по изменению количественного распределения и составу костры по длине пряди в процессе обработки. Предлагается методика натурных экспериментов по выявлению закономерностей удаления костры из прядей при трепании. Представлены результаты опытных данных и, сделанные по результатам их анализа, заключения.

(трепание льна, обескостривание, экспериментальное исследование)

Одной из основных технологических задач процесса трепания является удаление костры. Эффективность процесса трепания определяется величиной волокнистых потерь, долей оставшейся костры, а также степенью чистоты и параллелизации волокна.

Выявлению причин и закономерностей удаления костры при трепании посвящены работы многих исследователей в области первичной обработки льна. В работе Д. Н. Панова [1] выделяются два этапа удаления связанной костры: на первом этапе происходит отделение связанной костры от волокна, на втором – переход её на поверхность слоя. Эффект отделения и перехода связанной костры на поверхность слоя при трепании в первую очередь зависит от силы натяжения слоя, радиуса рабочей кромки, толщины слоя, от смещения волокнистых слоёв друг относительно друга. В своей работе [2] А. Б. Кузьминский отмечает: присушенная костра «связана с волокном жёстко; для её отделения от волокна необходимо преодолеть силу сцепления. Насыпная костра легко выпадает, если волокна не преграждают ей путь». Из этого следует, что для исследования процесса трепания необходимо знать, как ведут себя указанные виды костры при взаимодействии сырца с кромкой бильной планки трепального барабана. Другой известный специалист по переработке лубяных культур, И. В. Крагельский в своём труде отмечает, что костра, наряду с другими причинами, отделяется вследствие сдвига слоёв пряди друг относительно друга [3]. В работе И. Н. Левитского [4] констатируется, что эффект воздействия сквозного скользящего изгиба на пряди сырца в части удаления костры различен. Автор указывает, что «одни частицы древесины, оказавшись при огибании кромок снаружи, отрываются от длиноволокнистых комплексов за счёт различия жесткостей разделяемых компонентов; другие же частицы, прижатые лентами-обкладками непосредственно к кромке, соскабливаются или, ломаясь, огибают её». В исследовательской работе А. М. Ипатова [5] установлено, что величина сдвигающего костринку усилия прямо пропорциональна толщине костры и натяжению пряди и обратно пропорциональна радиусу кромки.

Для того, чтобы кривизна лубоволокнистых комплексов, прилегающих к кромке била, соответствовала кривизне кромки, волокнистый слой должен

быть плотно к ней прижат. Прижатие обеспечивается натяжением пряди. Таким образом, необходимо создать условия для возникновения силы натяжения лубоволокнистых комплексов, превышающей некоторое значение, названное И. Н. Левитским «критическим» [4]. На величину сил натяжения существенное влияние оказывают такие конструктивные параметры трепальных барабанов, как число бил, вылет рабочей кромки, параметры подбильной решётки, расстояние от точки зажима до точки удара, длина обрабатываемых прядей и их линейная плотность. Поэтому силу натяжения прядей волокна при трепании необходимо определять для каждого конкретного сочетания всех режимно-конструктивных параметров процесса и свойств обрабатываемых прядей. Это стало возможным осуществить при наличии математической модели взаимодействия рабочих органов трепальных барабанов с обрабатываемыми прядями и соответствующего вычислительного аппарата, суть которой изложена в докторской диссертации С. В. Бойко [6].

В работе В. А. Лясича для исследования скользящего изгиба - излома была использована теория Кирхгофа [7]. Стебель льна рассмотрен как гибкий стержень малой жёсткости. В результате изучения условий равновесия части обрабатываемого материала, прилегающего к кромке, автор получил зависимость, по которой возможно определить интенсивность сил трения по дуге контакта. Силы трения, достигающие величины, при которой наступает разрушение камбиального слоя в стебле, автор называет критическими и приводит их значение в первом приближении, а так же ориентировочное значение усилия отдираания волокна от древесины.

После перехода связанной (присушистой) костры в насыпной вид наступает следующий этап – удаление костры из волокнистого слоя. Д. Н. Панов предлагает рассматривать удаление свободной костры также поэтапно [1]. Первоначально свободная костра должна выйти на поверхность слоя. Выход свободной костры на поверхность обусловлен теми же причинами, что и переход присушистой костры в разряд насыпной, а именно за счёт различия жесткостей древесины и волокна при изгибе на кромке, а также за счёт относительного скольжения слоёв волокнистого комплекса.

Большинство исследователей сходится во мнении, что насыпная костра удаляется с поверхностных слоёв за счёт превышения силами инерции величины удерживающих костру сил. Однако, как отмечает А. Б. Кузьминский, «наличие даже больших сил, способных оторвать и отбросить костру (так же как и комплексы разрушенных волокон), ещё недостаточно для обеспечения технологического эффекта трепания: для возможности работы этих сил необходима благоприятная ситуация. Далее автор поясняет, что под благоприятной ситуацией подразумевается образование между волокнами пространства. «Насыпная костра легко выпадает, если волокна не преграждают ей путь», – заключает А. Б. Кузьминский [2]. Это условие выполняется, если костра находится на поверхности пряди.

Специалистам-практикам известно, что при загрузке транспортёров трепальной машины волокнистым слоем с большой плотностью, срединная

часть горсти на первый взгляд кажется обработанной, но при разворачивании слоя в нём обнаруживается значительное количество насыпной костры. Это явление объясняется тем, что при обработке слоя большой плотности и толщины костра мигрирует при каждом воздействии бильной планки от центра к периферии и от периферии к центру, не удаляясь из него. В этом случае обработанные пряди, чистые снаружи, внутри содержат большое количество недоработанного волокна. Увеличение же частоты оборотов барабанов приводит лишь к снижению выхода и качества волокна.

Очевидно, что создание благоприятных условий для выхода костринки из толщи пряди на поверхность и её последующего удаления связано с толщиной и плотностью слоя. Для увеличения вероятности выхода свободной костры при постоянстве количества воздействий на прядь необходимо стремиться к разряжению, разрыхлению, встряхиванию волокнистого слоя, более интенсивному смещению в нём прядей друг относительно друга, уменьшению толщины слоя и плотности загрузки трепальной машины.

Общеизвестно, что величина силы инерции пропорциональна массе и ускорению рассматриваемого тела. Наибольшие значения ускорений элементов обрабатываемого льняного сырца при трепании достигаются при резком изменении величины их скорости (например, в случае удара) или при резком изменении вектора направления скорости (например, при движении объекта по цилиндрической поверхности малого радиуса). Отметим, что этот же эффект формируется при встряхивании сырца. В случае его обескостривания речь идёт костринке и её поперечном, относительно волокнистых комплексов, ускорении.

Обзор работ исследователей процесса трепания позволяет констатировать, что масса костринки колеблется от 0,25 до 1,6 мг. На заключительных этапах трепания масса и размеры костринки в среднем меньше, чем в начале процесса.

Заметим, что различные участки слоя в процессе обработки трепанием получают различное количество воздействий и эти воздействия различны по интенсивности. Поэтому существует различие в обработке концевых участков слоя и средней его части. Как правило, средняя часть плохо обрабатывается. Для этого предусмотрено увеличение времени проработки срединной части, реализованное в качестве «двойного протрёпа».

На основе обобщения опыта и анализа предыдущих исследований нами разработана вероятностную модель процесса обескостривания при трепании, учитывающую размеры костры, её местоположение по длине пряди, интенсивность трепальных воздействий, силы связи костры с волокном, плотности обрабатываемого слоя. Эта модель и предложенный на её основе алгоритм и расчётный метод вероятности обескостривания явились продолжением разработанного ранее С. В. Бойко метода моделирования процесса трепания и расчёта его основных силовых и кинематических параметров [6].

Для решения задачи моделирования и разработки расчетного метода вероятности обескостривания при трепании льна в качестве исходных данных должно быть известно количественное распределение и состав костры по длине пряжи. Также для подтверждения результатов компьютерного моделирования обескостривания необходимо провести натурные эксперименты по выявлению закономерностей удаления костры из прядей в процессе трепания. Методика, результаты опытных данных и, сделанные нами по результатам их анализа, заключения представлены ниже.

Используемый материал и методика проведения исследования

В качестве исходного материала были использована льнотреста, полученная в условиях Шелоховского льнозавода Костромской области. Эксперимент проводили в следующем порядке. Из промятой льнотресты сырца отбирали три горсти по $75 \pm 0,2$ г. Каждую горсть делили на десять прядей равной массы.

Пряди первой горсти промятой льнотресты трепанием не обрабатывали. Пряди второй горсти обрабатывали на трепальной машине при условии, что совершалось 50% технологических воздействий. При этом вначале обрабатывали комлевую часть горсти, а затем после перехвата – вершинную. Пряди третьей горсти волокна обрабатывали при нанесении по ним 100% технологических воздействий. После указанной обработки каждую прядь волокна анализировали с целью оценки содержания и состава костры в пряди.

При последующем анализе оценивали состав костры по длине волокнистых прядей. С этой целью от середины горсти в обе стороны выделяли участки длиной по 80 мм (в сторону комля К1; К2; К3; К4; в середине С0 и в сторону вершины В1; В2; В3; В4).

Обескостривание сырца трепанием производили, используя новую однопроцессную машину для получения льняного трёпаного волокна [2] (рис. 1).



Рис. 1. Однопроцессная машина для обработки льна

Костру из каждого участка выбирали вручную, используя пинцет. После выделения её сортировали на мелкую костру: длина костринок менее 7 мм; крупную костру: длина костринок более 14 мм; оставшиеся костринки составляли группу средней костры. Определяли взвешиванием массу каждой группы костры m_i (погрешность взвешивания не более 0,01мг). Подсчитывали количество костринок N_i в каждой группе.

Среднюю массу костринки (в миллиграммах) каждой группы вычисляли по формуле:

$$m_i^{cp} = \frac{m_i}{N_i}.$$

В результате проведенного эксперимента установили:
масса мелкой костринки (до 7 мм длины) составила в среднем $0,13 \div 0,36$ мг;

масса средней костринки (7÷14 мм длины) – $0,37 \div 1,10$ мг;

масса крупной костринки (более 14 мм) – $1,11 \div 1,62$ мг.

Нижние значения указанных интервалов соответствуют вершинным участкам пряди (В), верхние – комлевым (К).

На рис. 2 приведена диаграмма распределения костры в пряди в зависимости от количества воздействий.

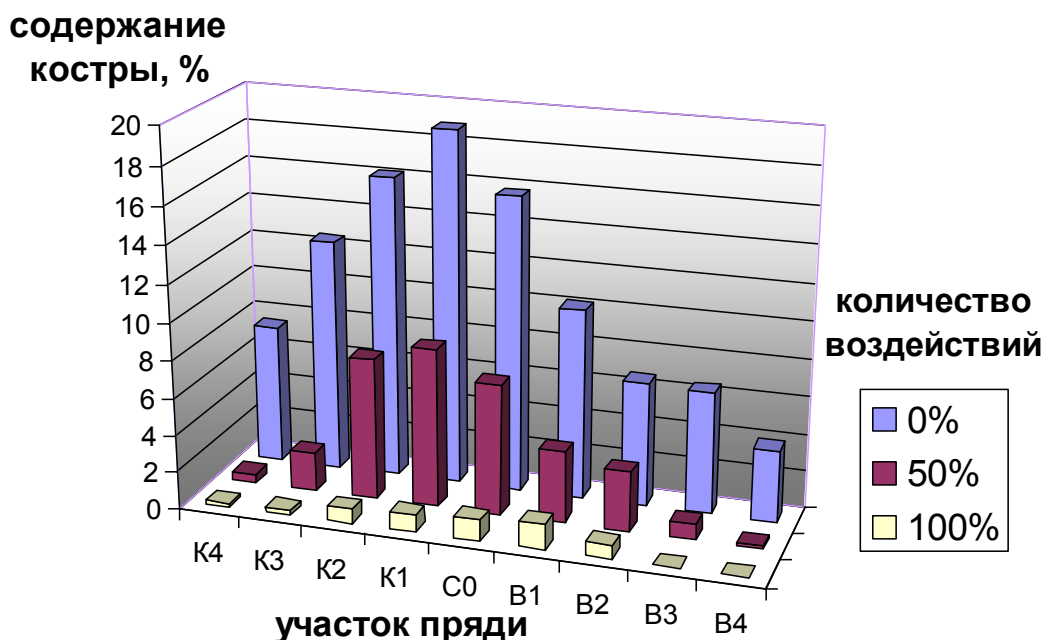


Рис. 2. Изменение содержания и состава костры в пряди в зависимости от количества трепальных воздействий

На рис. 3 приведены графические зависимости распределения костры в пряди по её длине для количества воздействий соответственно 0%; 50%; 100%.

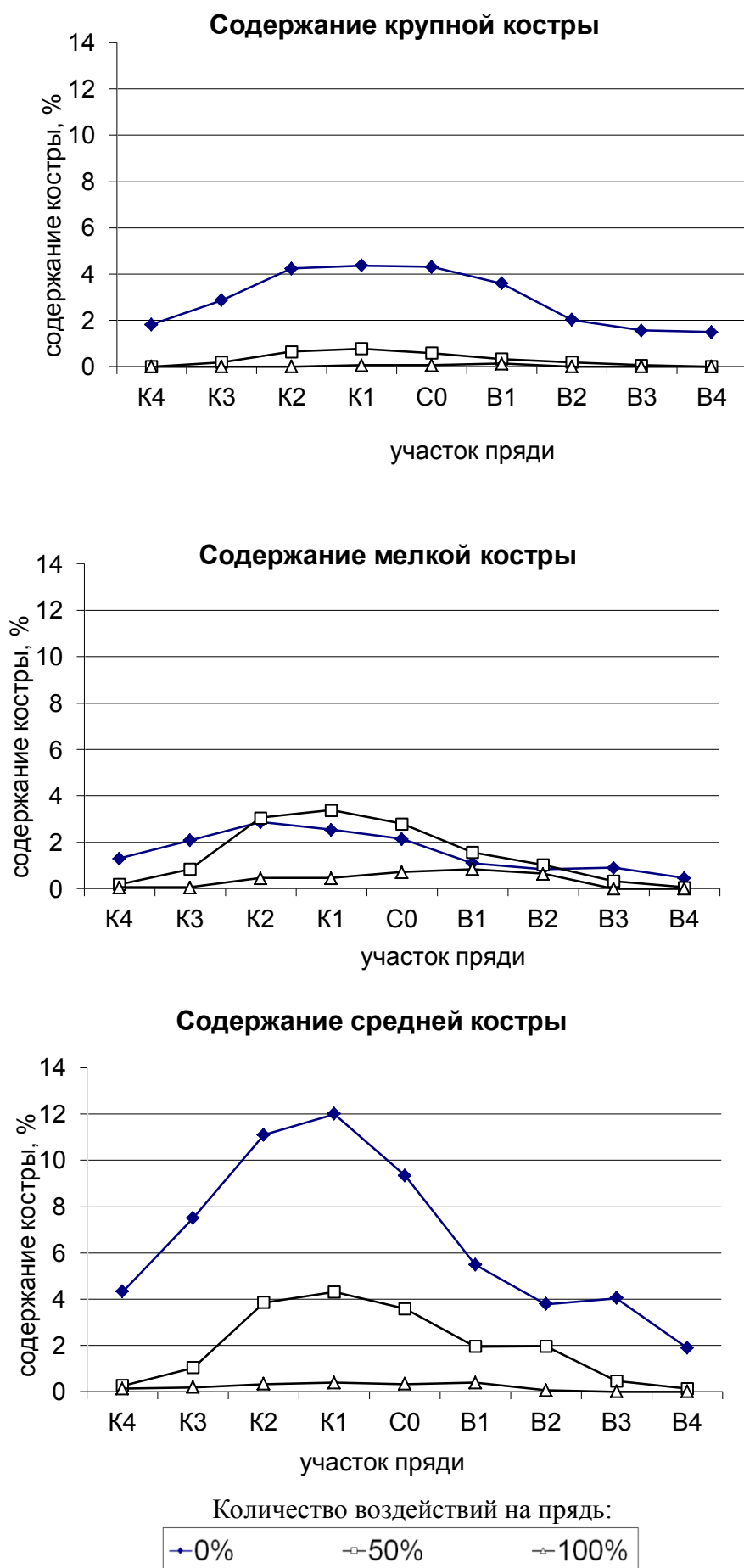


Рис. 3. Зависимости содержания костры в прядях

По результатам анализа полученных экспериментальных данных было сделано следующее заключение.

При трепании имеет место интенсивное обескостривание концевых участков пряжи (к моменту середины цикла обработки льняного слоя концевые участки прядей уже практически обескострены, в то же время срединные участки прядей содержат некоторое количество костры по окончании обработки трепанием.

В процессе трепания процентное содержание мелкой костры по отношению к общему её количеству возрастает (костра измельчается). Наиболее интенсивно в процессе трепания уменьшается количество крупной костры. При совершении 50% воздействий ее максимальное содержание не превышает 1%.

Выявленное распределение костры по длине обрабатываемых льняных прядей может быть использовано при моделировании взаимодействия прядей с рабочими органами трепальных барабанов в процессе трепания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов Д.Н. О некоторых вопросах процесса трепания лубяных волокон/ Д.Н. Панов // Известия вузов. Технология Текстильной Промышленности.– 1963.– №4.
2. Кузьминский А.Б. Теоретические основы процесса трепания / А.Б. Кузьминский. – М.–Л.: Гизлегпром, 1940. – 218 с.
3. Крагельский И.В. К вопросу научной технологии обработки стебля / И.В. Крагельский, Я.М. Толлочко // Льно-пенько-джутовая промышленность.–1932.– № 8–9.
4. Левитский И.Н. Новое в обескостревании лубоволокнистых материалов. Т.1, 2. / И.Н. Левитский. – Кострома, 1994.–374 с..
5. Ипатов А.М. Элементы анализа отдельных механических воздействий при выделении луба из стеблей льна: дис. ... канд.техн.наук / Ипатов А.М.. – Кострома, 1966.
6. Бойко С.В. Теоретические и технические основы повышения эффективности процесса трепания недоработанного льняного волокна: дис. ... докт.техн.наук / С.В. Бойко –Москва, 2009.
7. Лясич В.А. Исследование процесса скользящего изгиба–излома при выделении длинного волокна из льняной тресты: дис. ... канд. техн. наук / Лясич В.А. – Кострома, 1969.