

Имитационная модель обработки слоя в валках.

Корабельников А.Р., Пустовой А.В., Адамян А.А.

(Костромской государственный технологический университет)

Аннотация: для изучения непосредственного поведения комплекса технического льняного волокна во время его обработки предлагается применить компьютерное моделирование по методу конечных элементов. Разрабатываются модели, изображающие взаимодействие валковой пары со слоем волокна.

Ключевые слова: лен, обработка льна, метод конечных элементов.

Льняное техническое волокно представляет собой естественный волокнистый композит, состоящий из элементарных волокон, склеенных матрицей.

Во время обработки комплекса рабочими органами, волокна, склеенные пектином, подвергаются воздействию рабочих органов, в результате чего происходит разрушение матрицы, склеивающей элементарные волокна, а также самих волокон. Эти процессы разрушения сопутствуют практически всем этапам переработки льняного волокна.

В настоящее время существует большое количество теоретических и экспериментальных исследований, посвященных исследованиям процесса разрушения волокнистых комплексов, процесса очистки льняного волокна от сорных примесей, процесса отделения древесины от технических волокон [1,2]. Как правило, теоретические исследования позволяют дать более или менее приближенную качественную оценку этих процессов, а экспериментальные исследования направлены, прежде всего, на определение качественных показателей волокна после той или иной

обработки. Технические решения при разработке оборудования для переработки льняного волокна во многих случаях носят эвристический характер. Такое положение дел, связано со сложностью строения льняного волокнистого комплекса и неоднородностью его геометрических и физико-механических свойств, что затрудняет исследования процесса переработки льняного волокна.

Для моделирования взаимодействия рабочих органов машин с льняным волокном необходимо применение современных численных методов моделирования. [3]

Нашей задачей было создание модели взаимодействия валковой пары со слоем волокна (рис. 1). Такое взаимодействие наблюдается на многих этапах обработки льняного волокна (мятье, котонизация, очистка, чесание, и т.д.).

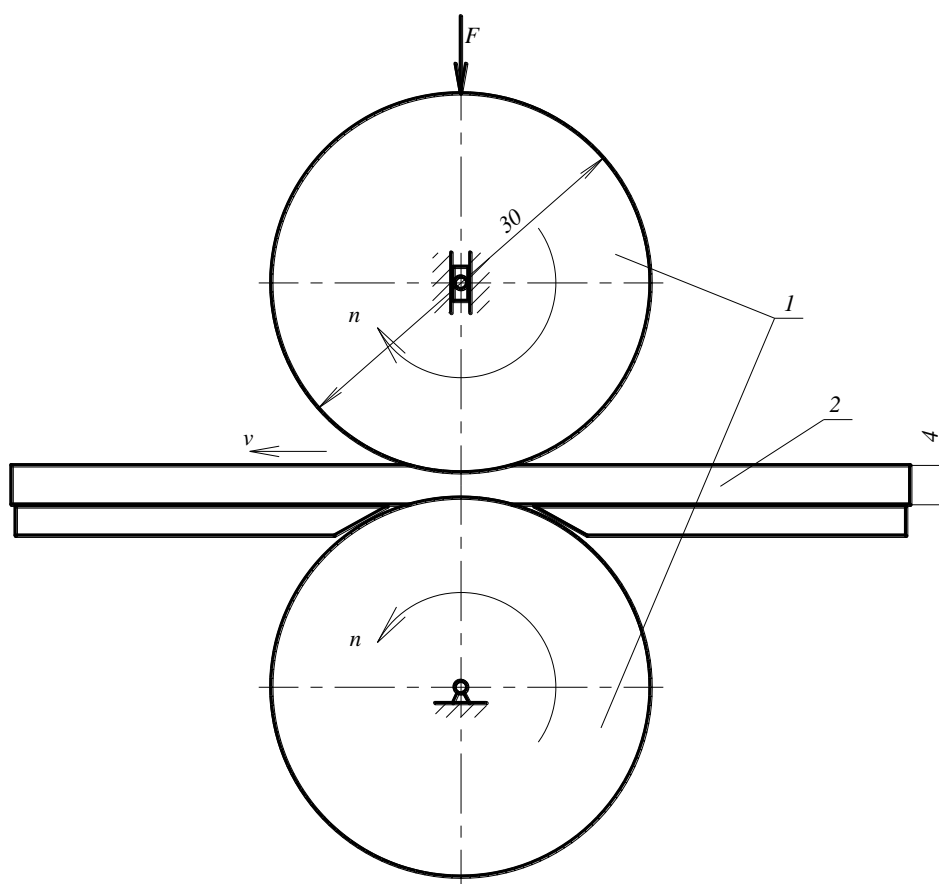


Рис. 1. Схема взаимодействия валковой пары 1 со слоем волокна 2

Для изучения процесса взаимодействия слоя волокна с валковой парой был применен метод конечных элементов, реализованный в ANSYS. Была разработана упрощенная геометрическая модель, которая была преобразована в конечно-элементную модель (рис. 2). Разделение на сетку конечных элементов проводилось по регулярному принципу. При разработке модели на этом этапе были приняты следующие допущения: слой волокна представляет собой сплошное тело с модулем Юнга равным $2 \cdot 10^9$ Па, считаем этот слой упругим, не обладающим вязкими свойствами; рассмотрено напряженно-деформированное состояние в одном конкретном поперечном сечении валковой пары, это позволяет упростить модель, уменьшить время расчета, тем самым повысить стабильность результатов.

Валки вращаются с частотой 200 об/мин, усилие прижатия верхнего валка $F=200$ Н.

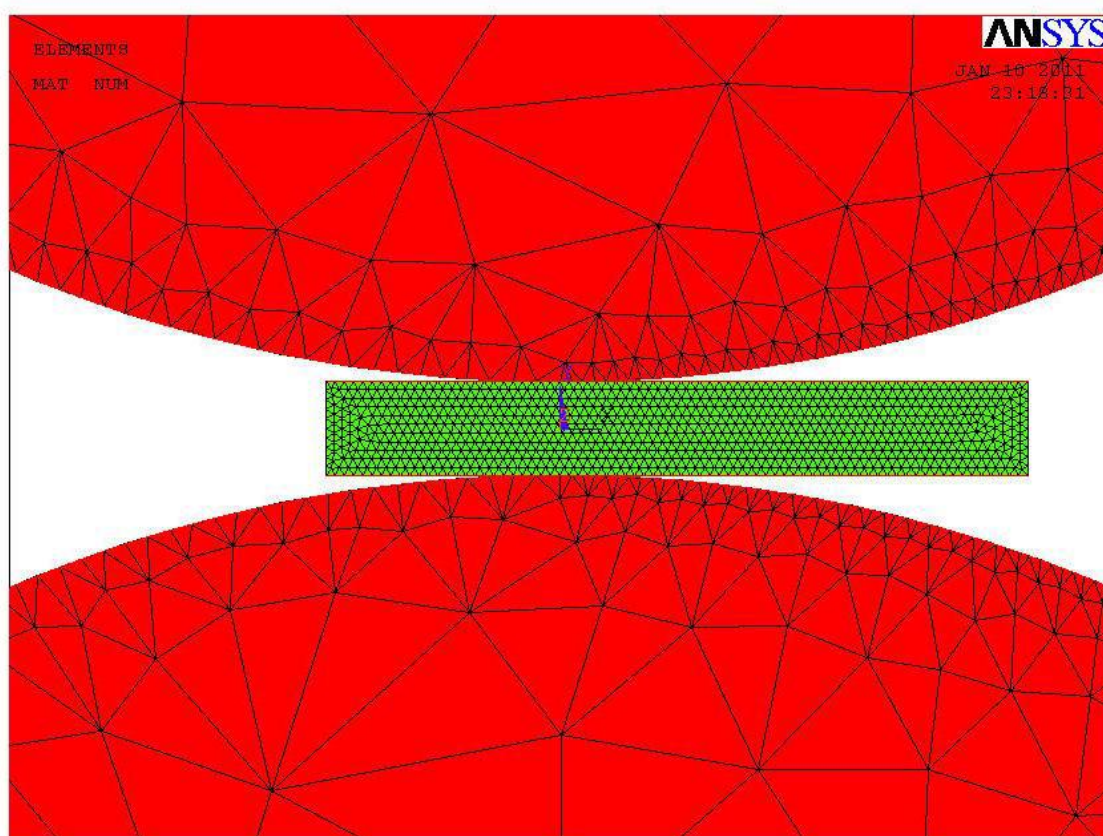


Рис. 2. Схема конечно-элементной модели

При создании конечно-элементной модели применялся конечный элемент Triangle 6-node, представляющий собой треугольник, так как данный вид КЭ оптимален для плоской модели, в которой мало прямоугольных элементов.

Расчет проводится программой по методу последовательных итераций, а при решении динамических моделей рабочий интервал разделен на подшаги (substeps). Величину шага можно задать вручную, определив допустимые отклонения, либо полностью доверить выбор программе. В данном случае использовалась опция «Arc-length» – в начале решения величина шага минимальна, затем увеличивается до заданного пользователем значения.

В процессе моделирования валкам задавалось вращение, поэтому изменение напряженно-деформированного состояния мы можем регистрировать во времени. Результаты расчетов в виде схем напряженно-деформированного состояния приведены на рис 1-8.

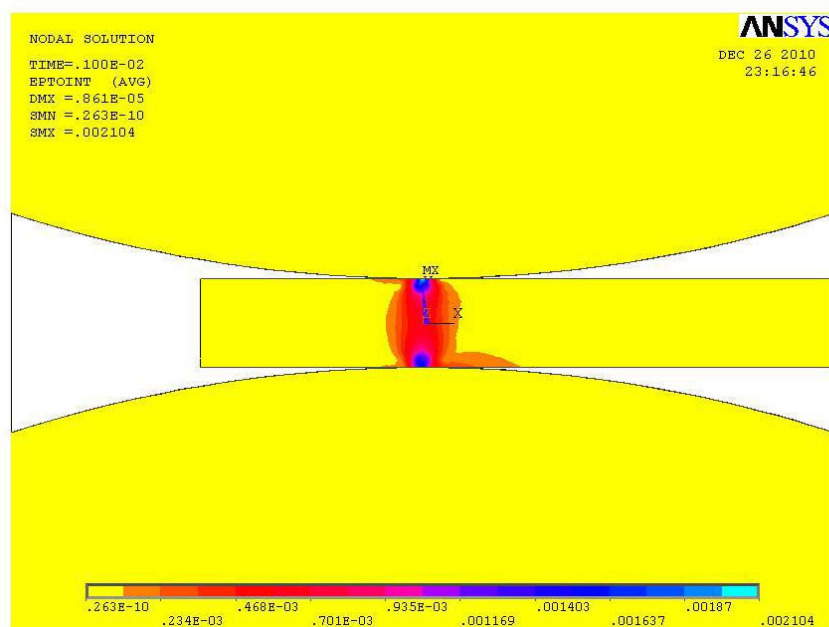


Рис. 3. Картина напряженного состояния модели через 0.001 сек после начала процесса

На рис. 3. изображена модель в момент времени 0.001 сек. от начала решения. Можно увидеть, как валки начинают деформировать слой. Очаги напряжений расположены на материале близко к точкам контакта. Участки напряженного состояния справа и слева от этих точек, связаны с наличием зон разряжения и накопления материала при прокатке его в валковой паре.

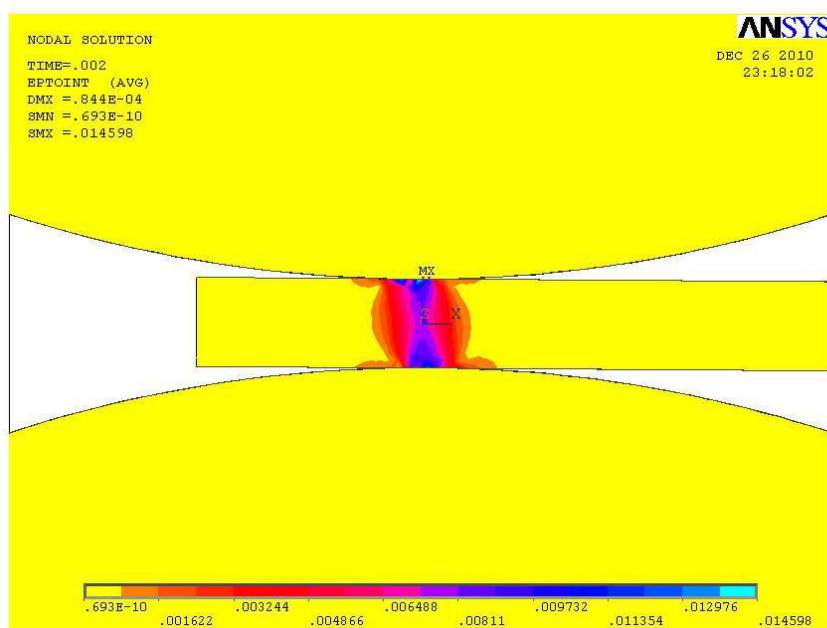


Рис. 4. Картина напряженного состояния модели через 0.002 сек после начала процесса

Продолжение решения задачи: время 0.002 сек. наблюдается увеличение напряжения.

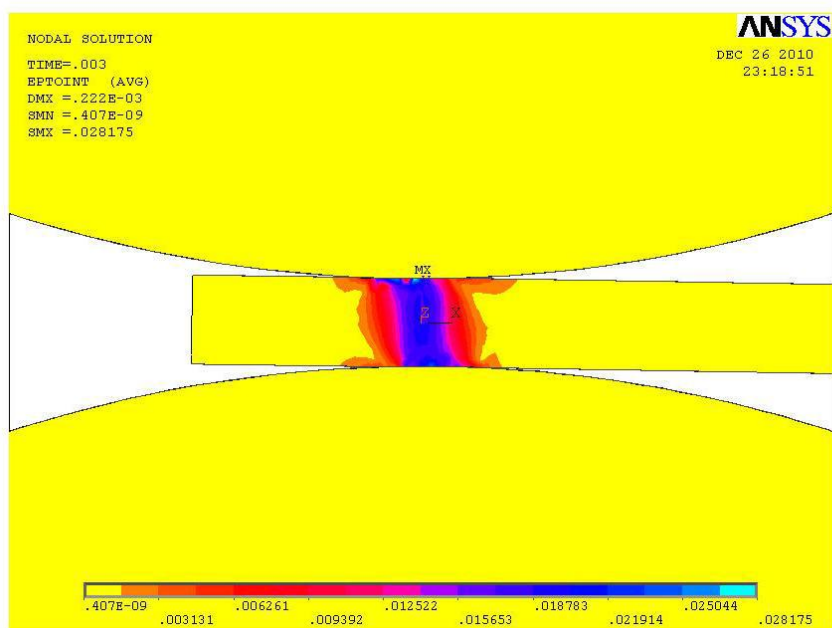


Рис. 5. Картина напряженного состояния модели через 0.003 сек после начала процесса

На рис. 6-10 показано перемещение слоя в жале валов и возникающие при этом напряжения

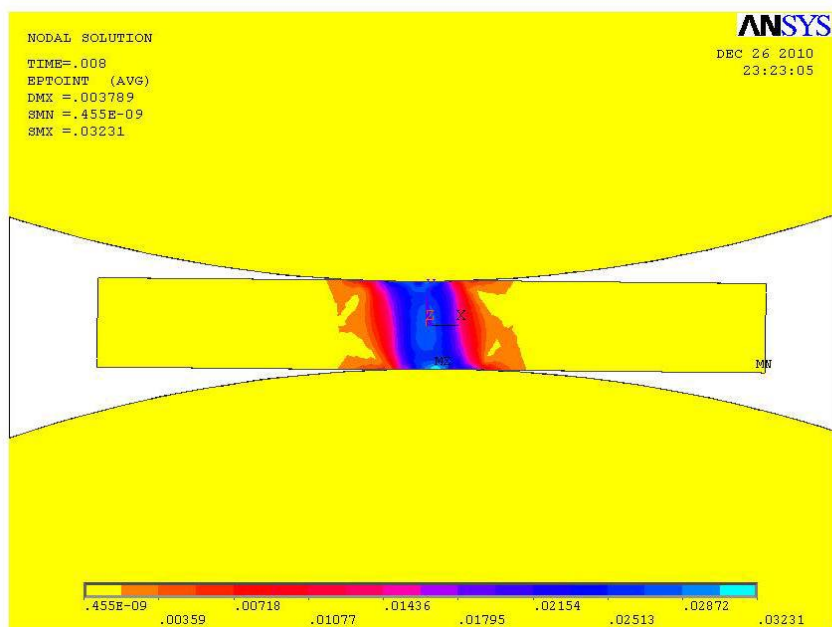


Рис. 6. Картина напряженного состояния модели через 0.008 сек после начала процесса

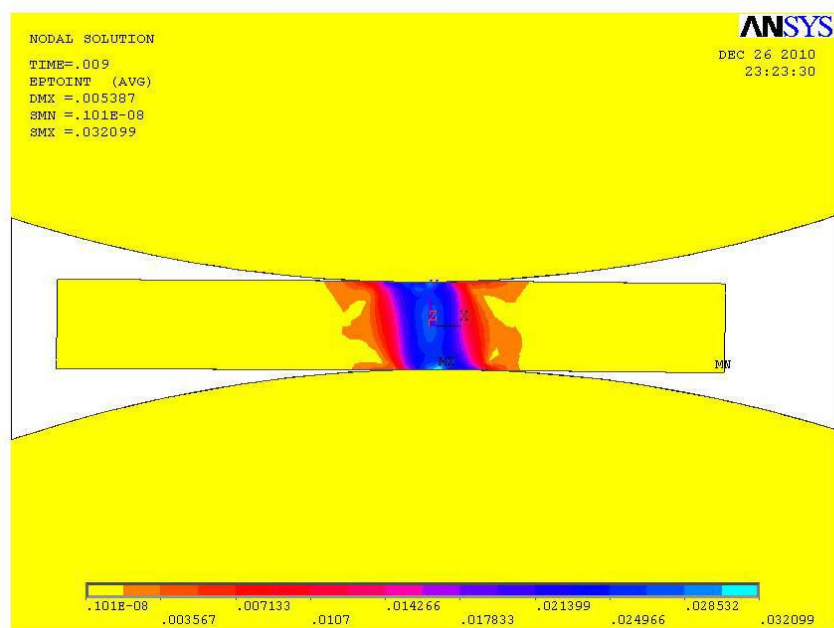


Рис. 7. Картина напряженного состояния модели через 0.009 сек после начала процесса

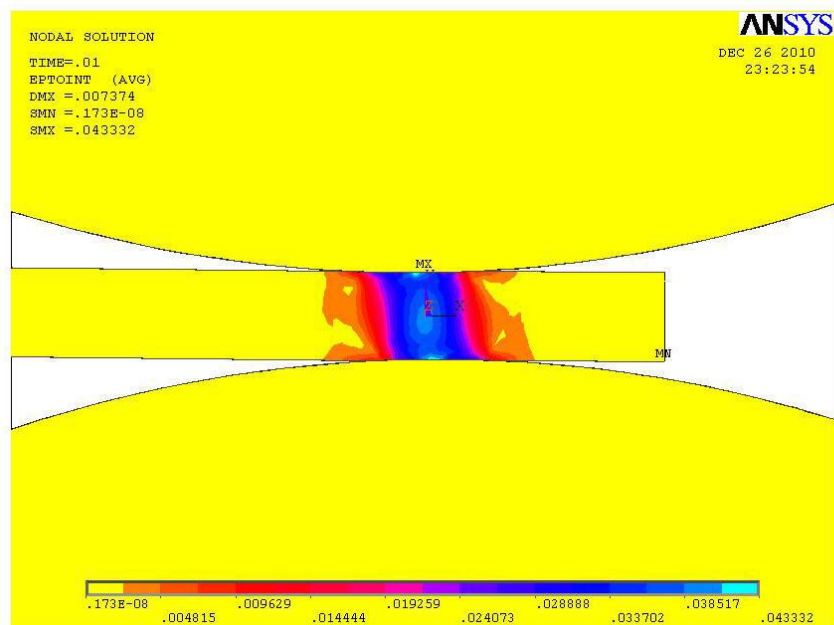


Рис. 8. Картина напряженного состояния модели через 0.010 сек после начала процесса

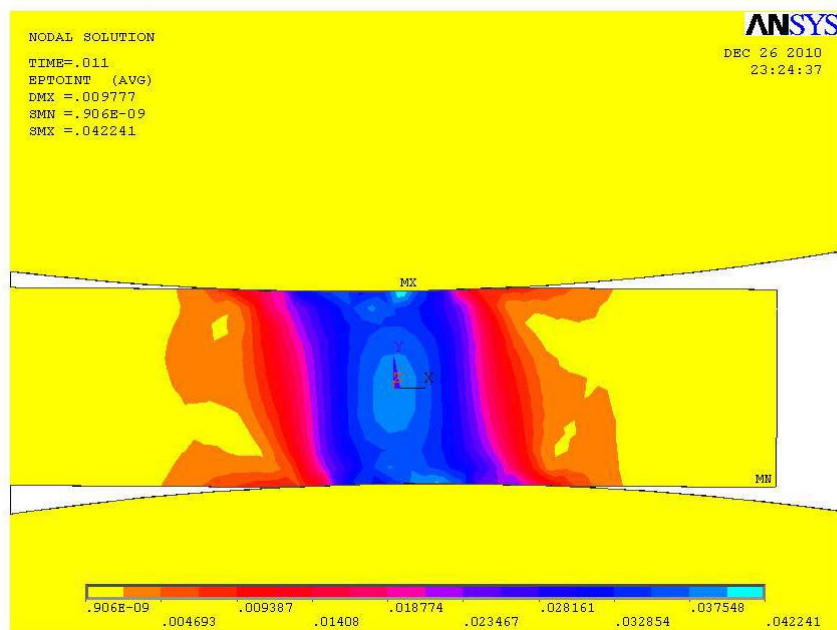


Рис. 9. Картина напряженного состояния модели через 0.011 сек после начала процесса

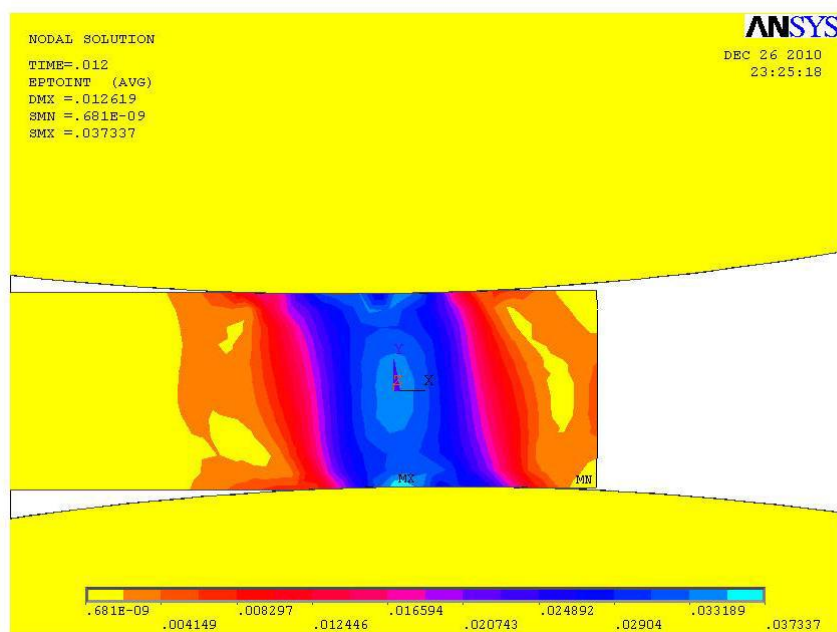


Рис. 10. Картина напряженного состояния модели через 0.012 сек после начала процесса

На рис 11 представлена картина напряженно–деформированного состояния при следующих условиях: частота вращения 200 об/мин, усилие прижатия 400 Н.

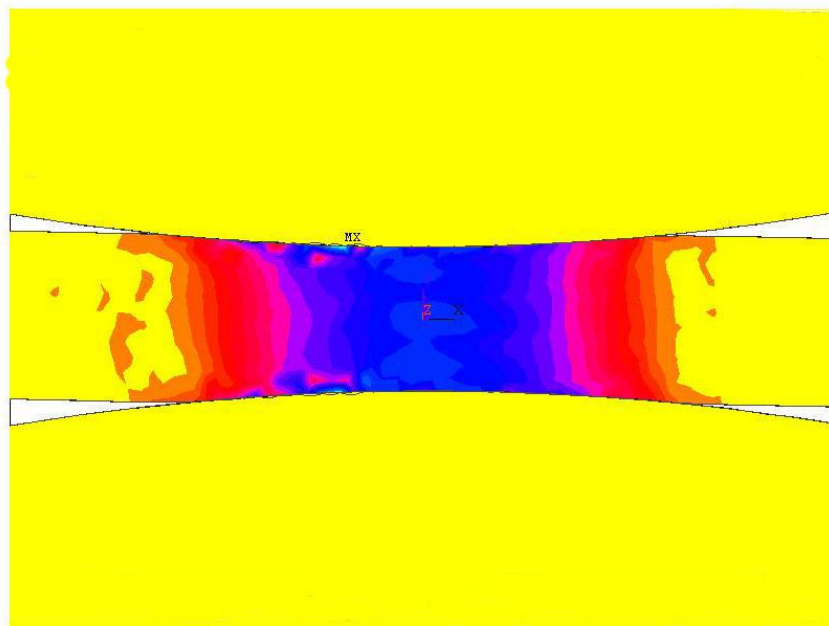


Рис. 11. Картина напряженно-деформированного состояния модели усилием на валах 400 Н, время 0,006 сек

Анализируя полученные данные можно сделать выводы о напряжении в слое в любой момент времени взаимодействия, исследовать распределение напряжений на периферийных участках сжатия материала, изучить влияние скорости, усилия прижима и других факторов на картину напряженно деформированного состояния в жале валов.

Таким образом, получена модель, описывающая контактные взаимодействия трех тел: слоя материала в жале вращающихся валков, которая позволяет анализировать напряженно-деформированное состояние слоя при различных давлениях и различной скорости вращения валов.

Данная модель может быть использована в качестве основы для создания модели взаимодействия валков с дискретизированным слоем волокна, для этого нами разрабатывается модель слоя волокна, состоящего из отдельных волокон и склеивающей их матрицы. В дальнейшем свойства перерабатываемого материала должны иметь вязкую составляющую, иметь вероятностные характеристики. В будущих моделях следует

учитывать разницу в скоростях вращения верхнего и нижнего валов, перекося валов и непостоянство коэффициентов трения материала о валы.

Общие выводы

1. Разработана модель, позволяющие проанализировать процессы, происходящие в слое волокна при прокатке его в валковой паре
2. Разработаны методики подбора числа итераций (Equilibrium iteration) и промежуточных шагов (Substep) для различных видов нелинейных задач без применения механизмов, предусмотренных препроцессором МКЭ ANSYS, в связи с тем, что последний имеет очень ограниченный диапазон величины шага и часто провоцирует несходимость решения на первых шагах.
3. Определены перспективы дальнейшего развития разработанных моделей с целью повышения их точности и адекватности.

Библиографический список

1. Корабельников А.Р. Развитие теории и технологии получения короткоштапельного льняного волокна, Кострома, 2005.
2. Разин С.Н. и др. , Теоретические основы совершенствования механической модификации льна. – Кострома: КГТУ, 2005.
3. Чигарев А.В. Ansys для инженеров. – М.: Компьютер Пресс, 2002.