

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПО ОСНОВЕ
И ВЛИЯНИЕ УТОЧНЫХ НИТЕЙ НА ДЕФОРМАЦИЮ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УДЛИНЕНИЯ ОСНОВНОЙ НИТИ В ТКАНИ**

**WARP STRAIN DISTRIBUTION AND INFLUENCE OF WEFT
ON IT WITH SIMULATION OF WARP ELONGATION IN FABRICS**

П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т.А. САМОЙЛОВА, В.В. МОНАХОВ
P.A. SEVOSTYANOV, T.A. SAMOYLOVA, V.V. MONAKHOV

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))
E-mail: petrsev46@yandex.ru

В статье исследовано влияние интенсивностей сил трения и упругого сопротивления на деформацию основы со стороны утка. Для этого построена модель удлинения основной нити. В результате моделирования получены кривые распределения компонента тензора деформации.

The influence of the intensities of frictional forces and elastic resistance on deformation of the warp from the weft are studied in the article. For this purpose, a model of elongation of the warp is constructed. As a result of modeling, the distribution curves of the component of the strain tensor were obtained.

Ключевые слова: компьютерная модель, основа, уток, удлинение, деформация.

Keywords: computer model, warp, weft, elongation, deformation.

Рассмотрим роль уточных нитей в увеличении прочности тканого полотна. В качестве объекта возьмем прямоугольный образец полотна, растягиваемый вдоль основы с постоянной скоростью на разрывной машине. Очевидно, что пучок нитей основы сопротивляется удлинению гораздо меньше, чем те же нити и в том же числе, заработанные в ткань [1...4]. Их переплетение с утком создает в полотне распределенное по площади поле сопротивления, препятствующее деформации образца. Механизм возникновения этого сопротивления [5...9] прост: нить основы в полотне изогнута и находится в равновесии, как и уток. При удлинении образца основа пытается распрямиться, поскольку ее сопротивление на изгиб значительно меньше сопротивления на растяжение. Однако распрямление основы означает давление на уток и попытку увеличить его изгиб, чему уток сопротивляется, то есть энергия деформации

основы частично передается утку, а значит доля энергии, приходящаяся на деформацию основы, уменьшается. Наряду с упругими силами в механизме распределения напряжений и деформации важнейшую роль играют диссипативные силы трения между нитями основы и утка и между волокнами и элементарными нитями внутри основы и утка, что затрудняет получение аналитических оценок для этого перераспределения.

Воспользуемся разработанной авторами конечно-элементной моделью деформации тканого полотна и изогнутой в полотне нити основы [10...12]. Кроме внешней нагрузки, приложенной к одному концу нити и удлиняющей ее в плоскости образца с постоянной скоростью, к нити приложены поверхностные силы ее взаимодействия с утком (рис. 1 – распределенная силовая нагрузка на участках взаимодействия основной нити с нитями утка). Эти силы дей-

ствуют как в направлениях, перпендикулярных плоскости образца (ось Y), так и вдоль этой плоскости (ось X). Величина этих сил пропорциональна деформации основы в соответствующем направлении:

$$R(t) = R_m e_{XX}(t), \quad P(t) = \pm P_m e_{YY}(t).$$

Здесь e_{XX} и e_{YY} нормальные компоненты тензора деформации по осям X и Y, P_m и R_m интенсивности сил трения и упругого сопротивления деформации основы со стороны утка.

Рассмотрим, как интенсивности P_m и R_m влияют на распределение и величину деформации основы. С этой целью было выполнено моделирование деформации ос-

новной нити при удлинении ее с постоянной скоростью на 10% от исходной длины образца. Поскольку удлинение моделировалось для квазистатического режима [14], [15], эффекты релаксации в рассмотрение не включались. Среднее значение модуля упругости нити принято равным $2e^9$ Па, что соответствует нейлону-6, с периодическими вариациями в соответствии с чередованием участков перекрытия "основа – уток" и промежуткам между ними и с относительной амплитудой вариаций A. План эксперимента включал в себя варьирование трех факторов: A, P_m и R_m , каждый – на двух уровнях: $A = \{0; 0,8\}$; $P_m = \{0; 1e^7 \text{ Па}\}$; $R_m = \{0; 1e^6 \text{ Па}\}$. В эксперименте моделировались варианты деформации основы, показанные в табл. 1.

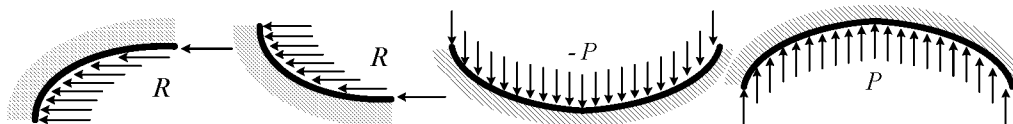


Рис. 1

Варианты моделирования деформации нити основы отличались значениями P_m и R_m . Среди большого списка рассчитываемых характеристик деформации и напряжения нити основы, получаемых с помощью компьютерной модели, выбран компонент

e_{XX} тензора деформации. Эта характеристика деформации выражена в относительных единицах, что удобно для сравнения вариантов [13...15], и является главным показателем деформации нити вдоль направления приложения нагрузки.

Таблица 1

№ вариантов модели	Значения варьируемых факторов		
	A	P_m	R_m
1	0	0	0
2	0,8	0	0
3	0	$1e^7$, Па	$1e^6$, Па
4	0,8	$1e^7$, Па	$1e^6$, Па

Поскольку в результате моделирования каждого варианта были получены распределения e_{XX} по длине нити, то результаты моделирования наиболее наглядно можно представить кривыми на рис. 2, 3 (рис. 2 – распределение нормального компонента e_{XX} тензора деформации вдоль основной нити для 1 и 2-го вариантов модели удлинения образца; рис. 3 – распределение нормального компонента e_{XX} тензора деформации вдоль основной нити для 3 и 4-го вариантов модели удлинения образца).

Кривые распределения компонента тензора деформации показывают, что в пределах одного элемента ткани продольная деформация имеет большой диапазон варьирования как по величине, так и по знаку. Вариации нарастают по мере приближения участков основы к области подвижного зажима (на рисунках – справа). Силы давления со стороны утка на нить основы приводят к заметному увеличению асимметрии в кривых распределения и росту перепадов деформации.

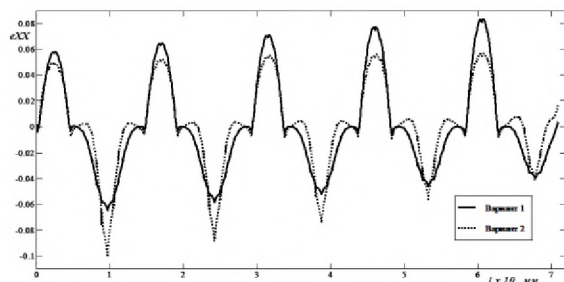


Рис. 2

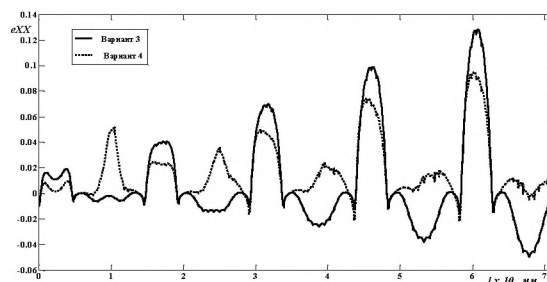


Рис. 3

Периодичность вариаций деформации кратна длине элемента ткани от участка перекрытия основы и утка до следующего аналогичного перекрытия. Однако для разных показателей в этих периодических вариациях наблюдаются фазовые смещения, величина которых зависит от соотношения внешних нагрузок и вариаций модуля упругости. Отметим, что аналогичные эффекты проявляются и у других компонентов тензора деформации и тензора напряженности материала нити.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов П.А. Компьютерные модели в механике волокнистых материалов. – М.: Тисо Принт, 2013.
2. Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е., Баландин Е.А. Статистическое компьютерное моделирование одноосного растяжения тканого полотна методом конечных элементов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности – 2014, №6. С.102...105.
3. Севостьянов П.А., Монахов В.И., Самойлова Т.А., Дасюк П.Е. Моделирование динамики удлинения и разрыва образца ткани с учетом случайных вариаций и изменений в структуре ткани и взаимодействии нитей // Химические волокна. – 2015, №6. С.79...82.
4. Севостьянов П.А., Монахов В.И., Самойлова Т.А., Дасюк П.Е. Моделирование динамики удлинения и разрыва образца ткани с учетом случайных вариаций и изменений в структуре ткани и взаимодействии нитей // Fibre Chemistry. – V.47, №6, Marth 2016, №1. P.501...504.
5. Севостьянов П.А. О закономерности расположения утка в ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1971, №2. С.89...92.
6. Севостьянов П.А. Взаимосвязь между неровной пряжи и неровной ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1971, №4. С.95...98.
7. Севостьянов П.А. Оценка размера зоны формирования ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №2. С.99...106.

8. Севостьянов П.А., Радов А.В. Алгоритм моделирования прибора уточных нитей к опушке ткани как волнового процесса в сплошной среде с кулоновским трением // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №2С. С.72...76.

9. Севостьянов П.А., Радов А.В. Исследование роли кулоновского трения в некоторых волокнистых продуктах методами статистического компьютерного моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №1. С.77...83.

10. Севостьянов П.А., Никитюк В.Ю., Забродин Д.А., Лебедева В.И. Статистическая имитация истирания тканей методами компьютерного моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С.93...96.

11. Севостьянов П.А., Забродин Д.А. Обобщенная перколяционная модель износа двумерных полотен из волокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №4. С.151...153.

12. Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е., Пучкова Н.М. Модель удлинения и разрыва ткани с учетом статистических вариаций параметров нитей и структуры // Химические волокна. – 2014, №6. С.47...53.

13. Севостьянов П.А., Баландин Е.А., Бутенко Т.С. Сингулярный спектральный анализ неравномерности структуры тканых полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №3. С.112...116.

14. Севостьянов П.А., Митихин В.Г., Никитиных Е.И. Исследование на ПЭВМ статистических свойств алгоритмов прогнозирования свойств текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, №3. С.66...69.

15. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008.

REFERENCES

1. Sevostyanov P.A. Kompyuternye modeli v mehanike voloknistykh materialov. – M.: Tiso Print, 2013.
2. Sevostyanov P.A., Zabrodin D.A., Dasyuk P.E., Balandin E.A. Statisticheskoe kompyuternoe modelirovanie odnoosnogo rastyazheniya tkanogo polotna metodom konechnykh elementov // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti – 2014, №6. S.102...105.

3. Sevostyanov P.A., Monahov V.I., Samojlova T.A., Dasyuk P.E. Modelirovanie dinamiki udlineniya i razryva obrazca tkani s uchetoм sluchajnyh variacij i izmenenij v strukture tkani i vzaimodejstvii nitej // *Himicheskie volokna*. – 2015, №6. S.79...82.
4. Sevostyanov P.A., Monahov V.I., Samojlova T.A., Dasyuk P.E. Modelirovanie dinamiki udlineniya i razryva obrazca tkani s uchetoм sluchajnyh variacij i izmenenij v strukture tkani i vzaimodejstvii nitej // *Fibre Chemistry*. – V.47, №6, Marth 2016, №1. P.501...504.
5. Sevostyanov P.A. O zakonomernosti raspolozheniya utka v tkani // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti*. – 1971, №2. S.89...92.
6. Sevostyanov P.A. Vzaimosvyaz mezhdru nerovnotoj pryazhi i nerovnotoj tkani // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti*. – 1971, №4. S.95...98.
7. Sevostyanov P.A. Ocenka razmera zony formirovaniya tkani // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti*. – 1978, №2. S.99...106.
8. Sevostyanov P.A., Radov A.V. Algoritm modelirovaniya priboya utochnyh nitej k opushke tkani kak volnovogo processa v sploshnoj srede s kulonovskim treniem // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti*. – 2008, №2S. S.72...76.
9. Sevostyanov P.A., Radov A.V. Issledovanie roli kulonovskogo treniya v nekotoryh voloknistyh produktah metodami statisticheskogo kompyuternogo modelirovaniya // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti*. – 2008, №1. S.77...83.
10. Sevostyanov P.A., Nikityuk V.Yu., Zabrodin D.A., Lebedeva V.I. Statisticheskaya imitaciya istiraniya tkanej metodami kompyuternogo modelirovaniya // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti*. – 2011, №2. S.93...96.
11. Sevostyanov P.A., Zabrodin D.A. Obobshchennaya perkolyacionnaya model iznosa dvumernyh poloten iz voloknistyh materialov // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti*. – 2011, №4. S.151...153.
12. Sevostyanov P.A., Zabrodin D.A., Dasyuk P.E., Puchkova N.M. Model udlineniya i razryva tkani s uchetoм statisticheskikh variacij parametrov nitej i struktury // *Himicheskie volokna*. – 2014, №6. S.47...53.
13. Sevostyanov P.A., Balandin E.A., Butenko T.S. Singulyarnyj spektralnyj analiz neravnomernosti struktury tkanyh poloten // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti*. – 2010, №3. S.112...116.
14. Sevostyanov P.A., Mitihin V.G., Nikitinyh E.I. Issledovanie na PEVM statisticheskikh svojstv algoritmov prognozirovaniya svojstv tekstilnyh materialov // *Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti*. – 1992, №3. S.66...69.
15. Sherbakov V.P., Skulanova N.S. Osnovy teorii deformirovaniya i prochnosti tekstilnyh materialov. – M.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2008.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления. Поступила 29.05.18.