

УДК 685.34.03: 685.34.072

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИИ ДЕФОРМАЦИИ  
МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЕРХА  
ОБУВИ ПРИ ДВУХОСНОМ РАСТЯЖЕНИИ**

***В.Е. Горбачик, Р.Н. Томашева***

*Учреждение образования «Витебский  
государственный технологический  
университет»*

В условиях эксплуатации от вязкоупругих свойств материалов зависят формуемость, приформовываемость и формоустойчивость изделий. Поэтому представляется важным исследование комплекса вязкоупругих свойств для объективной характеристики этих материалов и систем в процессе изготовления и эксплуатации обуви.

Для определения вязкоупругих свойств материалов используют статические испытания, к которым относят испытания на релаксацию деформации (ползучесть). Наиболее часто ползучесть материалов исследуется при одноосном растяжении, что не всегда достаточно точно отражает работу материалов в реальных условиях носки обуви. Как известно, союзка в процессе ходьбы подвергается преимущественно двухосному растяжению. Поэтому представляет интерес исследование ползучести материалов и систем материалов при двухосном растяжении.

Исследование ползучести основывается на длительном растяжении образца нагрузкой постоянной величины с последующей разгрузкой и фиксацией в течение опыта изменений величины деформации пробы. Величина нагрузки может задаваться различными способами в зависимости от цели исследования. В данной работе испытания осуществляются при постоянной для всех материалов и систем величине нагрузки, выбираемой вне связи с разрывной, что соответствует условиям работы пакета верха обуви в процессе её эксплуатации.

Как известно, при ходьбе деформация верха обуви в области пучков составляет в среднем 6-10%. Учитывая это, величина нагрузки подбиралась таким образом, чтобы деформация наиболее часто применяемых в производстве систем материалов при двухосном растяжении была приблизительно такой же, что и деформация верха обуви. Испытания показали, что это достигается при приложении нагрузки, равной 100 Н. При этой же величине нагрузки испытывались и одиночные материалы, входящие в систему заготовки.

Однако, в ходе предварительного эксперимента было установлено, что некоторые текстильные материалы не всегда выдерживают нагрузку в 100 Н, в отдельных случаях отмечается разрушение структуры материалов. Поэтому, в целях получения сопоставимых данных, испытания материалов и систем осуществлялись также и при меньшей величине нагрузки – 50 Н. Это позволило сравнить характер поведения различных материалов в процессе деформации, а также проследить влияние материалов межподкладки и подкладки на деформационные свойства систем материалов.

Исследование ползучести при двухосном растяжении осуществлялось на модернизированном приборе ЖНЗ-2-О, принципиальная схема работы которого представлена на рисунке.

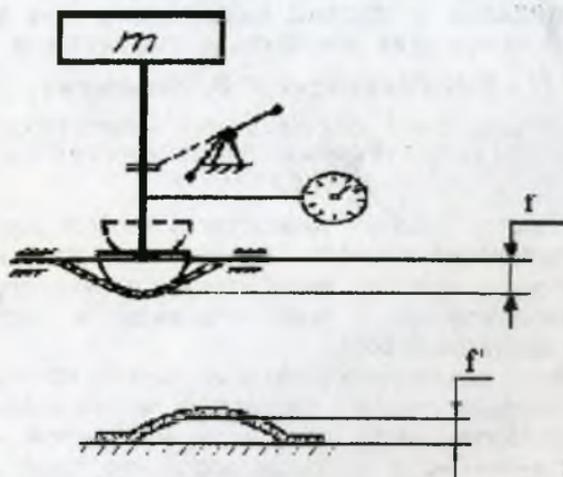


Рисунок - Принципиальная схема работы прибора ЖНЗ-2-О

Образцы диаметром 80 мм с рабочим диаметром 68 мм, закрепляются в кольцевом зажиме стакана бахтармянной стороной вверх. Деформация образца происходит в результате продавливания его сферическим пуансоном диаметром 24 мм, закрепленным на измерительном штоке. Форма и размер пуансона соответствуют головке первой плюсневой кости взрослого человека, которая в процессе движения наиболее интенсивно воздействует на материалы верха обуви. Нагружение образцов осуществляется в результате перемещения вниз грузового штока с грузами. Снятие и подача нагрузки при испытании осуществляется ручкой, соединенной через рычаг с грузовым штоком. Для отслеживания величины деформации образца (стрелы прогиба  $f$ ) используется индикатор перемещений часового типа.

В ходе предварительных испытаний было выявлено, что в первые 10 минут нагружения происходит быстрый рост деформации образцов, в течение последующих 60 минут деформация постепенно затухает и по истечении 90 минут нагружения практически прекращается, т.е. устанавливается равновесное состояние. Это позволяет рекомендовать при испытаниях материалов и систем на ползучесть выдерживать образцы под нагрузкой в течение 90 минут. Анализ значений стрелы прогиба образцов в период отдыха показал, что релаксация деформации наиболее интенсивно протекает в течение первых 30 минут после снятия нагрузки, а по истечении 120 минут изменяется незначительно. Однако, в целях наиболее объективной характеристики релаксационных свойств материалов, целесообразно последние замеры стрелы прогиба образцов осуществлять через 1 сутки.

Таким образом, для установления характера деформирования образцов во времени регистрацию величины стрелы прогиба  $f$  образца осуществляли в периоды времени:  $t = 0,5; 1; 2; 3; 10; 30; 60; 90$  мин. После разгрузки образцов величину остаточной стрелы прогиба  $f'$  измеряли через промежутки времени:  $t = 0,5; 1; 3; 10; 30; 60; 90; 120$  и 1440 мин. Замер величины  $f'$  производился при помощи штангенрейсмуса.

Для характеристики ползучести при двухосном растяжении использовались следующие показатели [1]:

- полная деформация, мм:  $f_{полн} = f_{90}$  (1)

- быстрообратимая (условно-упругая) деформация, мм:  $f_{упр} = f_{90} - f_{0,5}$  (2)

где:

$f_{90}$  – стрела прогиба образца при последнем замере под нагрузкой, мм;

$f_{0,5}$  – стрела прогиба образца после кратковременного отдыха ( $\tau = 0,5$  мин), мм;

- медленнообратимая (эластическая) деформация, мм:  $f_{эл} = f_{0,5} + f_{1440}$  (3)

$f_{1440}$  – стрела прогиба образца после длительного отдыха (при последнем замере в процессе отдыха), мм;

- заторможенная (пластическая) деформация, мм:  $f_{пл} = f_{1440}$ ; (4)

А также рассчитывались доли каждой компоненты относительно полной деформации. Значения показателей, характеризующих ползучесть материалов и систем, представлены в таблице.

Анализ экспериментальных данных показал, что при действии нагрузки 50 Н величина полной деформации (стрела прогиба) у материалов различной структуры находится в пределах 11-16 мм. Наибольшая величина деформации среди материалов верха отмечается у СК-8. Среди материалов межподкладки и подкладки наилучшей способностью к деформации обладают трикотажные полотна, наихудшей – тик-саржа.

Наклеивание межподкладки (как термобязи, так и трикотажа) на СК-8 и яловку (НК) практически выравнивает общую деформацию полученных систем, снижая ее абсолютную величину до 10-11 мм.

В тройных системах (верх + межподкладка + подкладка) общая деформация снижается до 8,0 – 9,5 мм. При этом максимальные деформации наблюдаются в системах с межподкладкой и подкладкой из трикотажа, а минимальные – в системах с термобязью и тик-саржей.

Данные эксперимента показывают, что процесс релаксации деформации наиболее интенсивно происходит в первые 10 минут после снятия нагрузки, а затем постепенно затухает. Для СК-8 и систем с СК-8, отмечается значительное снижение величины деформации (в 2 – 3 раза) в течение первых 10-30 минут отдыха.

Для натуральной кожи и систем с натуральной кожей характерно плавное снижение деформации в течение всего времени отдыха.

Анализируя величины составляющих общей деформации следует отметить, что в структуре СК-8 преобладают упругие деформации, в натуральной коже – пластические. Доля условно-упругой (быстрообратимой) деформации при нагрузке 50Н у СК-8 в 2,5 раза выше натуральной кожи и составляет 78%. У текстильных межподкладочных и подкладочных материалов доля упругой деформации колеблется в пределах 50-60%, при этом доля упругой деформации у трикотажных полотен несколько больше по сравнению с тканями.

Наклеивание межподкладки приводит к снижению доли упругой деформации в системах с СК-8 до 57-58%, причем упругая деформация превышает эластическую деформацию примерно в 1,5 раза.

Наклеивание межподкладки на образцы натуральной кожи наоборот приводит к увеличению доли упругой деформации на 9-16% и некоторому росту доли эластической деформации (до 3%). При этом в системах с трикотажем

доля эластической деформации несколько ниже, по сравнению с системами с термобязью (16,1 и 18,9 % соответственно).

Таблица - Характеристики релаксации деформации материалов и систем материалов при двухосном растяжении

Наименование материала (системы)	Нагрузка, Р, Н	Составляющие деформации, мм				Доли составляющих деформации, %		
		полная фполн	упругая фупр	эластическая фэл	пластическая фпл.	Δ фупр	Δ фэл	Δ фпл
1	2	3	4	5	6	7	8	
СК-8	50	12,7	10,0	2,7	-	78,7	21,4	-
	100	16,5	11,5	5,0	-	69,7	30,3	-
Яловка	50	11,4	3,9	1,8	5,6	34,6	16,0	49,4
	100	14,9	4,8	3,5	6,6	32,0	23,6	44,5
Термобязь	50	14,2	7,6	1,9	4,8	53,4	13,0	33,6
Трикотаж (м/подкл)	50	14,9	9,0	2,1	3,9	60,3	13,8	25,9
Тик-саржа	50	12,44	6,16	0,58	5,70	49,52	4,67	45,81
Трикотаж (подкл)	50	16,3	8,9	1,9	5,5	54,7	11,7	33,7
Яловка +термобязь	50	10,6	5,4	2,0	3,2	51,1	18,9	30,0
	100	13,6	4,9	2,3	6,4	36,2	16,6	47,2
Яловка +трикотаж (м/подкл.)	50	10,6	4,7	1,7	4,2	44,1	16,1	39,8
	100	13,7	4,6	2,4	6,7	33,9	17,6	48,6
СК-8+термобязь	50	10,4	6,1	4,3	-	58,5	41,5	-
	100	14,3	7,2	4,5	2,6	50,4	31,4	18,2
СК-8 + трикотаж (м/подкл.)	50	10,8	6,2	4,6	-	57,1	42,9	-
	100	14,7	7,2	4,7	2,8	49,1	31,9	19,0
СК-8 +термобязь+ тик-саржа	50	8,2	3,1	5,2	-	37,2	62,8	-
	100	11,9	5,5	5,4	1,1	45,6	45,2	9,2
СК+термобязь+ трикотаж(подкл)	50	9,0	4,0	5,0	-	44,7	55,3	-
	100	12,3	4,8	5,1	2,4	39,1	41,4	19,5
СК-8 + трикотаж +тик-саржа	50	9,0	4,7	4,3	-	52,2	47,8	-
	100	12,5	5,9	5,6	1,1	47,2	44,4	8,4
СК-8+ трикотаж + трикотаж	50	9,3	4,7	4,6	-	50,2	49,8	-
	100	12,8	5,6	7,2	-	44,1	55,9	-
Яловка +термобязь+ тик-саржа	50	8,4	3,0	2,2	3,2	35,9	26,1	38,0
	100	10,6	3,5	2,7	4,4	33,0	25,5	41,5
Яловка +термобязь+ трикотаж(подкл)	50	9,5	3,5	2,2	3,8	36,7	22,8	40,5
	100	11,1	3,8	2,6	4,7	34,5	23,3	42,2
Яловка + трикотаж +тик-саржа	50	9,5	4,5	2,2	2,9	47,0	22,7	30,4
	100	11,2	4,3	2,5	4,4	38,5	22,3	39,2
Яловка + трикотаж + трикотаж	50	9,7	4,1	2,5	3,0	42,7	26,0	31,3
	100	12,2	4,4	2,8	5,0	36,3	22,9	40,8

В тройных системах доля упругой деформации снижается до 35- 50% и примерно одинакова как в системах с СК-8, так и в системах в натуральной коже. При этом, следует отметить, что в системах с межподкладкой из термобязи доля упругой деформации несколько меньше, чем в системах с межподкладкой из трикотажа. Доля эластической деформации в тройных

системах наоборот увеличивается по сравнению с двойными системами в 1,2 - 1,5 раза.

При величине нагрузке 50Н как у СК-8, так и у всех систем с этим материалом пластические деформации отсутствуют. Что касается двойных и тройных систем с натуральной кожей, то у них доля пластической деформации колеблется в пределах 30-40% по сравнению с 50% у натуральной кожи. При этом у двойных систем с трикотажной межподкладкой доля пластической деформации несколько выше, чем у систем с термобязью (39,8 и 30 % соответственно). У тройных же систем доля пластической деформации наоборот несколько выше с межподкладкой из термобязи (38-40%) по сравнению с системами с трикотажной межподкладкой (30-31%). В то же время использование трикотажа в качестве материала подкладки несколько увеличивает долю пластической деформации в тройных системах по сравнению с подкладкой из тик-саржи.

Таким образом, наилучшими характеристиками с точки зрения приформовываемости верха обуви к стопе будут обладать системы с верхом из натуральной кожи, межподкладкой из термобязи и трикотажной подкладкой.

Анализ экспериментальных данных показал, что увеличение нагрузки в 2 раза с 50Н до 100Н приводит к увеличению полной деформации примерно в 1,2 - 1,4 раза как у одиночных материалов верха, так и у всех систем.

Рост нагрузки приводит к снижению доли упругой деформации на 7-30% для различных материалов и систем. Доля эластической деформации с ростом прилагаемой нагрузки увеличивается у СК-8 и натуральной кожи, а у большинства двойных и тройных систем наоборот уменьшается;

Если при нагрузке 50Н у СК-8 и всех систем с ней пластические деформации вообще отсутствовали, то при действии нагрузки в 100Н у всех систем, кроме СК-8+трикотаж+трикотаж доля пластической деформации составляет уже от 8,5 до 19,5%, что однако значительно меньше величины пластической деформации систем с натуральной кожей, доля которых составляет 39-42%.

Увеличение нагрузки в два раза приводит к существенному увеличению доли пластической деформации двойных систем с натуральной кожей: в 1,6 и 1,2 раза соответственно для систем с межподкладкой из термобязи и трикотажа. Для тройных систем с НК увеличение нагрузки вызывает незначительный рост доли пластической деформации в системах с межподкладкой их термобязи (на 2-3 %) и гораздо более значительный рост в системах с межподкладкой из трикотажа (на 9 -10%).

Корреляционный анализ показателей, полученных при действии нагрузок 50 и 100Н показал, что между данными значениями существует весьма тесная корреляционная связь. Коэффициент корреляции для двойных систем колеблется в пределах 0,94-0,99, тройных систем – 0,61-0,95. Уровень значимости полученных коэффициентов корреляции не превышает 0,05, что соответствует доверительной вероятности 95%, следовательно, полученные результаты являются достоверными. Таким образом, в процессе исследования в целях получения достоверных данных можно использовать обе величины нагрузки.

Список использованных источников.

1. Кобляков А.И. Структура и механические свойства трикотажа. – м.: Легкая индустрия, 1973. – 240с.