

## АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗОНЫ ДЕФОРМАЦИИ ТКАНИ

Туцкая Татьяна Павловна, к.т.н., доцент, ИВГПУ, 153000, г. Иваново, пр. Шереметьевский, д. 21, e-mail: [ameli168@mail.ru](mailto:ameli168@mail.ru)

Фомин Юрий Григорьевич, д.т.н., профессор, ИВГПУ, 153000, г. Иваново, пр. Шереметьевский, д. 21

Цель статьи – изучение поведения ткани при растяжении, в процессе ее обработки в валковых модулях текстильных машин. Авторами предложена трехзвенная модель вязкоупругого полотна ткани и рассмотрен процесс деформации ткани с учетом ее вязкоупругих свойств. Дано математическое описание процесса деформации вязкоупругого полотна ткани в зоне обработки. Представлены зависимости относительного удлинения ткани в зоне деформации и их анализ.

**Ключевые слова:** растяжение, полотно ткани, деформация, валковый модуль, модель, вязкоупругие свойства.

## ANALYSIS OF THE STATIC MODEL DEFORMATION ZONES FABRIC

Tutskaya Tatyana Pavlovna, Ph.D., Associate Professor, IVGPU, 153000, Ivanovo, pr. Sheremetyevsky, d. 21 e-mail: [ameli168@mail.ru](mailto:ameli168@mail.ru)

Fomin Yuri, Professor, IVGPU, 153000, Ivanovo, pr. Sheremetyevsky, d. 21

Purpose of the article - the study of the behavior of the fabric under tension in the course of its processing in the roller units of textile machines. The author suggests a three-tier model of viscoelastic leaf tissue and through the process of deformation fabrics in view of its viscoelastic properties. The mathematical description of the deformation of the viscoelastic tissue web in the processing zone. The dependences of the fabric elongation in the deformation zone and analyzed.

**Keywords:** stretch, canvas fabric, deformation, roll module, model, viscoelastic properties.

Деформация растяжения тканей вдоль основы при обработке проявляется в виде трех составляющих: упругой, эластической и пластической [1]. Величина упругой составляющей деформации по отношению к эластической и пластической тем больше, чем меньше нагрузка на ткань и время ее действия.

В диапазоне предпочтительных относительных удлинений ткани (2-3 %) можно считать, что основная доля деформации (до 80 %) представляет упругую составляющую и высокоэластическую с периодом релаксации волокна не более одной минуты. В общем случае можно говорить о среднем значении модуля упругости и вязкости ткани, так как в практических условиях нет необходимости разделять упругую и высокоэластическую составляющие деформации ввиду того, что спектр времен релаксации занимает короткие промежутки времени. В связи с этим текстильный материал может быть представлен трехзвенной моделью Кельвина-Фойгта [2, 3] с параллельно соединенными упругим и вязким звеньями (рис. 1).

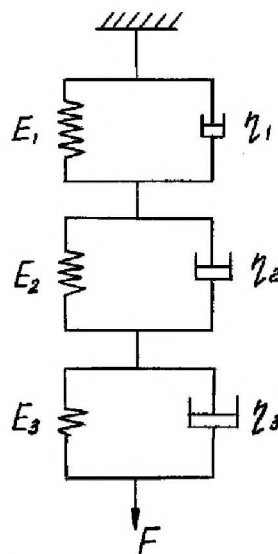


Рис. 1. Трехзвенная модель вязкоупругого полотна ткани  
Для данной модели справедливо уравнение деформации:

$$F = \varepsilon E + \eta \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad (1)$$

где  $F$ - действующее натяжение;

$\varepsilon$  - относительное удлинение отрезка полотна ткани;

$E$  - приведенный к ширине ткани модуль упругости, Н;

$\eta$  - коэффициент вязкости ткани, Н·с.

Относительное удлинение:

$$\delta(t) = \frac{\sigma}{E_1} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right) + \frac{\sigma}{E_2} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right) + \frac{\sigma}{E_3} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_3}} \right), \quad (2)$$

Здесь:  $\tau_i = \frac{\eta_i}{E_i}$  и  $E_1 \neq E_2 \neq E_3$ .

В процессе анализа приводных устройств поточных линий для обработки ткани в расправленном виде в зависимости от требований к точности стабилизации натяжения полотна, его физико-механических свойств, уровня рабочей скорости и конструктивных особенностей оборудования ткань представляется упругим или вязкоупругим материалом [4, 5]. Необходимость учета вязкоупругих свойств ткани возникает при анализе ее вытяжки в многозонном транспортирующем устройстве.

Так стабилизация натяжения ткани на входе в зону обработки на минимальном по условиям отсутствия складкообразования уровне не гарантирует допустимой вытяжки материала при действии в зоне обработки неконтролируемых технологических возмущений [6]. Вязкоупругие свойства движущейся в процессе обработки ткани обуславливают связь ее вытяжки с импульсом действующего натяжения [7, 8] и значительно влияют на качество готовой продукции. Действие устройств стабилизации натяжения полотна ткани на входе в зоны обработки может оказаться неэффективным, если время пребывания полотна на участке регулирования натяжения меньше времени его пребывания в зоне обработки [9].

Тогда при последовательном многократном прохождении полотном таких зон в поточной линии, деформация приобретаемая им под действием технологических возмущений, непрерывно накапливается по мере продвижения полотна. При этом стабилизация и контроль его натяжения в зоне обработки становится важной технологической задачей [10].

Рассмотрим процесс деформации ткани с учетом ее вязкоупругих свойств, приняв за основу модель Кельвина-Фойгта с параметрами  $\eta$  и  $E$  (рис. 2).

При отсутствии технологических возмущений и заданном соотношении скоростей  $v_1$  и  $v_2$  (относительном удлинении  $\varepsilon$ ) натяжение ткани определяется модулями упругости  $E$  и вязкости  $\eta$ , длиной полотна ткани в зоне деформации  $\ell_0$  и скоростью его движения [11].

В условиях распределенных технологических возмущений перемещающийся в зоне деформации материал испытывает действие нарастающего натяжения  $F(\ell)$ , причем величина натяжения определяется как распределенными возмущениями и параметрами ткани, так и скоростью ее движения. Особенностью здесь является то, что в связи с непрерывным нарастанием натяжения материала он деформируется на всей длине транспортирования, в то время как при отсутствии технологических возмущений зона вытягивания находится непосредственно у вальковой пары, подающей ткань.

В случае представления ткани моделью Кельвина-Фойгта [2] для ее элементарного отрезка  $\Delta\ell$  (рис. 2), перемещающегося в зоне деформации, имеем уравнение деформации в виде (1).

Действие распределенных сил трения приводит к росту натяжения полотна по мере его перемещения в зоне деформации

$$F = F_\alpha = \alpha_c E v \frac{\ell}{\ell_0} = \alpha_c E v^2 \frac{t}{\ell_0}, \quad (3)$$

где  $t$  - время движения элементарного отрезка, с.

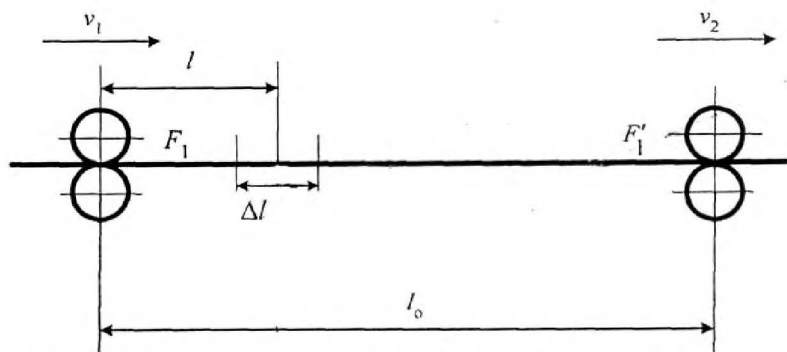


Рис. 2. Деформация вязкоупругого полотна ткани в зоне обработки

Решая (1) и (3), получаем зависимость относительного удлинения от времени при нулевых начальных условиях, а также его распределение по длине полотна в зоне деформации в виде:

$$\varepsilon_i(t) = \frac{\alpha_c v^2 \left[ t + \tau \left( e^{-t/\tau} - 1 \right) \right]}{\ell_0}; \tag{4}$$

$$\varepsilon_i(\ell) = \frac{\alpha_c v^2 \left[ \frac{\ell}{v} + \tau \left( e^{-\ell/v\tau} - 1 \right) \right]}{\ell_0}, \tag{5}$$

где  $\tau = \eta/E$ , с.

Среднее относительное удлинение полотна ткани получим, интегрируя по  $\ell$  относительные удлинения его элементарных отрезков

$$\varepsilon_{cp} = \frac{1}{\ell_0} \int_0^{\ell_0} \varepsilon_i(\ell) d\ell = \frac{\alpha_c v}{2} - \frac{\alpha_c v^2 \tau}{\ell_0} \left[ \frac{v\tau}{\ell_0} \left( e^{-\ell_0/v\tau} - 1 \right) - 1 \right]. \tag{6}$$

Из (5) имеем относительное удлинение ткани в конце зоны деформации:

$$\varepsilon(\ell_0) = \alpha_c v + \frac{\alpha_c v^2 \tau}{\ell_0} \left( e^{-\ell_0/v\tau} - 1 \right). \tag{7}$$

На рис. 3 представлены зависимости относительного удлинения ткани в зоне деформации при вариациях параметров  $\ell$ ,  $v$ ,  $\tau$ , построенные в соответствии с (7).

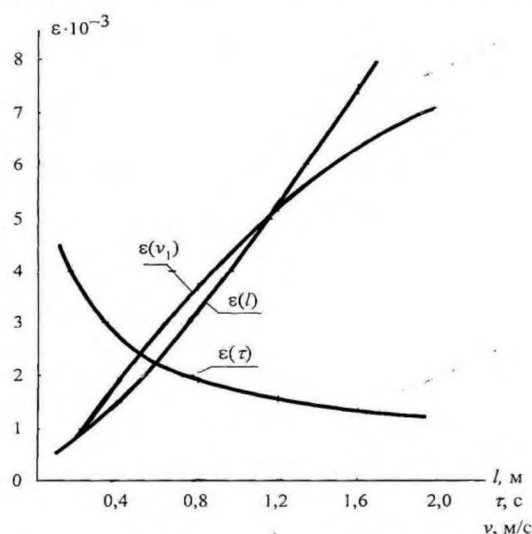


Рис. 3. Изменение относительного удлинения полотна ткани вдоль зоны деформации

**Выводы:** Анализ представленных зависимостей показывает, что с ростом скорости и длины полотна ткани в зоне деформации возрастает его относительное удлинение, а, следовательно, и вытяжка. При этом влияние вязкоупругих свойств материала проявляется незначительно в нелинейном характере зависимостей  $\varepsilon(\ell)$  и  $\varepsilon(v)$ . С ростом постоянной времени  $\tau = \eta / E$ , характеризующей вязкоупругие свойства ткани, ее вытяжка уменьшается, что связано с увеличением динамической жесткости ткани при больших  $t$ .

#### Список литературы

1. Удвал, Л. Определение оптимальных геометрических размеров валов модулей [Текст] / Л. Удвал, Ю.Г. Фомин, Т.П. Туцкая // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности. Прогресс-2005: тез. докл. междунар. науч. -техн. конф. / ИГТА. – Иваново, 2005. – С. 8...9.
2. Кукин, Г.Н. Текстильное материаловедение. Ч.2 [Текст] / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев - М.: Легкая индустрия, 1964.- 378 с.
3. Садыков Ф.К. О деформации текстильных волокон при растяжении [Текст] / Ф.К. Садыков // Текстильная промышленность. – 1954.- №2.- С.87...90.
4. Глазунов, В.Ф. Анализ и совершенствование процессов транспортирования ткани в условиях интенсификации отделочного производства [Текст]: дисс... докт. техн. наук / В.Ф. Глазунов. - Кострома: КТИ, 1985.- 450с.
5. Глазунов, В.Ф. Динамическая модель процесса деформации вязкоупругого транспортируемого материала [Текст] / В.Ф. Глазунов, А.П. Бурков // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 1985. - №4. – С. 67...71.
6. Тарарыкин, С.В. Разработка и исследование автоматической системы управления процессом транспортирования ткани в линиях заключительной отделки [Текст] : дисс.... канд. техн. наук / С.В. Тарарыкин – М., 1982. -178 с.
7. Спичков, Ю.П. К выбору натяжения ткани в системе электропривода текстильных машин [Текст] / Ю.П. Спичков, В.Ф. Глазунов // Тезисы докл. МНТК "VIII Бенардосовские чтения". – Иваново: ИГЭУ, 1997. – С. 192.
8. Князев, Ю.Б. Разработка и исследование приводных устройств для малонатяжной проводки ткани в сушильных машинах [Текст]: дисс....канд. техн. наук / Ю.Б. Князев – М., 1973. – 186 с.
9. Исследование по созданию систем для проводки ткани с малым натяжением через сушильные машины [Текст]: отчет НИЭКМИ по теме 14/68, 1968.
10. Глазунов, В.Ф. К оценке эффективности управления многодвигательным электроприводом поточной линии для обработки вязкоупругого материала [Текст] / В.Ф. Глазунов, В.П. Александров // Межвуз. темат. сб. тр. ИвГУ. – 1980. – С. 18...23.
11. Глазунов, В.Ф. К проблеме разработки высокоскоростного поточного оборудования для обработки ткани врасправку [Текст] / В.Ф. Глазунов // Изв. вузов. Техн. текст. пром-ти. – 1993. - №4. – С. 87...90.

#### References

1. Udval, L. Determination of the optimal geometric dimensions of shaft modules [Text] / LA Udval, JG Fomin, ETC. Tutsckaya // Modern high technologies and advanced materials for textile and light industry. Progress 2005: mes. rep. Intern. scientific. TechnoExpert. Conf. / ISTA. - Ivanovo, 2005. - P. 8 ... 9.
2. Kukin, GN Textile Materials. Part 2 [text] / GN Kukin, AN Solovyov - M. : Light industry, 1964.- 378 p.
3. FK Sadykov Deformation of textile fibers under tension [Text] / FK Sadykov // Textiles. - 1954.- №2.- P.87 ... 90.
4. Glazunov, VF Analysis and process improvement in the conditions of transportation of a fabric finishing production intensification [Text]: diss ... Doctor. tehn. Sciences / VF Glazunov. - Kostroma: CTI, 1985.- 450C.
5. Glazunov, VF The dynamic model of the deformation of the viscoelastic material to be conveyed [Text] / VF Glazunov, AP Burkov // Math. universities. Technology text. prom-ty. - 1985. - №4. - S. 67 ... 71.
6. Tararykin, SV Development and research of the automatic process control system of transportation of a fabric in the final finishing lines [Text]: diss .... cand. tehn. Science / SV Tararykin - M., 1982. -178 p.
7. Matches, YP By the choice of fabric tension in the motor drive system of textile machinery [Text] / YP Matches, VF Glazunov // Abstracts. IRTC "VIII Benardosovskie read." - Ivanovo: Ivanovo State Power University, 1997. - 192 pp.
8. Knyazev, Yu Development and research of actuators for malonatyazhnoy wire fabric in the dryer [Text]: diss ... .kand. tehn. Science / YB Knyazev - M., 1973. - 186 p.
9. Research to develop systems for the wire cloth with a small tension through dryers [Text]: report NIEKMI on 14/68, 1968.
10. Glazunov, VF To assess the effectiveness of management multiimpellent electric production line for processing viscoelastic materials [Text] / VF Glazunov VP Alexandrov // Intercollege. thematic. Sat. tr. Ivanovo State University. - 1980. - S. 18 ... 23.
11. Glazunov, VF On the problem of the development of high-speed in-line equipment for processing open width fabric [Text] / VF Glazunov // Math. universities. Tech. text. prom-ty. - 1993. - №4. - S. 87 ... 90.