

УДК 677.051

**МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВАЛКОВОЙ ПАРЫ
С МНОГОСЛОЙНЫМ КОМПОЗИТНЫМ МАТЕРИАЛОМ
В УСТРОЙСТВЕ ПОДГОТОВКИ ВОЛОКНА К УТОНЕНИЮ И ОЧИСТКЕ**

**MODELING THE INTERACTION OF THE ROLL PAIR
WITH MULTI-LAYER COMPOSITE MATERIAL IN THE DEVICE
FOR THE THINNING OF THE FIBER PREPARATION AND CLEANING**

A.P. КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.В. ПУСТОВОЙ
A.R. KORABELNIKOV, A.V. PUSTOVOY

(Костромской государственный технологический университет)
(Kostroma State University of Technology)
E-mail: tmm@kstu.edu.ru

В статье предложена конечно-элементная модель обработки слоистого композитного материала в валковой паре, разработанная для моделирования процесса подготовки волокна к утонению и очистке. Исследовано влияние скорости транспортирования материала на напряженно-деформированное состояние в его слоях.

In this article there was recommended a finite-element model of the multi-layer composite material processing in mangles, designed for model of the fiber preparing for thinning out and cleaning. There was analyzed an effect of transporting speed on the strain-stress distribution in it's layers.

Ключевые слова: метод конечных элементов, валковая пара, композит, льняное волокно, очистка волокна, напряженно-деформированное состояние в композитах.

Keywords: finite-element analysis, mangle pair, composites, flax fibers, fiber processing, strain-stress distribution in composites.

В работах [1], [2] предложено устройство для подготовки льняного волокна к штапелированию и очистке в технологическом процессе получения котонина. Механизм работы этого устройства заключается

в прокатывании ленты из короткого льняного волокна через пару валков, на один из которых действует нагрузка, а скорость вращения валков различна. Во время обработки льняного волокна в этом устройстве,

происходит разрушение нецеллюлозных компонентов, склеивающих элементарные волокна, а также самих волокон. Процессы разрушения элементарных волокон и склеивающих компонентов сопутствуют практически всем этапам переработки льняного волокна [1].

В работах [3...5] приведены теоретические положения, обосновывающие применение этого способа. В работе [4] приведены результаты испытаний подобного устройства и определены основные рациональные параметры подобных устройств.

Однако данные, приведенные в этих работах, не позволяют полностью раскрыть механизм взаимодействия валковой пары и обрабатываемого слоя волокна и определить количественные значения напряжений и деформаций в слое элементарного волокна. Следует сказать, что разработка аналитических зависимостей, опи-

сывающих этот процесс, очень затруднительна, что связано с неоднородностью и анизотропностью обрабатываемого продукта и сложностью аналитического описания процесса. В работах [1], [6] обосновано следующее видение строения льняного волокна: льняное техническое волокно представляет собой естественный волокнистый композит, состоящий из элементарных волокон, склеенных матрицей. Для моделирования взаимодействия рабочих органов машин с льняным волокном необходимо применение современных численных методов [6], [7].

Нами предложена модель (на рис. 1 – общий вид модели) взаимодействия валковой пары со слоем волокна (рис. 1-а – схема взаимодействия валковой пары 1 со слоем волокна; рис. 2-б – общий вид конечно-элементной модели в начальный момент).

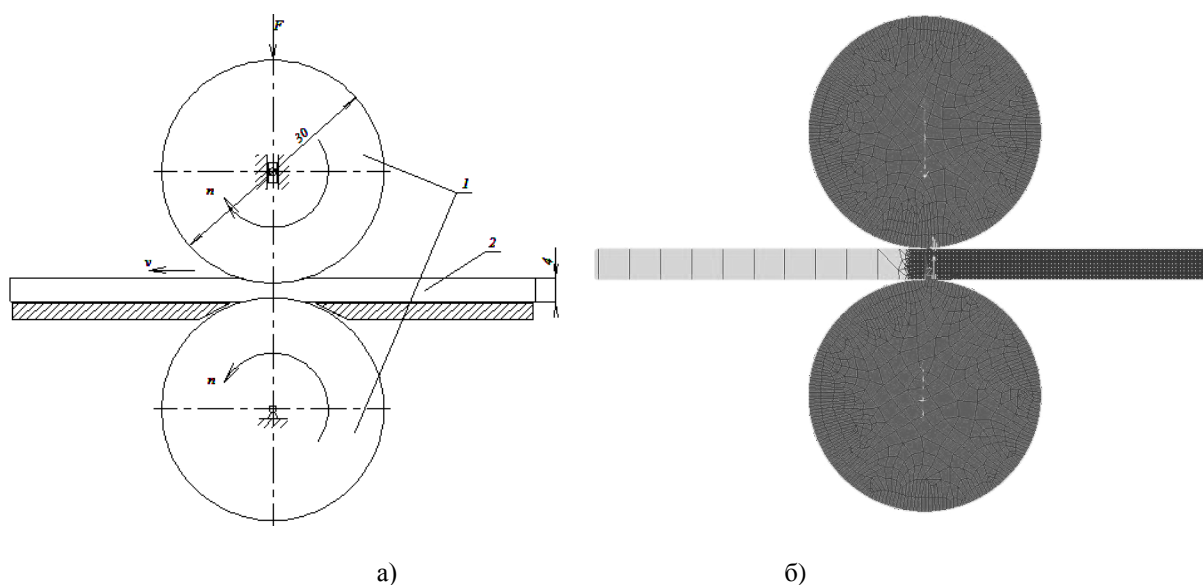


Рис. 1

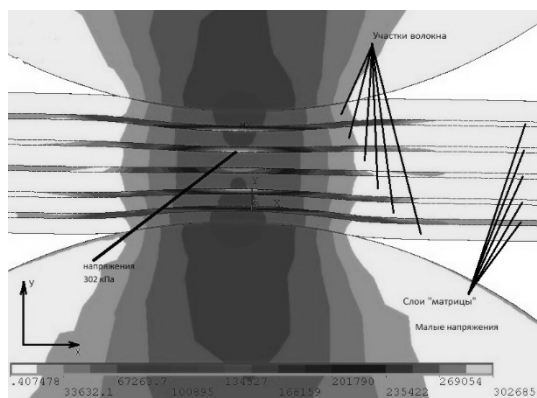
Модель представляет собой два вала (1) и слой волокна, зажатый между ними (2). Их размеры значения не имеют, так как данную модель можно адаптировать к любым начальным условиям. Валки вращаются с определенной скоростью, причем ось нижнего вала неподвижна, а ось верхнего вала может перемещаться в вертикальном направлении. К верхнему валу прикладывается нагрузка, различная в нескольких вариантах проведения экспери-

мента – 300, 600 и 900 Н. На этом этапе исследований частота вращения обоих валов принималась одинаковой и равной: 300, 600 или 900 рад/с.

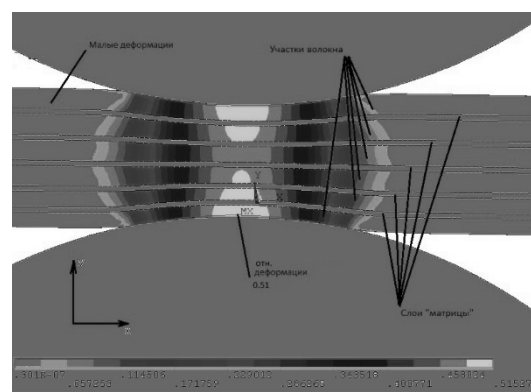
В модели имеются некоторые допущения. Слой волокна представляется массивом параллельных волокон, разделенных склеивающей матрицей. Слой волокна моделировался как единое тело, состоящее из нескольких чередующихся слоев материалов, имеющих различные свойства. Это

позволяет не использовать контактные пары и систему предварительного нагружения в месте сопряжения двух соседних слоев, как это было сделано в работе [7], что значительно ускоряет решение и делает модель материала более приближенной к реальному материалу. Конечные элементы, моделирующие волокна и матрицу, имеют только упругие свойства, различные плотности и модули упругости. Значение модулей упругости $2 \cdot 10^7$ Па для волокон и $2 \cdot 10^8$ Па для матрицы [8]. В связи с принятым нами допущением об одно-

родности слоя волокна и с целью сокращения процессорного времени решения модель выполнена плоской. Между валами и слоем материала установлен механизм "контактной пары" вида "линия-линия"[9], коэффициент трения принят равным 0,3. Уплотнение массива конечных элементов присутствует на ограниченном участке слоя, где и проводится весь анализ. На остальной части слоя сетка конечных элементов максимально разреженная (рис. 3).



а)

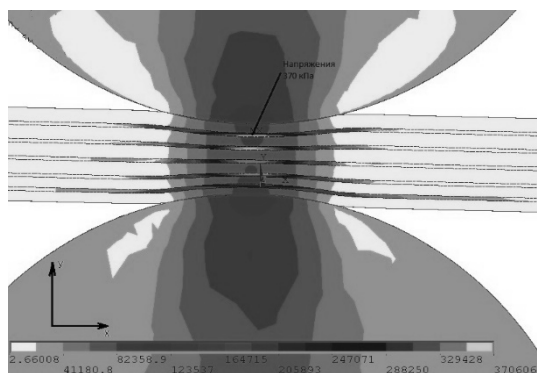


б)

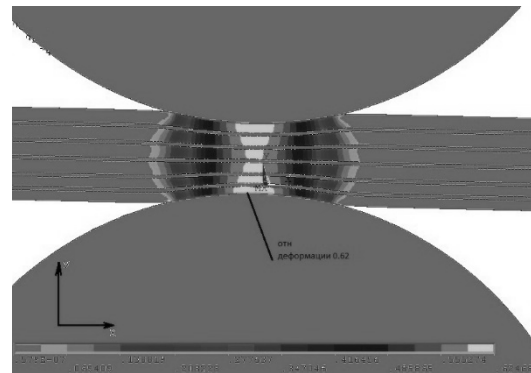
Рис. 2

Результаты расчета и анализа модели при различных скоростях вращения валков приведены на рис. 2...4. Рис. 2 – скорость вращения 300 рад/с, усилие прижатия 300 Н; рис. 3 – скорость вращения 600

рад/с, усилие прижатия валков 300 Н; рис. 4 – скорость вращения 900 рад/с, усилие прижатия валков 300 Н; рис. 2...4: а) распределение напряжений, б) распределение деформаций.

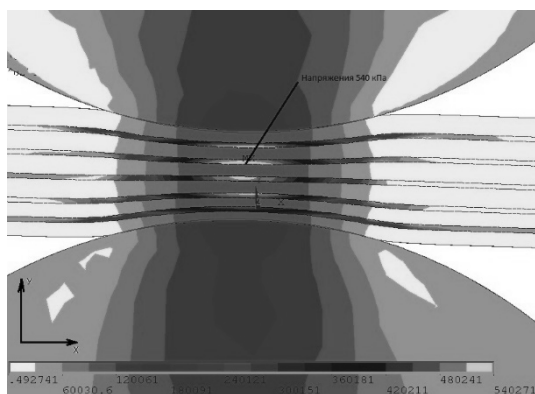


а)

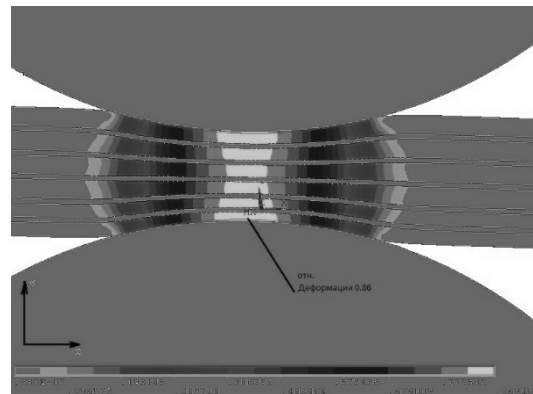


б)

Рис. 3



а)



б)

Рис. 4

При прохождении волокна между валками при определенном усилии прижатия слои материала деформируются по-разному, в зависимости от их упругих свойств и от расположения внутри материала. При возрастании скорости вращения валов возрастают значения деформаций различных слоев материала, наибольшие деформации по осям x и y наблюдаются в слоях волокон, причем с ростом скорости транспортирования материала растут и деформации (рис. 2, рис. 4).

Наибольших значений напряжения достигают в более жестких слоях матрицы, причем с ростом скорости транспортирования материала, происходит рост напряжений в слоях матрицы: с 302 кПа при скорости вращения валов 300 рад/с, до 540 кПа при 900 рад/с (рис. 2, рис. 4).

Рост напряжений в слоях материала связан в основном с ростом напряжений по оси X , направленной вдоль оси материала, что подтверждает выводы, сделанные в работе [4]. Применение предварительной обработки волокна при его подготовке к утонению и очистке приведет к повышению интенсивности воздействия на волокнистый комплекс и, как следствие, нарушению связей между волокнами в технических комплексах льняного волокна и нарушению связей между материалом и сорной примесью, что позволит обеспечить более качественные результаты процессов утонения и очистки.

Используя разработанную модель, можно получить информацию о напряжении в любой точке слоя материала и в любой момент времени взаимодействия, исследовать распределение напряжений на периферийных участках сжатия материала, изучить влияние скорости, усилия прижима, коэффициента трения и других факторов на картину напряженно-деформированного состояния в жале валов.

В силу того что при создании модели сделаны допущения, обобщающие строение слоистого материала, разработанная модель позволяет изучать влияние параметров обработки в валках на напряженно-деформированное состояние слоя различных слоистых материалов.

Дальнейшее совершенствование модели будет развиваться в двух направлениях. Первое направление: исследование влияния на напряженно-деформированное состояние материала упругих свойств его элементов, изучение влияния разности скоростей валов, влияния различного коэффициента трения между валами и материалом, формы валов, их взаимного расположения.

Второе направление связано с изменением модели самого обрабатываемого материала, с постепенным приближением геометрических, структурных и физико-механических свойств модели к свойствам обрабатываемого продукта для изучения механизма разрушения связей между волокнами льна.

1. Разработана модель, описывающая процессы в многослойном композитном материале при прокатке его в валковой паре, позволяющая определить параметры напряженно-деформированного состояния в любой точки материала и в любой момент времени протекания процесса. Модель может быть использована для изучения обработки в валках материалов слоистой структуры.

2. Разработанная модель позволила установить, что рост скорости транспортирования материала в валках приводит к росту напряжений и деформаций в слоях материала, что, в свою очередь, приведет к нарушению связей между волокнами в комплексах льняного волокна. Это подтверждает необходимость применения предварительной обработки льняного волокна в валках при его подготовке к очистке и штапелированию.

3. Определены пути дальнейшего развития исследований, которые должны быть направлены на изучение влияния параметров устройств на напряженно-деформированное состояние в слоистом материале и на разработку модели волокнистого материала, более приближенную к реальному материалу по физико-механическим, структурным и геометрическим свойствам.

1. *Корабельников А.Р.* Развитие теории и технологии получения короткоштапельного льняного волокна. – Кострома, 2005.

2. Патент RU № 2347863 Способ очистки волокна. Корабельников А.Р., Вихарев С.Н., Соркин А.П., Корабельников Р.В., Щербинин С.А.

3. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р., Лебедев Д.А., Чигасов А.Е.* Особенности воздействия на сорные частицы в волокнистой массе при обработке ее в вальцах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №6.

4. *Корабельников А.Р., Корабельников Р.В.* Повышение эффективности подготовки короткоштапельного льняного волокна к утонению и очистке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №7.

5. *Вихарев С.Н., Корабельников А.Р., Корабельников Р.В.* Особенности подготовки короткоштапельного льняного волокна к утонению и очистке от сорных примесей по новому способу // Вестник КГТУ. – 2007, №15. С.24...26.

6. *Киселев М.В., Смирнов А.А., Киселев А.М.* Исследование процесса дробления льняного комплекса методами математического моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №4С.

7. *Адамян А.А., Корабельников А.Р., Пустовой А.В.* Имитационная модель обработки слоя в валках // Научный вестник КГТУ. – 2011, №2.

8. *Киселев М.В.* Моделирование строения льняного чесаного волокна и процесса дробления его комплексов: Дис...докт. техн. наук. – Кострома 2009.

9. *Чигарев А.В.* Ansys для инженеров. – М.: Компьютер-Пресс, 2002.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 07.06.13.