

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ "НИТЬ-ЛЕЗВИЯ НОЖНИЦ"  
МЕХАНИЗМА ОБРЕЗКИ ЛОЖНОЙ КРОМКИ ТКАНИ СТАНКА DORNIER  
С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS\***

**ANALYSIS OF THE STRESS-STRAINED STATE OF SYSTEM ELEMENTS  
"THREAD - SCISSOR BLADES" OF FALSE EDGING TISSUE  
PRUNING MECHANISM OF THE LOOM DORNIER  
WITH THE HELP OF SOFTWARE PACKAGE ANSYS**

*В.А. ГУСЕВ, К.В. ДУБИНКИН*  
*V.A. GUSEV, K.V. DUBINKIN*

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

*Проведен анализ влияния геометрии заточки ножниц механизма обрезки ложной кромки ткани рапирного ткацкого станка Dornier на напряженно-деформированное состояние системы "нить-лезвия ножниц" для выбора рациональных конструктивных параметров ножниц.*

*The work considers analysis of the influence of the geometry of sharpening scissors of the pruning false tissue mechanism of the rapier loom Dornier on the stress-strained state of "thread – scissor blades" system to select the efficient constructive scissors parameters.*

**Ключевые слова:** ткацкий станок, Dornier, нить, лезвия ножниц, механизм, ложная кромка.

**Keywords:** loom, Dornier, thread, scissor blades, mechanism, false edge.

В процессе работы рапирного ткацкого станка Dornier происходит интенсивное взаимодействие лезвий ножниц механизма обрезки ложной кромки с нитями утка следствием чего является изнашивание режущих кромок, их притупление и в конечном итоге – потеря режущей способности механизма и возникновение брака ткани [1].

Процесс разрезания ножницами ложной кромки представляет собой частный случай измельчения материала и поэтому подчинен общим законам разрушения материалов под действием внешних сил, превосходящих силы молекулярного сцепления [1].

Задачей данного исследования являлось изучение напряженно-деформированного состояния системы "нить – лезвия ножниц" в зависимости от геометрии заточки лезвий.

Для решения поставленной задачи в работе в качестве расчетного инструмента применялась CAE-система конечно-элементного моделирования – программный комплекс ANSYS.

Работа в ANSYS выполнялась в интерактивном режиме, который позволяет использовать наиболее подходящие свойства графического режима, построения подсказки, системного меню и графического выбора.

После входа в интерактивный режим диалог пользователя с программой осуществляется через многооконный "графический интерфейс пользователя", в котором меню представляет собой перечень нескольких логически связанных процедур управления программой, расположенных в отдельных окнах.

---

Данная работа была выполнена при консультации Пустового А.В.

Физико-механические свойства материалов системы "нить-лезвия ножниц" (модуль Юнга, коэффициент Пуассона, плотность) не зависят от геометрии элемента, поэтому для каждого типа используемых конечных элементов они должны задаваться отдельно. Кроме того, для одного и того же элемента задаются различные комбинации свойств материала. В зависимости от постановки задачи свойства материала могут быть линейные, нелинейные, анизотропные, температурно-зависимые и т.д. Свойства модели можно посмотреть и редактировать в диалоговом окне Engineeringdata.

В программе ANSYS существует два способа построения геометрической модели: импорт модели, предварительно построенной другой программой; твердотельное моделирование с использованием внутреннего редактора. Можно выбрать любой из этих методов или использовать их комбинацию для построения расчетной модели [5].

Нами разработана трехмерная модель механизма ножниц ткацкого станка DORNIER в Solid Works (рис. 1), которая была импортирована в ANSYS.

Программа ANSYS позволяет наносить сетку на модель, импортированную из другой программы, а также имеет возможность менять геометрию модели с целью упрощения расчета.

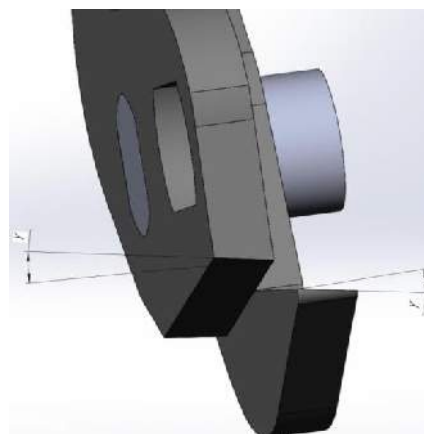
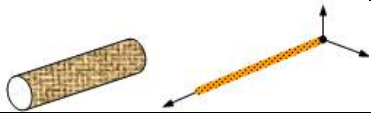

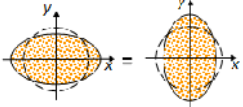
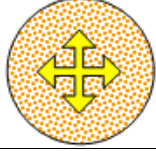
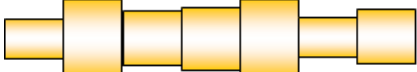


Рис. 1

Таблица 1

№ п/п	Допущения/Идеализация	Параметры
1	Геометрические свойства нити считаются известными или генерируются по известному закону распределения	Диаметры ( <i>неровнота</i> ), форма поперечного сечения, длина.
2	Нить изначально представляется как объект твердотельного моделирования или линейный объект с пространственными степенями свободы	
3	Форма поперечного сечения нити изначально рассматривается в двух вариантах: круглая и эллиптическая	
4	В поперечном сечении нить считаем однородной	
5	Гетерогенность геометрических и механических свойств в плоскости сечения отсутствует. Механические свойства одинаковы в поперечном сечении. Возможность вариации механических характеристик рассматривается только в продольном направлении	
6	Вариация геометрических характеристик рассматривается дискретно и только по отношению к диаметрам ( <i>неровнота по диаметрам</i> )	
7	Механические и физические свойства считаются известными	Модуль упругости $E_x$ , коэффициент пуассона $\mu$ , диаграмма деформирования (нагрузка-удлинение, напряжения-деформации), плотность вещества(нити) $\rho$ .

Использование автоматических средств позволяет улучшить модель за счет устра-

нения ненужных зазоров, перекрытий или взаимных внедрений ее частей, а также

выполнить слияние объектов и создание объемов. Это дает возможность получить значительно более простую расчетную модель путем ее "подчистки". Процедуры упрощения позволяют наилучшим образом подготовить модель для нанесения сетки за счет удаления отверстий, полостей и выпуклостей, исключения мелких подробностей [3], [4], [6], [7].

Допущения, принятые при создании моделей нити [2].

Текстильные материалы вследствие своей неоднородности как по геометрическим, так и по механическим свойствам представляют собой достаточно сложные

объекты, моделирование которых без применения идеализации и принятия допущений не представляется возможным.

Представим нить в виде объемного равномерно протяженного тела с правильной формой поперечного сечения (см. допущения и идеализация модели нити) (рис. 2-а). С точки зрения конечно-элементного подхода объемную модель можно аппроксимировать с определенной степенью точности объемными конечными элементами, которым могут быть присвоены различные механические свойства (рис. 2-б).

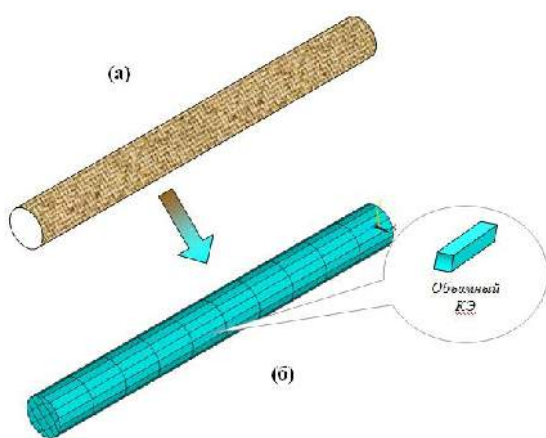


Рис. 2

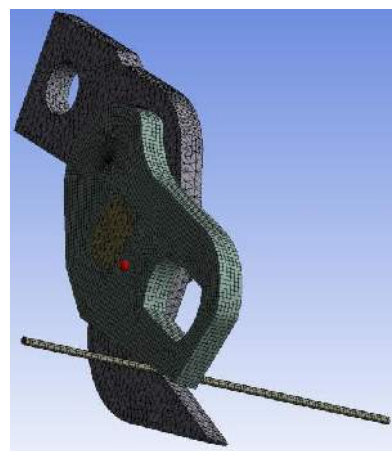


Рис. 3

Общий вид сетки конечных элементов системы нить – лезвия "ножниц"

представлен на рис. 3

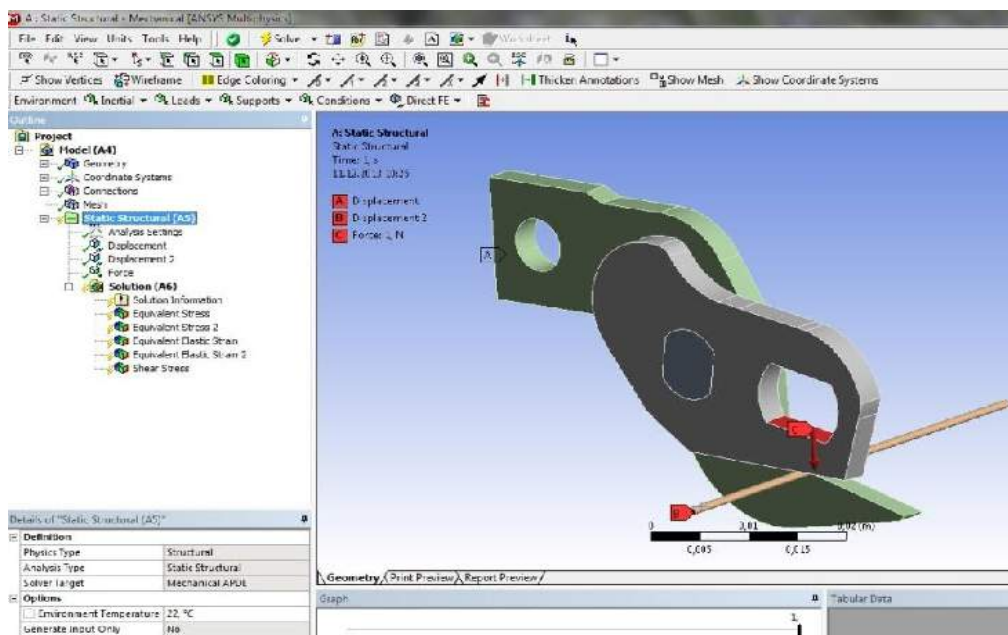


Рис. 4

После получения сетки конечных элементов к модели прикладываются нагрузки и закрепления, а также определяются некоторые условия расчета (число подшагов, время действия нагрузок и т.д.). Кроме того, в Workbench, в отличие от APDL, требуется определить, какие результаты нас интересуют: перемещения, напряжения, деформации (рис. 4 – приложение нагрузок и закреплений к системе).

После завершения всех необходимых действий можно приступать непосредственно к расчету.

Результаты расчетов напряженно-деформированного состояния нити при переднем угле заточки лезвий ( $\gamma$ ): 5, 10, 15° и усилия реза в 1Н представлены на рис. 5 (напряжения (Па) в нити при различных углах заточки лезвий ножей).

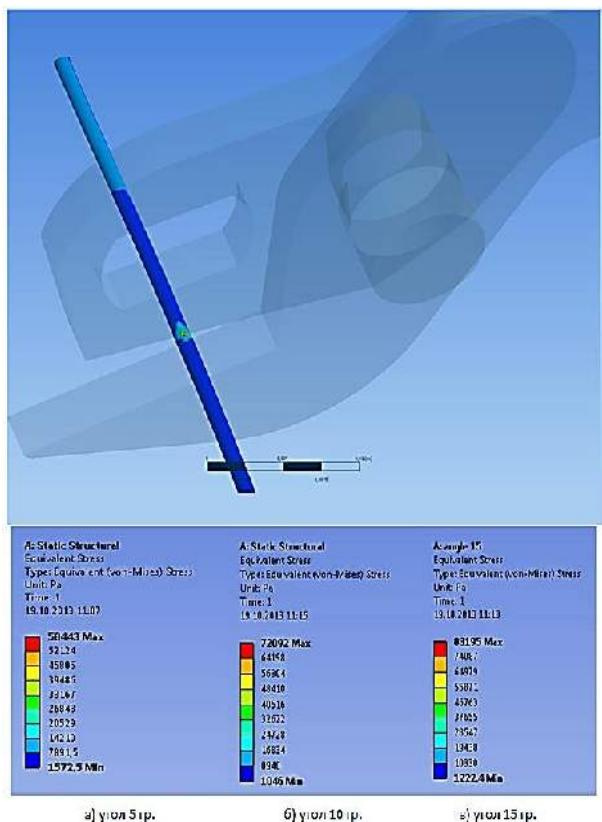


Рис. 5

Результаты расчетов напряженно-деформированного состояния лезвий ножниц при переднем угле заточки лезвий ( $\gamma$ ): 5, 10, 15° и усилия реза в 1Н представлены на рис. 6 (напряжения (Па) в лезвиях ножей при различных углах их заточки).

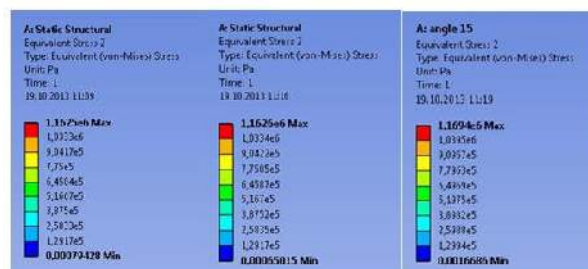
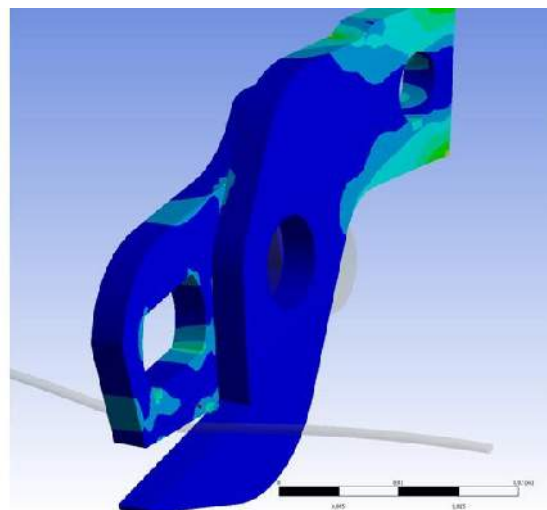


Рис. 6

Анализируя данные результатов расчетов моделирования процесса разрезания нити лезвиями ножниц кромкообразующего механизма ткацкого станка фирмы Dornier, можно выявить следующие закономерности.

При увеличении переднего угла заточки лезвия ножниц при  $F = \text{const}$  происходит увеличение напряжений, возникающих в нити в месте контакта, ведущих к ее разрушению. Следовательно, чем больше напряженно-деформированное состояние нити, тем быстрее произойдет процесс ее разрушения.

Увеличение напряжений при увеличении переднего угла заточки происходит не только в нити, но и в лезвиях ножниц.

Таким образом, при переднем угле заточки лезвий  $\gamma = 5^\circ$  возникающие напряжения в точке контакта лезвия ножниц с нитью в нити и в лезвиях ножниц будут 58443 Па, при угле  $\gamma = 10^\circ$  - 72092 Па и при угле  $\gamma = 15^\circ$  вырастут до 83195 Па.

Это приводит к понижению стойкости инструмента и к потере режущей способности лезвий, а значит и к возникновению брака ткани. Поэтому так важно выбрать

правильный передний угол заточки лезвий ножниц (У).

При выборе переднего угла заточки (У) ножниц нужно учитывать два основных фактора:

1) механические свойства текстильных материалов подвергшихся разрезанию;

2) механические свойства материала лезвий ножниц.

Например, высокоуглеродистые термообработанные стали после заточки имеют большую стойкость режущей кромки, но меньшую прочность и ударную вязкость, что приводит к выкрашиванию материала режущей кромки. Низкоуглеродистые (мягкие) стали хуже держат заточку, но лучше воспринимают нагрузку на кромку. Но нож из мягкой стали порой просто невозможно заточить до желаемой остроты из-за чрезмерной мягкости режущей кромки.

В свете вышеизложенного приходится искать компромисс между качеством и легкостью разрезания ткани и способностью материала лезвия выдерживать без разрушения деформации и напряжения при многоцикловом нагружении.

## ВЫВОДЫ

1. На основе моделирования в системе ANSYS получены численные значения эквивалентных напряжений по Мизесу в системе "нить-лезвия ножниц" при различных передних углах заточки лезвий и постоянных силовых воздействиях.

2. Наличие компьютерной модели позволяет достаточно быстро осуществлять численные эксперименты по определению деформационных характеристик системы при сложном сочетании различных внешних воздействий и граничных условий и

решить задачу по выбору геометрических параметров лезвий ножниц и материалов для их изготовления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев В.А., Букина С.В., Дубинкин К.В. К вопросу исследования износостойкости ножниц механизма кромкообразования ткацкого рапирного станка фирмы Dornier // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5.

2. Голубков Д.В. Моделирование механических свойств нити и тканых материалов на основе методов численного анализа: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2009.

3. Пустовой А.В., Корабельников А.Р. Модель взаимодействия валковой пары с многослойным композитным материалом в устройстве подготовки волокна к утонению и очистке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3.

4. Пустовой А.В., Корабельников А.Р., Шутова А.Г. Анализ напряженно-деформированного состояния многослойного композиционного материала при его обработке в валковой паре // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №2.

5. Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Пашин Е.Л. Компьютерная модель сушки слоя льняной тресты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3.

6. Каравайков В.М., Киселев Н.В., Шупов А.В. Моделирование процессов тепломассообмена в водогрейном котле с экранно-конвективными секциями // Изв. вузов. Проблемы энергетики. – 2011, №1-2.

7. Пустовой А.В., Громова Е.И., Шутова А.Г. Исследование распределения касательных напряжений внутри многослойного композитного материала при его обработке в валках, вращающихся с различными скоростями // Вестник КГТУ. – 2013, №2.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 30.09.14.