

Рис. 3. Изохронные зависимости относительного изменения напряжения от начального напряжения для СЦМ:

1 — при 0,08 мин; 2 — при 0,2 мин; 3 — при 1 мин; 4 — при 5 мин; 5 — при 30 мин; 6 — при 100 мин; 7 — при 200 мин

Уменьшение релаксационной способности материалов при увеличении начального напряжения сжатия связано с уплотнением структуры материалов и объясняется особенностью строения картонов и кожи. При увеличении напряжения, действующего на материал, снижается его объём и пористость, а плотность возрастает. Увеличивается площадь контакта волокон, вследствие чего затрудняется перестройка элементов структуры материалов во времени. Это проявляется в снижении интенсивности релаксационных процессов и характеризуется снижением величины относительного падения напряжения. Большее снижение интенсивности релаксации напряжения сжатия при увеличении начального напряжения сжатия для текстона и СЦМ по сравнению с картоном С-1 и кожей объясняется более однородной их структурой и большей степенью уплотнения.

Возрастание графиков зависимости относительного падения напряжения от начального напряжения при предельных значениях аргумента — для картона С-1 при 60 МПа, для кожи и СЦМ при 100 МПа, для текстона при 120 МПа, для картона повышенной жёсткости при 140 МПа связано с механическим размягчением материалов.

Дискретные спектры релаксации свидетельствуют о многостадийном характере релаксации напряжения в картонах и коже при сжатии с некоторыми особенностями для отдельных видов материалов (табл.). Следует подчеркнуть, что независимо от вида материала и уровня нагружения наибольшая доля релаксирующего модуля 24,6–48,2 % от общего релаксирующего модуля соответствует первой стадии релаксации, которая длится не более 1,4 мин.

Проведённые исследования показали, что обувные картоны и кожа обладают ограниченной релаксацией напряжения при сжатии. Для этих материалов характерно снижение релаксационной способности при увеличении сжимающего напряжения в пределах от 0,1 до 0,8 предела прочности. Установлены значения напряжений при которых картон способен механически размягчаться. Рассчитанные показатели, характеризующие процесс релаксации напряжения в картонах и коже при сжатии, позволяют обосновать рациональное использование этих материалов и учесть это явление при решении различных технологических вопросов по их обработке.

#### Список литературы

1. Колтунов М.А., Кравчук А.С. Прочностные расчёты изделий из полимерных материалов. — М.: Машиностроение, 1983. — 303 с.
2. Голая Г.И., Егоркин Н.И. Совместное действие тепла и влаги на релаксацию кожи при сжатии // Известия вузов. Технология лёгкой промышленности. — 1972. — № 5. — С. 61–63.

3. Матвеев В.Л., Раяцкас В.Л., Баркаускас Р.В. Релаксация напряжения и ползучесть стелечных материалов при сжатии (Сообщение 1) // Известия вузов. Технология лёгкой промышленности. — 1986. — № 4. — С. 36–40.
4. Слонимский Г.Л., Роговина Л.З. Определение механических характеристик полимерных материалов по кривой релаксации напряжения при постоянной деформации // ВМС. — 1984. — № 4. — С. 120–126.

УДК 685.34.017.8

С.Л. Фурашова, К.А. Загайгора,  
З.Г. Максина, А.Н. Антоненко

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ФОРМОВАНИЯ НА ФОРМОУСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ ИЗ ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ

В настоящее время для производства обуви наряду с натуральной кожей широко применяются искусственные (ИК) и синтетические (СК) кожи, которые имеют различную природу покрытий (поливинилхлориды, полиуретаны, полиэфир и др.) и основ (ткани, трикотажные и нетканые полотна из шерстяных, хлопчатобумажных и химических волокон, нетканые полотна с армирующим слоем, без основ). В связи с особенностью своего строения они обладают специфическими свойствами полимерных материалов и их формовочные свойства отличаются от формовочных свойств натуральных кож.

Одним из распространённых дефектов обуви из СК и ИК является значительная усадка и заметная потеря формы после снятия с колодки. Для ранее выпускаемых видов СК (СК-2, СК-8, корфам и др.) ЦНИИКПом была разработана технология производства обуви, в которой рекомендуется формовать обувь с верхом из ИК и СК на колодках на две полноты больше, чем требуется (с учётом усадки), верх обуви дублировать подкладкой и использовать в закрытой обуви жёсткие промежуточные детали [1].

В настоящее время на обувных предприятиях при производстве закрытой обуви применяются ИК и СК зарубежных фирм, при применении которых предприятия испытывают трудности в обеспечении формоустойчивости верха обуви.

В связи с этим возникла задача исследования комплексного влияния различных факторов на формоустойчивость систем с верхом из ИК. Для исследования выбрана система с верхом из ИК «Capretto» с полиуретановым покрытием на тканевой основе с подворсовкой, дублированная широко применяемой межподкладкой из термобязи и подкладкой из трикотажного полотна и подкладочного выростка.

Обзор априорной информации, изучение технологии применения ИК и СК на обувных фабриках позволили установить факторы, наиболее значимо влияющие на формовочные свойства систем материалов из ИК и СК. Выбор уровней и интервалов варьирования переменных факторов, значений постоянных факторов произведён с учётом результатов исследований, проведённых ранее [2–5], а также по результатам предварительно выполненного эксперимента по исследованию влияния различных факторов на формоустойчивость системы с верхом из ИК «Capretto» [6].

Экспериментальное исследование проводилось с применением математических методов планирования эксперимента.

В качестве постоянных факторов, исходя из анализа литературных источников, приняты: продолжительность пластификации – 30 с и продолжительность при фиксации формы – 3 мин. Относительное удлинение системы с подкладкой из трикотажного полотна – 14 %, с кожподкладкой – 8 %, температура и время охлаждения – -20 °С и 4 мин – получены в результате предварительного эксперимента. Переменными факторами являются: температура пластификации  $T_n$  и температура фиксации  $T_f$ .

Так как при формировании заготовок на современном оборудовании материалы подвергаются в большей степени двухосному растяжению, в основу методики испытания положено деформирование круглых образцов сферическим пуансоном прибора [7].

Пуансон выполнен из материала колодок, что в полной мере позволяет имитировать процессы теплообмена, происходящие в структуре материалов при гигротермических воздействиях в технологическом процессе производства обуви.

Методика проведения эксперимента моделировала технологические воздействия в реальном технологическом процессе изготовления обуви с верхом из ИК, схема которого представлена на рисунке.

Увлажнение осуществлялось термодиффузионным контактным способом на лабораторной установке, которая моделировала обработку заготовок из ИК на предприятиях в термостатах-увлажнителях перед формированием. Температура верхней плиты установки выбиралась в соответствии с матрицей эксперимента. Температура нижней плиты составляла  $60 \pm 5$  °С, обработка осуществлялась в течение 30 с. Замеры температуры производились с помощью бесконтактного датчика *Raytek Mini Temp* с точностью до 0,1 °С. В качестве влагонесителя использовалась увлажнённая ткань редкой структуры.

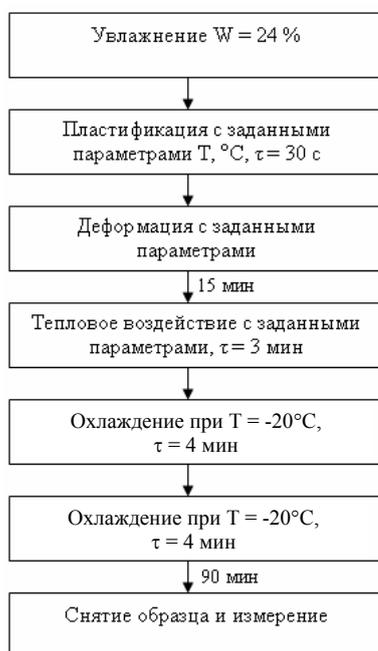


Схема выполнения эксперимента

Увлажнённые образцы фиксировались в приборе и деформировались до заданной величины относительного удлинения. Через 15 мин после начала процесса растяжения осуществлялась фиксация формы образца радиационно-конвективным способом в установке УС-4 при задан-

ной в матрице температуре в течение 3 мин. Затем осуществлялось охлаждение деформированного образца при нормальных условиях в течение 3 мин с последующим помещением прибора в холодильную установку с температурой (-20 °С), где осуществлялось охлаждение образца в течение 4 мин с использованием конвективного обдува со скоростью движения воздуха 1,3 м/с.

Общее время нахождения образца на пуансоне составляет 115 мин, что соответствует времени нахождения обуви на колодках при производстве обуви.

По истечении 115 мин образец освобождался из прибора и наклеивался на картон для фиксации диаметра полусферы. С помощью электронно-цифрового штангенрейсмаса, с точностью измерения 0,05 мм, осуществлялись замеры высоты отформованного образца через определённые промежутки времени: сразу после снятия с пуансона, через 1 час, 1 сутки и 7 суток после снятия его с пуансона.

Формоустойчивость отформованных образцов оценивалась коэффициентом формоустойчивости  $K$ , который рассчитывался по формуле:

$$K = \frac{h_{\text{ост}}}{h_{\text{общ}}} \cdot 100 \%,$$

где  $h_{\text{ост}}$  – максимальная высота образца через определённые промежутки времени после снятия образца с пуансона, мм;  $h_{\text{общ}}$  – максимальная высота образца, находящегося на пуансоне, мм.

В таблице представлена матрица планирования эксперимента для двух факторов температуры пластификации ( $X_1$ ) и температуры фиксации ( $X_2$ ), а также коэффициента формоустойчивости ( $K$ ), рассчитанный по замерам высоты образцов по истечении 7 суток пролёжки систем материалов «Capretto» (ИК) с межподкладкой из термобязи ( $T_6$ ), подкладкой из трикотажного полотна ( $T_p$ ) и кожподкладкой ( $P_k$ ).

В результате обработки полученных данных коэффициентов формоустойчивости ( $K$ ) образцов систем с различными материалами подкладки получены уравнения регрессии, показывающие влияние на  $K$  исследуемых факторов. После проверки на адекватность и исключения незначимых факторов уравнение регрессии для системы ИК +  $T_6$  +  $T_p$  имеет вид:

$$y = 81,1 + 4,1X_1 - 2,2X_2 + 2,7X_2^2. \quad (1)$$

Для системы ИК +  $T_6$  +  $P_k$ :

$$y = 69,7 - 6,9X_1 + 4,8X_1^2 + 3,5X_2 + 3,0X_2^2. \quad (2)$$

Матрица планирования эксперимента систем материалов

Номер опыта	$X_1$	$X_2$	K, %	
			ИК + $T_6$ + $T_p$	ИК + $T_6$ + $P_k$
1	100	100	85,44	63,60
2	100	120	86,95	73,00
3	100	140	82,16	87,70
4	120	100	86,43	80,90
5	120	120	86,85	82,80
6	120	140	80,17	64,40
7	140	100	85,90	47,80
8	140	120	89,70	66,40
9	140	140	83,10	64,50

Анализ уравнений (1) и (2) показал, что формоустойчивость систем с подкладкой из трикотажного полотна выше, чем с кожподкладкой, что видно по величине свободного члена уравнения, характеризующего среднюю величину коэффициента формоустойчивости, который в системе с трикотажной подкладкой равен 81,1 % (оптимальный  $K > 80$  %). Это свидетельствует об эффективности комплексного влияния выбранных факторов и их зна-

чений на формоустойчивость системы. Отрицательный знак при коэффициенте фактора  $X_2$  указывает на влияние на формоустойчивость этой системы высокой температуры фиксации (140 °С), приводящей при времени воздействия 3 мин к снижению формоустойчивости.

Из уравнения (2) следует, что в диапазоне исследуемых факторов формоустойчивость системы с кожаной подкладкой в большей степени зависит от температуры фиксации. Отрицательный знак при факторе  $X_1$  и абсолютная значительная величина коэффициента указывает на снижение формоустойчивости системы с кожаной подкладкой при температуре пластификации 140 °С, что обусловлено изменением структуры кожаной подкладки, приводящей к снижению формоустойчивости. Влажность системы материалов 24 % при температуре пластификации 140 °С вызывает сваривание кожаной подкладки.

С использованием уравнений (1) и (2) были определены значения температуры пластификации ( $T_n$ ) и фиксации ( $T_\phi$ ), при которых коэффициент формоустойчивости систем  $K > 80$ .

Для системы с верхом из ИК «Capretto» с трикотажной подкладкой  $T_n = 135-140$  °С,  $T_\phi = 115-120$  °С, с кожаной подкладкой  $T_n = 115-120$  °С,  $T_\phi = 125-130$  °С.

Таким образом, в результате проведённых исследований установлено влияние материала подкладки на формоустойчивость систем материалов с верхом из ИК «Capretto». Лучшей формоустойчивостью обладает система материалов с подкладкой из трикотажного полотна. Разработаны режимы формования систем с верхом из ИК «Capretto» с полиуретановым покрытием на тканевой основе с подворсовкой, межподкладкой из бязи и подкладкой из трикотажного полотна и кожаной подкладкой, выполнение которых позволяет получить более высокую формоустойчивость.

#### Список литературы

1. Технология производства обуви с верхом из искусственных и синтетических кож. – М.: ЦНИИТЭИЛегпром, 1975. – С. 120.
2. Воронов Н.Ф., Иванов М.Н. Исследование комплексного влияния технологических режимов формования на упруго-пластические свойства синтетической кожи корфам // Известия вузов. Технология лёгкой промышленности. – 1976. – № 5. – С. 31–36.
3. Воронов Н.Ф., Иванов М.Н. Изменение механических свойств синтетических кож в процессе формования обуви // Известия вузов. Технология лёгкой промышленности. – 1977. – № 6. – С. 98–102.
4. Термофиксация искусственных и синтетических материалов / А.Г. Хрипин [и др.] // Известия вузов. Технология лёгкой промышленности. – 1976. – № 2. – С. 59–64.
5. Хомяк Н.Е., Луцьк Р.В. Влияние тепла и влаги на физико-механические свойства ИК и СК // Известия вузов. Технология лёгкой промышленности. – 1979. – № 5. – С. 41–44.
6. Исследование влияния гигротермических воздействий на формоустойчивость систем материалов из синтетической кожи / Е.С. Миняйло [и др.] // Материалы докладов XLIV науч.-техн. конф. преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2011. – С. 176–177.
7. Устройство для испытания материалов верха обуви: пат. 4128. Респ. Беларусь, МПК G 01N 3/00 / Фурашова С.Л., Горбачик В.Е. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэл. уласнасці. – 2007. – № 6. – С. 218.

УДК 685.34.017

Т.М. Борисова, А.Л. Ковалев, В.Е. Горбачик

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОТЫ КАБЛУКА НА УГОЛ ИЗГИБА НИЗА ОБУВИ ПРИ ХОДЬБЕ

В литературе [1-2] приводятся данные о влиянии высоты каблука в обуви на величину изгиба низа при перекате через пучки во время ходьбы. По данным [1], при увеличении высоты каблука до 80 мм, угол изгиба уменьшается до 12,6°. В работе [2] было установлено, что начиная с высоты каблука 60 мм дальнейшего изгиба стопы в обуви при ходьбе не происходит.

В ряде стелечных узлов для обуви на особо высоком каблуке передний край полустельки в последнее время сдвигается вперёд для увеличения жёсткости геленочной части обуви, несмотря на то что в методиках проектирования даётся норматив, в соответствии с которым край жёсткой полустельки не должен заходить в зону изгиба низа обуви.

Этот вопрос требует уточнения, так как исследования проводились на обуви с высотой каблука до 60–80 мм, в то время как в настоящее время под влиянием модных тенденций высота каблука в женской обуви значительно возросла.

Целью данной работы является исследование изгиба низа обуви в области пучков при ходьбе с различной высотой каблука.

Существуют различные методы измерения углов изгиба. Так, в работе [3] для регистрации углов изгиба низа обуви у ортопедических больных применялись потенциометрические гониометры, но их применение проблематично из-за громоздкости, невысокой точности, повреждения обуви при их использовании.

В работе [4] угол изгиба низа обуви измерялся с помощью малогабаритного гониометра с использованием тензометрических датчиков. Недостатком используемого устройства является необходимость его повторной тарировки при изменении установочной базы на урезе обуви.

Учитывая указанные недостатки, в данной работе была разработана конструкция и изготовлено устройство для измерения угла изгиба низа обуви с различной высотой каблука при ходьбе.

Устройство, схема которого представлена на рисунке 1, состоит из узлов закрепления устройства на подошве 1, 2, которые с помощью установочных игл 3 закрепляются на урезе подошвы 10 исследуемого образца обуви. Т-образный элемент 4 шарнирно соединён с узлом закрепления, к нему прикреплена упругая металлическая пластина 5 с тензодатчиком 6, которая жёстко соединена металлическим стержнем круглого сечения 7. В Т-образном элементе 8 выполнено отверстие для перемещения в нём свободного конца стержня 7. Для фиксации элемента 4 предусмотрен винт 9, элемент 8 остаётся незафиксированным.

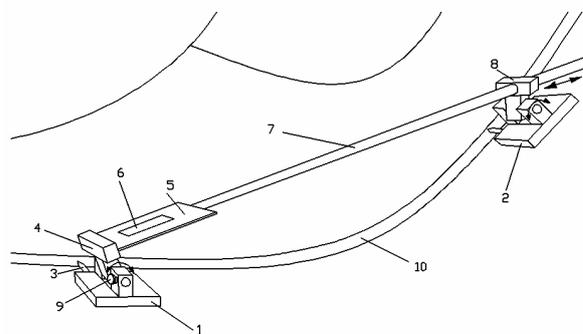


Рис. 1. Устройство для измерения угла изгиба низа обуви