

УДК 677.05:62-83

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ РУЛОНА ТКАНИ

В.Ф. ГЛАЗУНОВ, М.С. КУЛЕНКО, М.А. СОЛОМАНИЧЕВ

(Ивановский государственный энергетический университет)

На современном этапе развития производства рулонных материалов в текстильной отрасли остается актуальным решение задачи формирования рулонов ткани с заданной плотностью. Известны экспериментальные исследования напряженного состояния ткани в рулоне и математического моделирования процесса намотки [1], [2], позволяющие с учетом известных допущений прогнозировать внутреннее состояние рулона.

В настоящей статье приводятся результаты экспериментальных исследований деформационных свойств наматываемого рулона ткани, выполненных на лабораторном стенде [3].

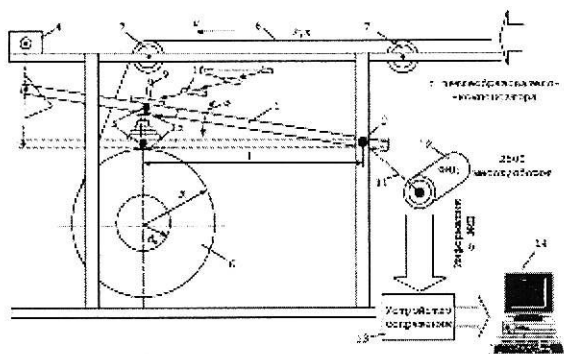


Рис. 1

Двухмашинный перематывающий агрегат оснащен устройством для измерения жесткости рулона (рис. 1), представляющим собой металлическую рамку 1, жестко закрепленную одним концом на вращающейся оси 2, а другим концом, соединенную через подвес 3 с валом сервомотора 4. На расстоянии  $L$  от оси 2 в плоскости рамки закреплен металлический цилиндр 5, при повороте рамки контактирующий с

поверхностью формируемого рулона 6, движущегося по направляющим роликам 7 материала 8.

Перпендикулярно плоскости рамки закреплена упорный стержень 9 для фиксации калиброванных грузов 10. Ось рамки через кинематическую передачу 11 соединена с валом фотоимпульсного датчика (ФИД) 12, информация с которого об угловом перемещении рамки поступает через устройство сопряжения 13 в ПЭВМ 14. Кроме того, ПЭВМ получает сигнал начала обработки информации от упругого контакта 15.

В ходе эксперимента после намотки заданного числа слоев рулона двухмашинный агрегат переводился в состояние удержания за счет позиционирующего действия обратной связи по натяжению, осуществляемой датчиком поворота рамки петлеобразователя. Затем нагрузочная рамка с первым наложенным на упорный стержень грузом при помощи сервомотора с малой скоростью ( $0,005$  м/с) опускалась на поверхность рулона. Момент касания металлического цилиндра с поверхностью рулона фиксировался упругим контактом, вырабатывая сигнал на ПЭВМ для начала обработки поступающей с ФИД через устройство сопряжения информации об угловом перемещении рамки, эквивалентном глубине деформации рулона.

Через некоторое время на упорный стержень накладывался следующий груз, затем третий и т.д. В результате в памяти ПЭВМ формировался файл данных о величине углового перемещения рамки. После наложения всех грузов подвижная рамка

отводилась сервомотором на повышенной скорости в исходное положение, и подавался сигнал на систему управления о продолжении намотки. После намотки очередного пакета слоев нагружение повторялось по описанному алгоритму.

В результате проведения эксперимента были получены кривые нагружения (зависимости фиксированного числа слоев ткани в рулоне от числа выборок, соответствующих угловому перемещению рамки), изображенные на рис. 2. Далее результаты эксперимента подвергались программной обработке (фильтрация случайных значений, усреднение погрешности измерений) и вводилась коррекция на соответствие угла перемещения рамки линейной величине глубины продавливания рулона для каждо-

го радиуса. Результаты экспериментов, полученные после программной обработки, сведены в табл. 1.

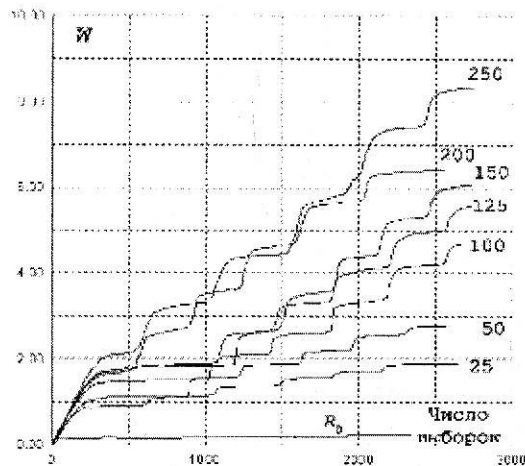


Рис. 2

Таблица 1

а) Материал – миткаль, натяжение F = 250 г										
Вес Н	Число слоев									
	20	40	60	80	100	120	140	160	-	-
11,8	0,79	1,26	1,73	1,99	2,08	2,70	2,57	3,69	-	-
19	1,00	1,68	2,38	2,69	2,87	3,78	3,93	4,83	-	-
27,8	1,16	1,96	2,90	3,34	3,60	4,67	5,13	5,90	-	-
39,8	1,35	2,29	3,41	4,04	4,36	5,55	6,29	7,07	-	-
56,6	1,52	2,63	3,97	4,67	5,23	6,16	7,43	8,31	-	-
73,4	1,66	2,96	4,42	5,16	5,83	7,49	8,04	9,08	-	-
Величина деформации рулона, мм										
б) Материал – лен, натяжение F = 200 г										
Вес Н	Число слоев									
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	-
11,8	0,91	1,12	1,45	1,52	1,90	1,84	1,70	1,79	2,15	-
19	1,14	1,57	2,00	2,10	2,64	2,64	2,69	2,83	3,27	-
27,8	1,38	1,86	2,59	2,60	3,32	3,56	3,62	3,97	4,46	-
39,8	1,57	2,20	3,11	3,36	4,13	4,39	4,67	5,15	5,79	-
56,6	1,73	2,56	3,63	4,19	4,97	5,32	5,68	6,41	7,42	-
73,4	1,89	2,80	4,03	4,72	5,57	6,09	6,42	7,52	8,37	-
Величина деформации рулона, мм										

Анализ данных табл. 1 и построенных на их основе зависимостей величины максимальной радиальной деформации рулона от внешнего давления для разных радиусов:  $\Delta h_{\max} = f(P)$  при  $R = R_1, \dots, R_{\max}$  (рис.3-а) миткаль при натяжении 2,5 Н; б)

лен при натяжении 2 Н) позволяет установить, что по мере удаления от жесткой оправки наблюдается стабилизация упругих свойств рулона, что особенно заметно при большом входном натяжении ткани.

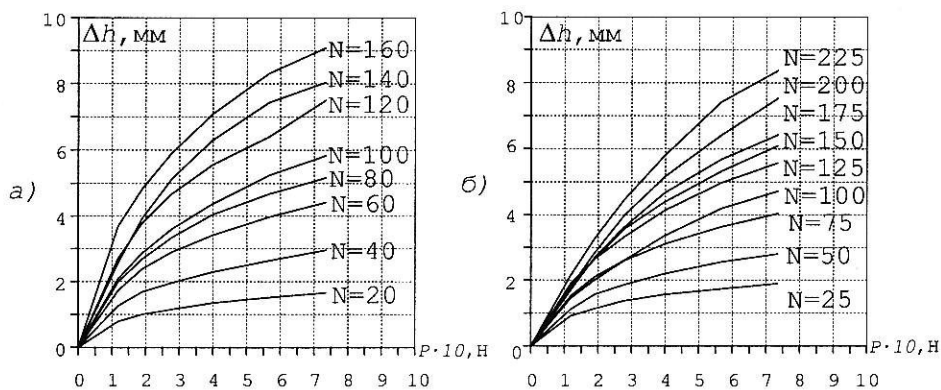


Рис. 3

Упругие свойства наматываемого материала находятся в тесной взаимосвязи с упругими свойствами формируемого рулона. Сравнивая результаты экспериментов для миткаля и для льна, можно заметить, что стабилизация деформаций во втором случае стала наблюдаться на радиусах, превышающих образование таких устойчивых групп слоев у миткаля. Результаты эксперимента подтверждают более яркую выраженность упругих свойств льна по сравнению с миткалем.

В процессе эксперимента модуль упругости рулона в радиальном направлении определялся как отношение максимального напряжения в зоне контакта  $\sigma_{\max}$  к относительной величине сжатия рулона  $W$ .

Величина  $\sigma_{\max}$  определялась с помощью соотношения, приведенного в [4]:

$$\sigma_{\max} = \sqrt{\frac{P'(R_1 + R_2)}{\pi^2(k_1 + k_2)R_1R_2}}, \quad (1)$$

где  $P'$  – нагрузка на единицу длины поверхности контакта, Н/м;  $P' = P/\ell$  ( $\ell$  – длина поверхности контакта);  $R_1, R_2$  – радиусы нагрузочного цилиндра и рулона, м;  $k_1, k_2$  – коэффициенты, характеризующие упругие свойства контактирующих цилиндров, причем:

$$k_i = \frac{1 - \nu_i^2}{\pi E_i}, \quad (2)$$

а  $E_i, \nu_i$  – упругие постоянные (модуль упругости и коэффициент Пуассона) материала контактирующего тела.

После преобразования уравнений (1) и (2) с учетом допущения  $R_2 \gg R_1$  и  $E_1 \gg E_2$  выражение для  $\sigma_{\max}$  примет вид:

$$\sigma_{\max} \approx \sqrt{\frac{P}{\ell R_1} \frac{1}{\pi(1 - \nu_2^2)} \frac{E_2}{\pi^2}} = \sqrt{\frac{P}{\ell R_1} \frac{1}{k_2} \frac{1}{\pi^2}} = 0,318 \sqrt{\frac{P}{\ell R_1 k_2}}.$$

Пренебрегая изменением в ходе нагружения тангенциальных усилий в рулоне, придадим выражению для  $\sigma_{\max}$  окончательный вид:

$$\sigma_{\max} \approx 0,564 \sqrt{\frac{P E_2}{\ell R_1}}. \quad (3)$$

Учитывая, что  $E_{2i} = \frac{\sigma_{\max}(R_i - r_0)}{W_i}$ , где  $R_i$  – радиус рулона до нагружения;  $r_0$  – ра-

диус оправки, и подставляя соотношение (3) в выражение для  $E_{2i}$ , имеем:

$$E_{2i} = 0,318 \frac{P(R_i - r_0)^2}{\ell R_1 W_i^2} \text{ (Па)}.$$

Результаты расчета модуля упругости рулона по экспериментальным данным (табл. 1) обобщены в табл. 2 для параметров экспериментальной установки  $R_1 = 0,5$  см;  $\ell = 7,5$  см;  $P_{\max} = 73,4$  Н;  $r_0 = 0,06$  м.

а)	Материал – миткаль, натяжение F = 250 г									
	Число слоев									
	20	40	60	80	100	120	140	160	-	-
$R_i, \text{мм}$	65,32	70,78	77,02	83,77	88,97	96,62	102,49	108,95	-	-
$W_i$	1,66	2,94	4,42	5,16	5,83	7,49	8,04	9,08	-	-
$E_{2i}, \text{МПа}$	79,484	29,847	16,07	14,139	12,607	9,111	8,965	8,002	-	-
б)	Материал – миткаль, натяжение F = 600 г									
	Число слоев									
	20	40	60	80	100	120	140	160	173	-
$R_i, \text{мм}$	66,18	71,09	76,69	82,88	88,74	95,13	100,69	106,03	110,65	-
$W_i$	1,47	1,91	2,50	2,81	2,71	2,91	3,60	3,12	3,94	-
$E_{2i}, \text{МПа}$	104,32	72,286	49,765	46,591	58,021	58,392	43,062	63,98	43,911	-
в)	Материал – лен, натяжение F = 200 г									
	Число слоев									
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	-
$R_i, \text{мм}$	67,40	74,34	82,60	89,54	97,6	105,2	112,6	120,8	128,9	-
$W_i$	1,89	2,80	4,03	4,72	5,57	6,09	6,42	7,52	8,37	-
$E_{2i}, \text{МПа}$	65,691	37,79	22,87	19,498	16,782	16,622	17,212	14,349	13,374	-
г)	Материал – лен, натяжение F = 700 г									
	Число слоев									
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
$R_i, \text{мм}$	67,33	74,09	80,41	87,39	94,53	101,22	107,86	113,93	121,67	127,90
$W_i$	1,38	1,78	2,03	2,60	2,56	2,74	2,62	2,44	2,99	2,91
$E_{2i}, \text{МПа}$	122,94	91,079	83,63	60,994	74,438	75,17	94,08	121,79	93,152	109,22

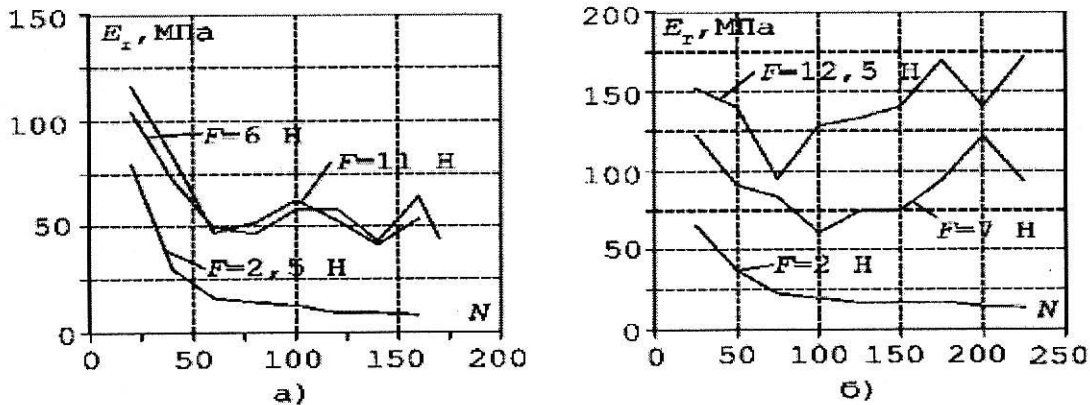


Рис. 4

На рис. 4 изображены экспериментальные кривые изменения величины модуля упругости рулона в ходе намотки для миткаля (а) и льна (б) при различных значениях намоточного натяжения, показывающие нелинейный характер изменения радиального модуля упругости рулона, а также взаимосвязь упругих свойств формируемого рулона с упругими свойствами наматываемого материала.

## ВЫВОДЫ

В результате экспериментальных исследований установлено, что при намотке в рулон ткани с более выраженными упругими свойствами при увеличении намоточного натяжения возрастает радиальный модуль упругости рулона и стабилизируются его упругие свойства по мере удаления от жесткой оправки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Суриков В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1971, №3. С.154...157.

2. Ульянов В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1968, №4. С.186...189.

3. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н., Куленко М.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №1. С.110...114.

4. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1979.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 04.04.05.

---