

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ГОРБАЧИК В.Е., ЛИННИК А.И.

ЖЕСТКОСТЬ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве
учебного пособия для студентов специальности «Технология и
конструирование изделий из кожи» высших учебных заведений.

ВИТЕБСК 2000

УДК 685.31: 67

Горбачик В.Е.,

пособие для вузов.

Витебск: Мини

ное
0г.

Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов специальности "Технология и конструирование изделий из кожи" высших учебных заведений.

В учебном пособии рассматриваются существующие методы определения жесткости натуральных, искусственных и синтетических кож для верха обуви, текстильных материалов для подкладки и межподкладки, а также материалов для низа обуви.

Приведены данные о жесткости различных по структуре материалов при различных видах деформации.

Одобрено кафедрой технологии и конструирования изделий из кожи, протокол № 5 от 12 февраля.

Рецензенты:

Зав. кафедрой материаловедения

Московской государственной академии

легкой промышленности, профессор

Начальник ЦТЛ ОАО "Красный Октябрь"

А.П. Жихарев.

В.Ф. Дардык

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом ВГТУ " 15 " июня , протокол № 3

Ответственный за выпуск Чумак В.М.

Витебский государственный технологический университет

Подписано к печати 2 09 2000. Формат 1/16 Уч. изд. лист. 9,44

Печать ризографическая. Тираж 114 экз. Заказ 37 Цена 5290

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЖЕСТКОСТЬ НАТУРАЛЬНЫХ КОЖ	5
1.1. Жесткость натуральных кож при одноосном растяжении	5
1.2. Жесткость натуральных кож при двухосном растяжении	16
1.3. Жесткость натуральных кож при изгибе	34
1.4. Жесткость натуральных кож при кручении	59
1.5. Динамические методы испытания жесткости	62
1.6. Связь между показателями жесткости натуральных кож, определяемая различными методами	71
2. ЖЕСТКОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ КОЖ	80
2.1. Жесткость искусственных и синтетических кож при одноосном растяжении	80
2.2. Жесткость искусственных и синтетических кож при двухосном растяжении	88
2.3. Жесткость искусственных и синтетических кож при изгибе	91
3. ЖЕСТКОСТЬ ОБУВНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	96
3.1. Жесткость текстильных материалов при одноосном растяжении	99
3.2. Жесткость текстильных материалов при двухосном растяжении	105
3.3. Жесткость текстильных материалов при изгибе	109
4. ЖЕСТКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НИЗА ОБУВИ	128
4.1. Жесткость натуральных кож	128
4.2. Жесткость картонов	136
4.3. Жесткость синтетических материалов для низа обуви	140
ЛИТЕРАТУРА	145

у - 2362

ВВЕДЕНИЕ

Объективные условия современного производства и сбыта продукции требуют достаточно точно определять качество продукции до ее выпуска на рынок.

Одним из наиболее важных факторов, определяющих комфортность обуви при эксплуатации, является жесткость. От жесткости обуви зависят энергозатраты и удобство при ходьбе.

Жесткость обуви в значительной степени зависит от жесткости материалов, из которых она изготовлена. Жесткость характеризует способность образца материала противостоять действию приложенной нагрузки. Чем жестче материал, тем меньше деформируется он под действием нагрузки. При изготовлении обуви и ее эксплуатации материалы подвергаются различным видам деформации: растяжению, сжатию, изгибу и кручению. В зависимости от характера деформации существуют и различные методы оценки жесткости. Но несмотря на наличие множества методов определения жесткости, кожевники и обувщики часто производят классификацию материалов на основе субъективного восприятия при полагивании их в руке.

Поэтому высококвалифицированным специалистам важно знать и уметь пользоваться объективными методами оценки жесткости материалов.

На протяжении ряда лет были созданы методики и приборы, отличающиеся способом приложения сил, конструкцией приборов, формой и размерами образцов и т.д. При этом жесткость материалов оценивается показателями, выраженными в различных единицах измерения.

Данное методическое пособие позволяет ознакомиться с методами измерения жесткости материалов и может служить практическим руководством при подборе материалов для верха и низа обуви.

1. ЖЕСТКОСТЬ НАТУРАЛЬНЫХ КОЖ.

1.1. Жесткость натуральных кож при одноосном растяжении.

Сопротивление материалов деформации растяжения характеризуется такими показателями, как условный модуль упругости и жесткость [1].

Модулем упругости в сопротивлении материалов называют коэффициент пропорциональности, связывающий напряжение с продольной линейной деформацией упругого тела:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad \text{или} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad (1.1)$$

где σ - напряжение, МПа;

ε - относительное удлинение, выраженное в долях от первоначальной длины;

E - модуль упругости, МПа.

Чем меньше относительное удлинение при данном напряжении, т.е. чем жестче материал, тем больше модуль упругости.

Ввиду того, что соотношения между удлинениями и соответствующими напряжениями кожи неодинаковы на всем протяжении кривой растяжения, модуль упругости кожевенных материалов подсчитывают при условно принятом напряжении $\sigma = 10$ МПа и называют условным модулем упругости.

Наряду с условным модулем упругости при растяжении кожевенных материалов определяют их жесткость, исходя из соотношения:

$$D = \frac{P}{\varepsilon} \cdot 100, \quad (1.2)$$

где D - жесткость при растяжении, Н;

P - нагрузка в Н на испытуемый образец при напряжении 10 МПа;

ε - относительное удлинение, %.

Соотношение между жесткостью D и условным модулем упругости E выражается формулой

$$D = E_y \cdot F, \quad (1.3)$$

где E_y - условный модуль упругости, равный отношению напряжения $\sigma = 10$ МПа, к соответствующему удлинению ϵ ;

F - площадь поперечного сечения образца.

Таким образом, жесткость при растяжении зависит как от свойств материала образца, характеризуемого величиной его условного модуля упругости, так и от размеров поперечного сечения, характеризуемого величиной площади его поперечного сечения. Этот показатель используется для сопоставления материалов различной толщины.

Иногда условный модуль упругости и жесткость натуральных кож определяют при растяжении образца на определенную величину. При этом величина деформации в различных работах рекомендуется от 5% до 35%.

Анализ стандартов ISO, Германии, Франции, Польши, Чехословакии и США на испытание натуральных кож при одноосном растяжении показал, что в большинстве из них условный модуль упругости и жесткость не определяются, несмотря на важность этих показателей. Определение этих показателей предусмотрено только по ГОСТ 938.11-69 (СССР) и PNP22131-88 (Польша) [2,3].

Методики проведения испытаний натуральных кож по ГОСТ 938.11-69 и PNP 22131-88 аналогичны.

Испытание кож при одноосном растяжении согласно ГОСТ 938.11-69 проводится на образцах, форма которых приведена на рис. 1.1. В зависимости от вида испытываемых кож размеры образца должны соответствовать данным, приведенным в таблице 1.1

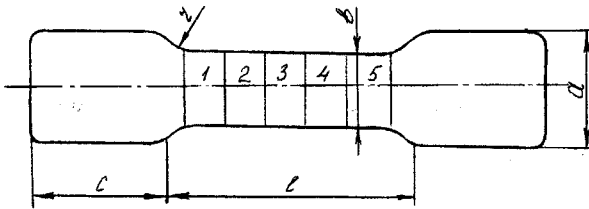


Рис. 1.1 Форма образца для одноосного растяжения.

Таблица 1.1

Размеры, мм, образцов кож для испытаний при одноосном растяжении.

Кожа	l	в	а	с	ч
Для верха обуви хромового дубления, юфта обувная, подкладочная и прочие	50	10	20	25	5

В соответствии с ГОСТ 938.0-75 вырезают вдоль и поперек линии хребта не менее двух образцов по каждому направлению. Образцы маркируют и определяют толщину рабочей части. Для этого рабочую часть образца, размечают прямыми линиями перпендикулярно продольной оси на равные участки 1-5, длиной 10 мм.

По стандарту PNP22131-88 образцы так же выкраивают в виде лопаточки, но размеры рабочей части могут быть 50×100 мм, 20×100 мм, 5×20 мм. в зависимости от вида материала и необходимой точности измерения.

Кондиционирование образцов происходит при влажности воздуха $65 \pm 5\%$, температуре $20 \pm 3^\circ\text{C}$ не менее 12 часов.

После кондиционирования измеряют толщину каждого участка с точностью $\pm 0,01$ мм и рассчитывают среднее значение.

Для испытания образцов кож применяют разрывные машины, обеспечивающие запись диаграммы растяжения (нагрузка - абсолютное

удлинении). Если испытание проводят на разрывной машине РТ-250, диаграмму растяжения образца строят по точкам. Скорость движения зажима при испытании кож 100 мм/мин.

Как отмечалось выше, характеристикой упругих свойств кож является условный модуль упругости:

$$E_y = \frac{\sigma}{\varepsilon} \cdot 100, \quad (1.4)$$

где E_y - условный модуль упругости, МПа;

σ - напряжение, равное 10 МПа;

ε - относительная деформация образца при напряжении 10 МПа, %.

Чтобы определить ε , необходимо на диаграмме растяжения найти такую нагрузку P , Н, которая численно равна средней площади поперечного сечения образца F_{cp} , мм². Например, если средняя площадь поперечного сечения образца 14 мм²

$$P = \sigma \cdot F_{cp} = 10 \cdot 14 = 140 \text{ Н}, \quad (1.5)$$

Отложив на оси нагрузки значение P по диаграмме растяжения находят Δl для расчета ε , которое вычисляется по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100, \quad (1.6)$$

где Δl - абсолютное удлинение образца при напряжении $\sigma = 10$ МПа, мм.

Жесткость при одноосном растяжении кожи определяется как

$$D = E_y \cdot F_{cp}, \quad (1.7)$$

Как показали исследования [4], условный модуль упругости кож для верха обуви колеблется от 17 до 70 МПа (шевро 27-50 МПа, опоек 27-60 МПа, выросток 27-70 МПа, юфть 30-70 МПа). Соответственно, жесткость кож для верха находится в пределах 200-1300 Н (шевро 200-350 Н, опоек 250-500 Н, выросток 300-600 Н, юфть 600-1300Н).

На кафедре технологии и конструирования изделий из кожи ВГТУ проводилось исследование большой партии натуральных эластичных кож (ТУ 17-06-113-89), используемых на предприятиях Республики Беларусь и изготовленных на ПКО "Большевик" и Бобруйском кожевенном объединении [5]. Испытание проводилось на образцах в форме лопаточки с рабочим размером 10×5 мм, кроме этого, проводилось органолептическая оценка жесткости. Экспериментальные данные приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Значения E_y и D натуральных кож, определенных по ГОСТ 938.11-69

Наименование материала	Толщина, мм	E_y , МПа	D , Н	Органолептическая оценка
1	2	3	4	5
1. Выросток	1,32	39,0	514,8	мягкий
2. Выросток	1,65	37,0	610,5	мягкий
3. Выросток	1,60	47,6	761,6	жесткий
4. Спорти софти	1,57	50,0	785,0	жесткий
5. Спорти софти	1,50	53,0	795,0	жесткий
6. Спорти софти	1,45	55,6	806,2	жесткий
7. Спорти софти	1,35	55,6	750,6	жесткий
8. Спорти софти	1,45	54,0	783,0	жесткий
9. Спорти софти	1,40	62,5	875,0	жесткий
10. Тулип	1,50	56,0	840,0	жесткий
11. Тулип	1,42	71,4	1014,0	мягкая
12. Тулип	1,45	73,0	1059,0	мягкая
13. Тулип	1,45	91,0	1319,5	средней жесткости
14. Тулип	1,45	71,0	1029,5	мягкий
15. Тулип	1,55	69,0	1069,5	мягкий
16. Выросток	1,37	91,0	1246,7	жесткий

1	2	3	4	5
17. Выросток	1,37	100,0	1370,0	жесткий
18. Выросток	1,40	69,0	966,0	жесткий
19. Яловка	1,35	62,5	843,7	мягкая
20. Яловка	1,33	68,0	904,4	мягкая
21. Яловка	1,38	59,5	821,1	мягкая
22. Яловка	2,05	48,8	1000,4	жесткий
23. Яловка	1,67	57,6	961,9	жесткий
24. Яловка	1,60	56,0	896,0	жесткий

Как видно из таблице 1.2, значение условного модуля жесткости и жесткости несколько отличается от значений, приведенных выше [4]. Даже в кожах одного вида наблюдается значительный разброс данных. Так, значение условного модуля жесткости у выростка колеблется от 37 до 100 МПа, у тулипа от 56 до 91 МПа, значение жесткости у выростка колеблется от 51 до 1370 Н, у тулипа от 840 до 1319 Н.

Среднее значение модуля упругости исследуемых кож составляет 62,8 МПа. Это происходит потому, что в испытуемой группе кож отдельные кожи имеют $E_y = 90 \div 100$ МПа. Однако коэффициент вариации составляет всего 15,5 %, что говорит о небольшом разбросе данных. Среднее значение жесткости кож 1000,9 Н. Коэффициент вариации составляет 23,3 %, что указывает на большой разброс данных, т.е. в исследуемую группу входят кожи с жесткостью от 514,8 Н до 1370,0 Н.

Условный модуль упругости E_y и жесткость D определяют также при растяжении образца на определенную величину. При этом зачастую используют образцы, отличающиеся формой и размерами от рекомендуемых ГОСТом. Как правило, это связано с исследованиями влияния материалов наружных деталей верха, межподкладки и подкладки на жесткость их систем и исключением

влияния масштабного фактора на значение исследуемых показателей.

Так, в работе [6] условный модуль упругости E_y и жесткость D определяли при относительной деформации $\varepsilon=15\%$ образцов прямоугольной формы размерами 40×200 мм (рабочая длина 150 мм). Образцы выкраивались как вдоль, так и поперек хребтовой линии.

Результаты исследования некоторых видов натуральных кож приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Значение E_y и D натуральных кож при растяжении образцов на 15 %.

Материал	Условный модуль упругости E_y , МПа.		Жесткость при растяжении D , Н.	
	вдоль	поперек	вдоль	поперек
Шевро	42,7	30,0	1540	1080
Опоек	110,7	86,7	4420	3470
Выросток	74,0	36,0	3260	1580
Эластичный выросток	64,0	34,0	2560	1360

Как было сказано выше, обувные материалы не подчиняются закону Гука ($\sigma=E \cdot \varepsilon$), поэтому их жесткость в процессе растяжения изменяется. Учитывая это, в работе [7] было проведено исследование изменения жесткости натуральных кож в процессе одноосного растяжения. Испытание на одноосное растяжение проводилось на разрывной машине "FRANK" (Германия) при скорости движения верхнего зажима $V=100 \pm 10$ мм/мин. с автоматической записью кривой $P=f(\Delta l)$, где P - нагрузка в Н, Δl - абсолютное удлинение в мм.

В эксперименте использовались образцы прямоугольной формы размером 40×200 мм (рабочая длина 150 мм). Образцы выкраивались вдоль и поперек хребтовой линии по методу асимметрической бахромы.

Испытывалось по 5 образцов по каждому направлению.

Жесткость определялась по формуле

$$D = \frac{P}{\varepsilon} \cdot 100, \quad (1.8)$$

где D - жесткость при растяжении, Н;

P - нагрузка при определенном значении относительного удлинения, Н;

ε - относительное удлинение, %.

Из пяти кривых $P = f(\Delta l)$, полученных для каждого материала, по каждому направлению выбиралась одна наиболее характерная кривая растяжения, по которой определялась жесткость. Это позволило сохранить истинный характер кривой растяжения в отличие от методики усреднения кривых, где характер кривых может искажаться. Вычисление жесткости проводилось через каждые 5 мм абсолютного удлинения образца ($\varepsilon = 3,33\%$), что позволило исследовать особенности изменения жесткости на всем протяжении кривой растяжения.

На рис. 1.2 показано изменение жесткости различных кож при растяжении образцов, выкроенных в продольном и поперечном направлениях.

Как видно из рисунка, жесткость натуральных кож с увеличением деформации возрастает, при этом темп роста жесткости в начальный период растяжения больше, а к концу замедляется. К моменту разрыва жесткость увеличивается в 2-3 раза.

Между жесткостью материала, определяемой по приведенным выше методикам при одноосном растяжении, и жесткостью, определяемой органолептически, иногда ставят знак равенства, что означает признание того факта, что более тягучая кожа всегда мягче малотягучей. В то же время известно [8], что кривые растяжения кож хорошо описываются степенной функцией:

$$\varepsilon = A Q^n, \quad (1.9)$$

где A - коэффициент удлинения материала, равный

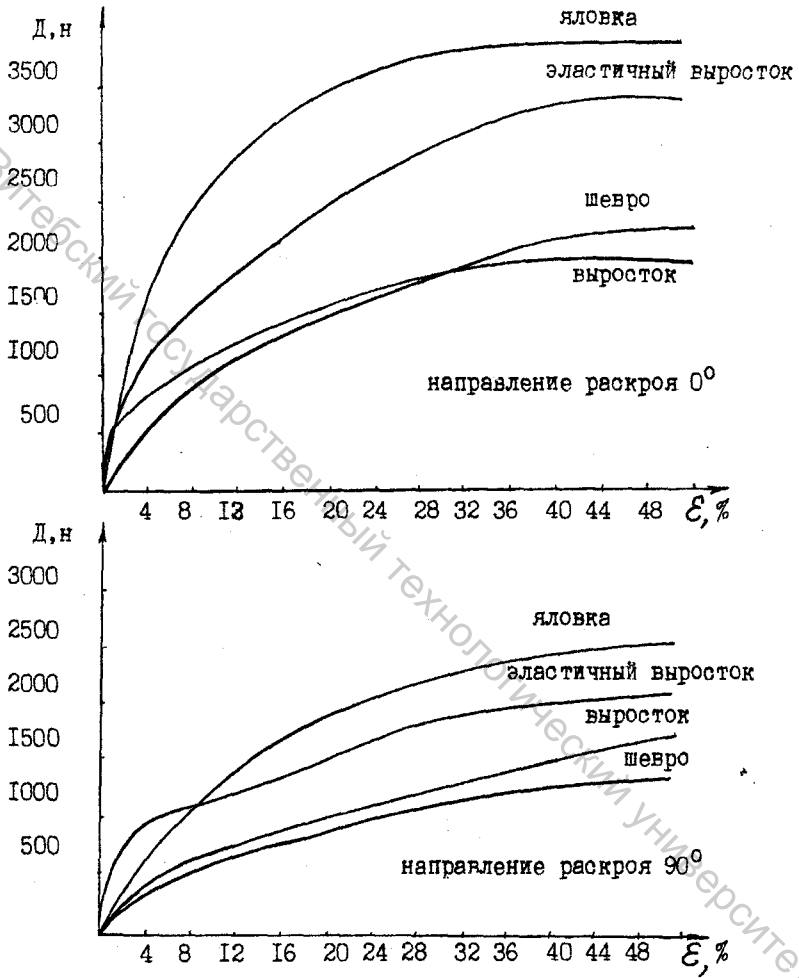


Рис. 1.2 Изменение жесткости материалов при одноосном растяжении.

относительному удлинению при нагрузке 100 Н, $\frac{\%}{H}$;

Q - нагрузка, определяемая как $\frac{P}{100}, H$;

n - показатель степени.

Показатель степени n, характеризующий изогнутость кривой растяжения, для различных кож имеет различные значения ($n=0,47 \pm 0,80$). Поэтому может встретиться случай, когда при одинаковой условной жесткости, определенной при $\sigma=10$ МПа, или при определенной деформации, кривые будут иметь различный характер (рис.1.3). При этом жесткость кож при различных удлинениях будет весьма различной. В этом случае при сравнении органолептической жесткости (мягкости) кож и их жесткости при растяжении D не будет полного соответствия.

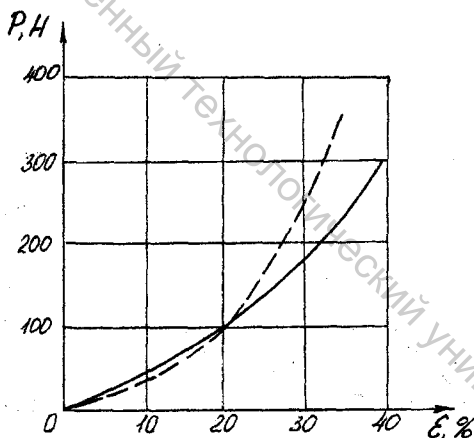


Рис. 1.3 Кривые растяжения материалов, имеющих различный показатель степени n.

Учитывая это, в работе [9] для более полной и объективной характеристики жесткости материалов предложено определять ее как на начальной стадии растяжения, так и на конечной.

Жёсткость материалов на начальной стадии растяжения предложено определять при $\varepsilon = 10\%$, учитывая, что это примерно те деформации, которые возникают при формировании заготовки, и то, что большинство материалов для верха обуви выдерживают эту деформацию. На конечном этапе растяжения жёсткость рекомендуется определять при $\varepsilon = 0,75 \varepsilon_p$ (ε_p - удлинение при разрыве), так как этот показатель не зависит от деформационной способности материала и характеризует состояние материала, близкое к разрушению.

В таблице 1.4 приведены значения жесткости различных натуральных кож при $\varepsilon = 10\%$ и $\varepsilon = 0,75\varepsilon_p$ при растяжении образцов прямоугольной формы размером 40×200 мм.

Таблица 1.4

Жесткость натуральных кож

Наименование материала	Жесткость Д, Н			
	при $\varepsilon = 10\%$		при $\varepsilon = 0,75\varepsilon_p$	
	вдоль	поперек	вдоль	поперек
Шевро	1000	550	1780	1246
Эластичный выросток	1315	579	1845	1476
Полукожник	1935	1060	2990	1512
Яловка	2998	1315	3814	1845
Бычок	2017	1500	2320	1650
Нубук	1014	921	2450	1771

Анализ данных табл. 1.4 показывает, что ранжирование материалов по степени жесткости при $\varepsilon = 10\%$ и при $\varepsilon = 0,75\varepsilon_p$ даст неодинаковые результаты. Так, при $\varepsilon = 10\%$ материалы при испытании образцов вдоль хребтовой линии по возрастанию жесткости располагаются в следующей последовательности: шевро, нубук, эластичный выросток, полукожник, бычок, яловка; а при $\varepsilon = 0,75\varepsilon_p$ - шевро, эластичный выросток, бычок, нубук,

полукожник, яловка. Это подтверждает необходимость характеристики жесткости материалов как на начальной стадии растяжения, так и на конечной.

1.2 Жесткость натуральных кож при двухосном растяжении.

Известно, что заготовка верха обуви в процессе формования на современном оборудовании, помимо одноосного, подвергается двухосному растяжению с различной степенью двухосности, вплоть до двухосного симметричного [10]. То же происходит и при носке обуви. Это в свою очередь требует знания механических свойств материалов, составляющих заготовку, при этих видах растяжения.

Анализ стандартов различных стран и Международного объединения обществ химиков-кожевников (IULCS) по испытанию материалов для верха обуви показал, что зарубежные стандарты используют гораздо больше показателей для характеристики свойств материалов при двухосном растяжении по сравнению со стандартами стран СНГ [11].

Испытание материалов на двухосное растяжение проводят по различным методикам, которые отличаются в основном принципом приложения деформирующих усилий: с помощью металлического шарика [12] или сферически закругленного штыря [13] с помощью эластичной мембраны (тензомер Балли) [14], жесткой полусферы [15], пуансона с роликами [10] и др. (рис. 1.4).

Следует отметить, что в существующих стандартах в основном определяются прочностные показатели и напряжение при появлении трещин лицевого слоя.

Однако существует ряд показателей, которые могут характеризовать жесткость кож. Это такие показатели как нагрузка при заданной величине деформации или деформация при заданной величине нагрузки или давления.

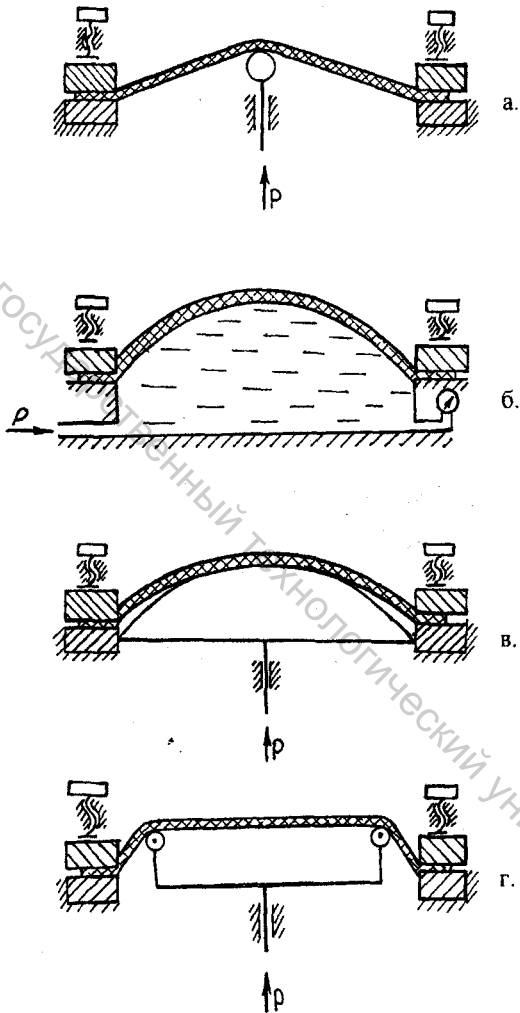


Рис. 1.4 Схемы испытания натуральных кож и искусственных материалов на двухосное растяжение
 а- при помощи металлического шарика;
 б- гидравлическим пуансоном через мембрану;
 в- при помощи пуансона;
 г- при помощи кольца с шариковыми подшипниками.

Определение показателей, характеризующих жёсткость натуральных кож, предусмотрено по ГОСТ 29078-91 [13] и по стандарту DIN 53323-74 (Германия) [14]. По ГОСТ 29078-91 испытание проводят на приборе ПОИК. Сущность этого метода заключается в продавливании кожи сферически закругленным штырем без вырезания образца. Схема прибора представлена на рис. 1.5.

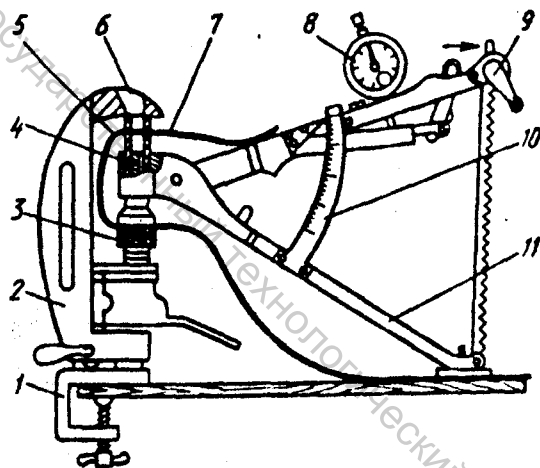


Рис. 1.5 Схема прибора ПОИК для испытания кожи на продавливание сферой без вырезания образца.

Прибор состоит из двух разделяющихся узлов - станины и вставленного в него раздвижного нагружающего устройства. Станией прибора служит скоба 2, которая подвижно соединена со струбциной 1, предназначенной для крепления прибора на столе, и может перемещаться по вертикали. Вставляемая раздвижная часть, опирающаяся на рычажное плечо 11, размещается в проеме скобы так, чтобы оси отверстий втулок 5 и 6 совпадали.

Кожу 7 размещают в проеме скобы со вставной частью прибора и закрепляют ее между втулками 5 и 6 и опорной площадкой 3. Затем поднимают пуансон 4 поворотом вручную рукоятки 9 и продавливают закрепленный участок кожи. Для измерения нагрузки используют индикатор 8. Высоту подъема пуансона определяют с помощью шкалы 10.

Показателем, характеризующем жесткость натуральных кож, является нагрузка после трехкратного подъема пуансона на высоту 8 мм. Исследования натуральных кож, проведенные в Укр.НИИКПе [16], показали, что их можно разделить на три группы по величине сопротивления заданной деформации, т.е. по жесткости:

I группа - не более 150 Н;

II группа - 160-240 Н;

III группа - более 240 Н.

На кафедре технологии и конструирования изделий из кожи ВГТУ наряду с одноосным растяжением (см табл. 1.5) была исследована большая партия натуральных кож на приборе ПОИК, при этом одновременно специалисты оценивали жесткость кож органолептически.

Таблица 1.5

Данные испытания кож на приборе ПОИК

Материал	Толщина, мм.	Сопротивление растяжению, Н при h=8 мм.	Органолептическая оценка
1	2	3	4
Выросток	1,32	13,3	мягкий
Выросток	1,65	43,3	мягкий
Выросток	1,60	56,7	жесткий
Выросток	1,37	200,0	жесткий
Выросток	1,37	173,3	жесткий
Выросток	1,40	196,7	жесткий

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4
Спорти софти	1,57	36,7	жесткая
Спорти софти	1,50	130,0	жесткая
Спорти софти	1,45	11,0	жесткая
Спорти софти	1,35	116,0	жесткая
Спорти софти	1,45	106,7	мягкая
Спорти софти	1,40	96,7	мягкая
Тулип	1,50	63,3	средней жесткости
Тулип	1,42	93,3	мягкий
Тулип	1,45	153,3	мягкий
Тулип	1,45	113,3	жесткий
Тулип	1,45	113,3	жесткий
Тулип	1,55	143,3	жесткий
Яловка	1,35	173,3	мягкая
Яловка	1,33	86,7	мягкая
Яловка	1,38	126,7	мягкая
Яловка	2,05	176,7	жесткая
Яловка	1,67	190,0	жесткая
Яловка	1,60	136,7	жесткая

Как видно из таблицы 1.5, данные органолептической оценки не всегда согласуются с данными полученными инструментальным способом.

Аналогичный принцип предложен для испытания кожевенных материалов на жесткость, прочность и удлинение в работе [17]. Он позволяет производить испытание участков кож, удаленных от ее краев. Схема прибора дана на рис.1.6.

Прибор имеет опорный рычаг, а прижим выполнен раздвижным, закреплен на опорном рычаге и расположен в проеме скобы между ее полками.

Прижим выполнен в виде винтового механизма, который содержит цилиндрический корпус, установленный в нем прижимной шток для прижима материалов к втулке скобы, при этом наконечник для прогиба материала размещен в осевом отверстии прижимного штока. Кроме того, механизм нагружения имеет двуплечий рычаг, который вместе с цилиндрическим корпусом закреплен на опорном рычаге. Одно из плеч двуплечего рычага входит в радиальное отверстие цилиндрического корпуса и прижимного штока и соединено с наконечником для прогиба материала, а другое - связано с приспособлением для измерения прогиба. Прибор имеет силоизмерительное приспособление, связанное с двуплечим рычагом механизма нагружения. Усилие при заданной деформации кожи определяется по индикатору с помощью графика для перевода показаний индикатора в Н. Прибор не требует применения источников электроэнергии, дает возможность осуществлять контроль качества технологических свойств листовых материалов непосредственно перед запуском в производство.

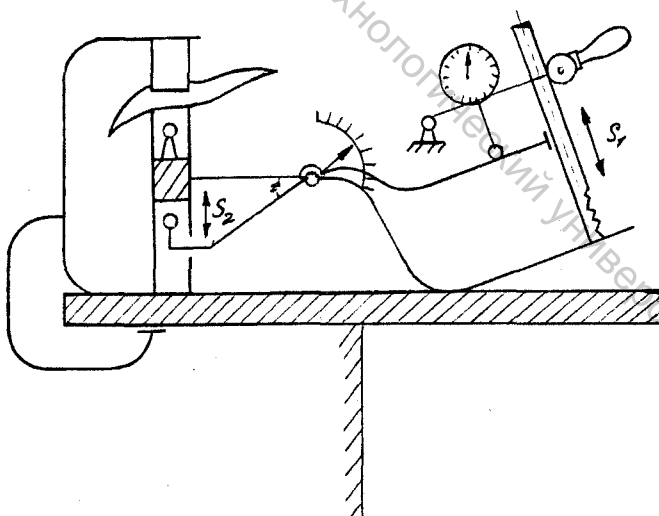


Рис. 1.6 Схема прибора для определения упругопластических показателей кожи

Думновым В.С. и Советкиным Н.В. разработан прибор для определения жесткости кожи [18] на основе толщиномера, который работает следующим образом: прибор берут за скобу корпуса 1 (рис. 1.7) затем нажимают большим пальцем на рычаг 2 (при нажатии рычаг поднимает шток 3 со стержнем 4), пропускают между стержнем 4 и опорным устройством 5 край измеряемой кожи 6 лицевой поверхностью вверх и плавно опускают рычаг 2. При этом стержень 4, взаимодействуя с кожей 6, вдавливает ее под действием груза 7 массой 500 г. в отверстие обоймы (с шариками) опорного устройства 5, установленной на коническом стакане 8. При этом перемещение кожи внутрь стакана происходит по шарикам обоймы устройства 5, что уменьшает влияние трения бахтармянной поверхности кожи о край стакана 8 на полученные результаты. Глубину вдавливания кожи (прогиб) регистрируют индикатором 9. Чем больше вдавливается кожа в отверстие обоймы, тем она мягче.

Жесткость кожи D , H вычисляют по формуле

$$D = \frac{KP}{M}, \quad (1.9)$$

где K - толщина кожи, мм;

P - нагрузка на образец, 5Н;

M - прогиб образца, мм.

В МТИЛПе разработан настольный механический прибор [19], принципиальная схема которого дана на рис. (1.8).

В основу работы данного прибора положен принцип последовательного закрепления участка кожи в двух точках в разных направлениях и растяжения этого участка путем нагружения его центра и измерения величины прогиба рис. (1.9). Жесткость кожи рекомендуется определять при двух значениях нагрузки 2 и 8 Н.

Ввиду простоты конструкции прибора и методики проведения испытания, применение его дает возможность осуществлять контроль качества кожи в производственных условиях.

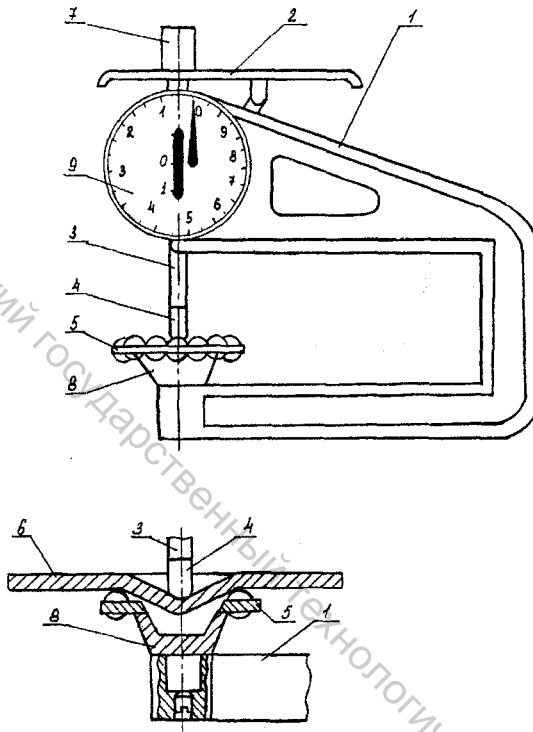


Рис. 1.7 Прибор для измерения жесткости кож на основе толщиномера.

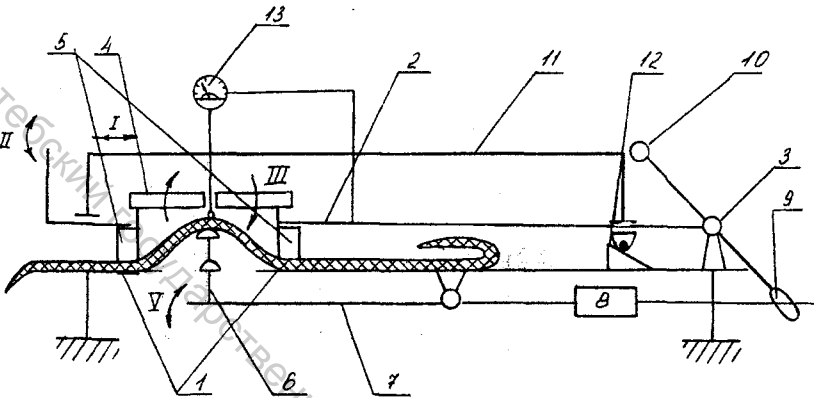


Рис. 1.8 Схема прибора для измерения жесткости кожи в различных направлениях

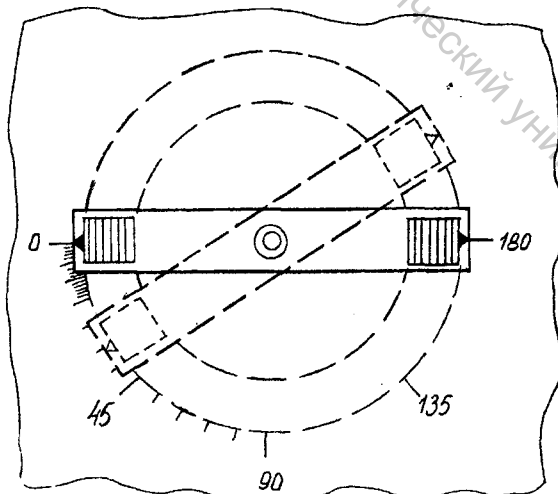


Рис. 1.9 Схема задания направления растяжения кожи (вид сверху).

Двухосное растяжение мембраной проводили на тензомере Балли по стандарту DIN 53323-74 [14].

Рабочим органом прибора (рис.1.10) для испытаний кожи на двухосное растяжение гидравлическим способом является верхняя часть 7 камеры, имеющая диафрагму из маслбензостойкой резины толщиной 2 мм, на которой располагают образец 2, закрепляемый зажимным кольцом 3. Нижняя часть камеры представляет собой сосуд 4 для масла, сообщающийся с верхней его частью 7 через отверстие 6. От ротационного насоса 5 масло через систему трубок поступает из маслоотстойника в нижний сосуд камеры. Давление масла в рабочей камере, вызывающее растяжение диафрагмы и образца, контролируется манометром 8. Прибор имеет приспособление 1 для записи диаграммы зависимости между давлением и высотой полусферы, образующейся после растяжения образца. Для испытания используются образцы в виде круга диаметром 68 мм.

При этом жесткость кожи характеризовалась полным радиальным удлинением. Радиальное удлинение R определяется по формуле

$$R = \left(\frac{Q}{\sin \alpha} - 1 \right) \times 100, \quad (1.10)$$

$$Q = \cos \alpha^{-1} \left(1 - \frac{h}{r} \right), \quad (1.11)$$

$$r = \frac{h^2 + 625}{2h}, \quad (1.12)$$

где r - радиус кривизны сферы, мм.,

h - высота сферы, измеряемая индикатором, мм.

По стандарту DIN 53323-74 [14] определяется радиальное удлинение при давлении на мембрану тензомера Балли 5,10,15 бар, которое также характеризует жесткость кож. В работе [20] радиальное удлинение определялось при давлении 0,7 МПа. В работе [5] проводилось испытание

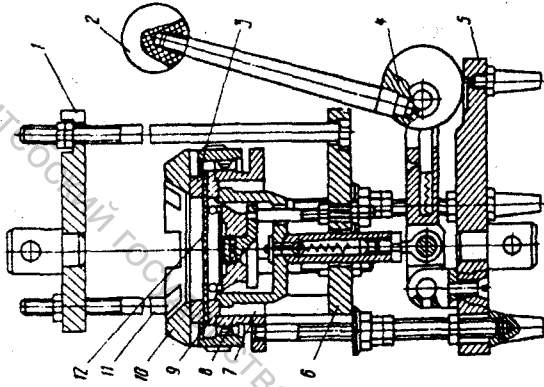


Рис. 1.11 Схема прибора В3030 для испытаний материалов на двухосное симметричное растяжение.

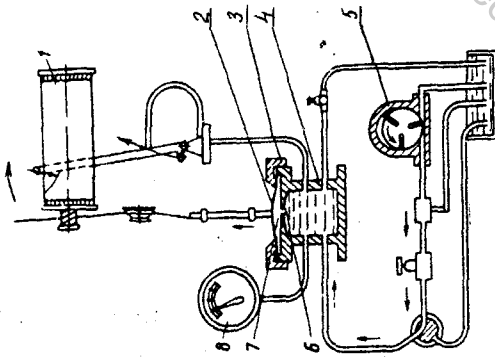


Рис. 1.10 Схема прибора для испытания кожи на продавливание мембраной.

партия натуральных кож по DIN 53323-74. Данные испытания приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

Данные испытания кож по DIN №53323-74

Материал	Толщина, мм.	Радиальное удлинение при давлении 5 бар.	Радиальное удлинение при давлении 10 бар.
1	2	3	4
Выросток	1,32	0,14	12,30
Выросток	1,65	0,13	40,30
Выросток	1,60	0,33	10,30
Выросток	1,37	1,45	-
Выросток	1,37	1,27	25,40
Выросток	1,40	2,47	-
Спорти софти	1,57	0,26	26,17
Спорти софти	1,50	0,59	31,97
Спорти софти	1,45	0,43	41,97
Спорти софти	1,35	0,47	46,43
Спорти софти	1,45	0,43	38,25
Спорти софти	1,40	0,61	36,97
Тулип	1,50	1,01	26,83
Тулип	1,42	1,01	29,73
Тулип	1,45	1,70	34,50
Тулип	1,45	1,45	17,80
Тулип	1,45	1,60	40,80
Тулип	1,55	1,27	57,80
Яловка	1,35	2,87	-
Яловка	1,33	1,83	28,40
Яловка	1,38	1,04	53,90
Яловка	2,05	1,57	46,05

Недостатком описанных выше приборов при испытании на продавливание материалов шариком, сферой или мембраной является то, что они не обеспечивают однородного деформированного состояния в образце. С этой точки зрения более совершенными для испытания материалов на двухосное растяжение являются приборы В 3018 и В 3030, разработанные ЦНИИКПе А.Ю. Зыбиным [10]. Эти приборы отличаются друг от друга размерами исследуемых образцов.

Прибор В3030 выполнен в виде приспособления к разрывной машине и предназначен для испытания образцов диаметром 85 мм.

Приспособление имеет два кольца - верхнее 3 и нижнее 9 (рис.1.11) Нижнее кольцо опирается наружной частью на торец нижней полумуфты 8, а внутренней частью - на торец стакана 7. Такая конструкция обеспечивает предварительное защемление образца верхней полумуфтой 10, навинчиваемой на резьбу, и силовое защемление от усилия, прикладываемого вручную к рычажке 2 через рычажную эксцентриковую систему 4 к стакану 7.

Рычажная система силового защемления образца крепится на нижней плите 5, устанавливаемой на штоке динамометра вместо нижнего зажима. Вместо верхнего зажима машины крепится верхняя плита, связанная тягами 11 со средней плитой 6, на которой укреплены шпильки стола пуансона.

Пуансон прибора выполнен в виде стакана с радиальными пазами и вмонтированными в них подвижными роликами, которые образуют замкнутое кольцо, имитирующее поверхность шара. При движении стакана с роликами вверх материал огибает эту поверхность и благодаря малому радиальному трению получает двухосное симметричное растяжение.

Прибор В 3018 отличается от прибора В3030 диаметром пуансона и испытываемого образца, который равен 175мм.

Однако методики испытания материалов с использованием указанных приборов имеют ряд недостатков, которые задерживают их широкое применение. К ним относятся:

прерывистый характер нагружения образца, вызванный тем, что регистрация нагрузок и удлинений производится с остановкой машины для записи показаний через каждый 1 % относительного удлинения;

погрешность, связанная с визуальной регистрацией значения нагрузок и удлинений;

относительная трудоемкость испытаний;

необходимость построения кривых “нагрузка - удлинение” по точкам.

Для устранения отмеченных недостатков авторами статьи [75] разработана и изготовлена установка, позволяющая осуществлять непрерывное нагружение материала при двухосном симметричном растяжении с автоматической регистрацией различных характеристик механических свойств исследуемых материалов.

На рис. 1.12 показана принципиальная схема установки.

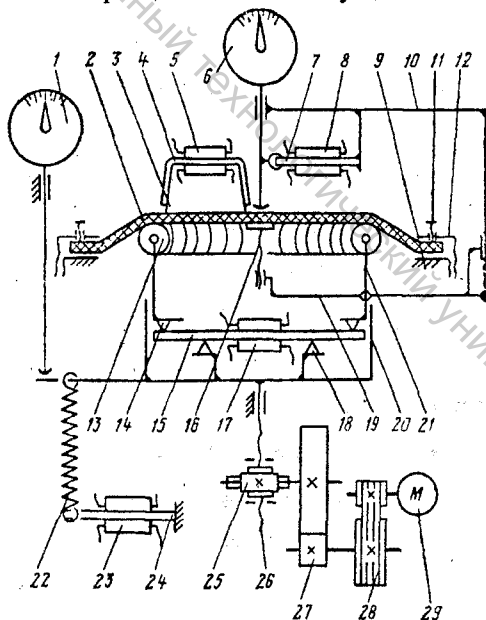


Рис. 1.12 Принципиальная схема установки для двухосного симметричного растяжения.

Пуансон 13 в виде кольца с роликами, аналогичный пуансону прибора В 3018 [10], закреплен на стакане 21, который входит в цилиндр 20, расположенный на ходовом винте 26. Вместе с пуансоном ходовой винт может совершать возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости, которое он получает от электродвигателя 29 через редуктор 27, клиноременную передачу 28 и червячно-винтовую пару 25. При движении ходового винта вверх пуансона 13 действует на неподвижно защемленный образец материала 2, подвергая его при этом двухосному симметричному растяжению.

Установка имеет автоматические устройства, которые производят измерения: удлинения материала в процессе растяжения; нагрузок, прикладываемых к пуансону; высоты подъема пуансона, а также толщины материала в процессе его деформирования.

Прибор В 3052 по принципу действия аналогичен прибору В 3030, но снабжен ручным гидравлическим прибором, манометром для измерения давления в гидросистеме и индикатором для определения высоты подъема пуансона.

В работе [9] испытание материалов проводилось на приборе В 3030, который устанавливался на разрывной машине "FRANK". Для двухосного симметричного растяжения применялся пуансон с роликами, а для растяжения сферическим пуансоном он заменялся пластмассовой полусферой диаметром 60 мм.

Для исследования выкраивалось по 3 образца диаметром 90 мм. Испытание проводилось при скорости движения верхнего зажима 100 мм/мин. Во время испытания записывался график зависимости $P = f(h)$, где P - нагрузка на пуансон, Н; h - высота подъема пуансона, мм.

Жёсткость материалов определялась по формуле (1.2). При этом относительное удлинение при двухосном симметричном растяжении определялось, исходя из высоты подъема пуансона по методике, предложенной

в работе [15], а относительное удлинение при растяжении сферическим пуансоном по формуле

$$\varepsilon = \left[\frac{\pi}{2} - \frac{h}{R} - 2 \arctg \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] 100, \quad (1.13)$$

где ε - относительное удлинение по меридиану, %;

R - радиус полусферы, мм;

h - высота подъема пуансона, мм.

Учитывая, что при двухосном растяжении также, как и при одноосном, жесткость в процессе растяжения образца изменяется, было проведено исследование изменения жёсткости различных натуральных кож в процессе двухосного растяжения. На рис. 1.13 и 1.14 представлены кривые зависимости $D = f(\varepsilon)$. Как видно из рисунка характер изменения жёсткости при двухосном симметричном растяжении у всех натуральных кож одинаков: с увеличением относительного удлинения жёсткость резко увеличивается. На конечном этапе растяжения жёсткость их увеличивается в 2-3 раза.

При двухосном растяжении сферическим пуансоном характер изменения жесткости у натуральных кож в основном сохраняется таким же, как и при двухосном симметричном растяжении, т.е. резко возрастает. Однако полной идентичности не наблюдается. В таблице 1.7 приведены значения жесткости натуральных кож при двухосном растяжении.

Анализ данных таблиц 1.4 и 1.7 показывает, что жесткость большинства натуральных кож при двухосном симметричном растяжении значительно выше, чем при одноосном.

При двухосном растяжении сферическим пуансоном жесткость кож ниже по сравнению с двухосным симметричным растяжением и при $\varepsilon=10\%$ приближается по своим значениям к максимальным значениям жесткости при одноосном растяжении.

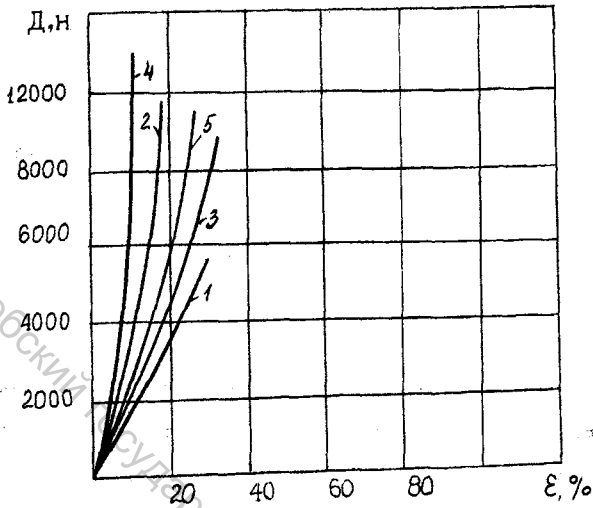


Рис. 1.13 Изменение жесткости материалов при двухосном симметричном растяжении: 1- выросток, 2- полукожник, 3-нубук, 4- яловка, 5- бычок.

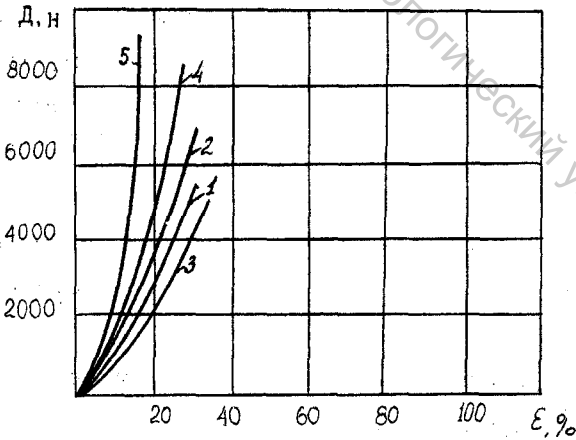


Рис. 1.14 Изменение жесткости материалов при растяжении сферическим пуансоном: 1- выросток, 2- полукожник, 3-нубук, 4- яловка, 5- бычок.

Жёсткость натуральных кож при двухосном растяжении

Наименование материала	Жёсткость при двухосном симметричном растяжении Д, Н.		Жёсткость при двухосном растяжении сферическим пуансоном Д, Н.	
	при $\varepsilon = 10\%$	при $\varepsilon = 0,75\varepsilon_p$	при $\varepsilon = 10\%$	при $\varepsilon = 0,75\varepsilon_p$
Эластичный выросток	3237	5340	1710	4535
Полукожник	3640	11084	2150	7598
Нубук	4493	8566	2938	4472
Яловка	5980	15095	2907	8598
Бычок	8585	11357	7237	9890

Анализ методов испытания на двухосное растяжение показал, что для исследования применяются образцы различных размеров. В одних случаях образцы имеют форму круга разного диаметра (на приборе В 3018 - диаметр образца 175 мм, В 3030 - 85 мм, тензомере Балли - 68 мм), в других случаях - это неразрушающие методы исследования (прибор ПОИК, прибор на основе толщиномера) и т.д.

Показатели, характеризующие жёсткость материалов, также отличаются между собой. Так, жёсткость материалов, измеренная на приборах В 3018, В 3030, на ПОИК, численно равна нагрузке в Ньютонах при определенной высоте подъема пуансона; на тензомере Балли - величине полного радиального удлинения при давлении 5, 10, 15 бар; на приборе на основе толщиномера жёсткость, Н, определяется с учетом толщины материала и прогиба.

Все это, как и при одноосном растяжении, затрудняет сравнение жёсткости различных материалов. Достоинством методов испытания материалов на двухосное растяжение является более полное приближение характера нагружения образца к реальным условиям при производстве обуви и её эксплуатации.

у - 2362

1.3 Жесткость натуральных кож при изгибе

Деформация изгиба возникает в материале при действии сил, направленных перпендикулярно его плоскости, - поперечный изгиб или навстречу друг другу параллельно плоскости материала - продольный изгиб.

Деформация изгиба наблюдается практически во всех деталях изделий из кожи как при производстве, так и при эксплуатации. Изгиб является сложным видом деформации, так как при действии внешней силы одни слои материала растягиваются, а другие - сжимаются. Основной характеристикой механических свойств материалов при изгибе является жесткость.

При определении жесткости кожи в качестве образцов используют, как правило, прямоугольные полоски, но при изгибе их располагают по-разному:

- зажатыми с одной стороны (консоль) (рис. 1.15 а, б, в);
- сложенными в виде кольца, полукольца (рис. 1.15 г);
- с образованием ряда складок.

Образец изгибается под действием:

- собственной массы;
- сосредоточенной нагрузки.

При этом измеряют или угол изгиба, или стрелу прогиба, или изгибающий момент.

Рассмотрим методику измерения изгибной жесткости при консольном методе. В отечественных стандартах отсутствует ГОСТ для испытания натуральной кожи для верха обуви на изгиб, но в ВЕМ [21] есть методика "Определение жёсткости кожи для верха обуви при изгибе". Эта методика основана на определении стрелы прогиба полоски кожи под действием собственной массы при зажиме одного из ее концов. Испытание проводят на образцах прямоугольной формы длиной 300 мм и шириной 15 мм. Длина той части образца, которая подвергается при испытании изгибу, называется рабочей

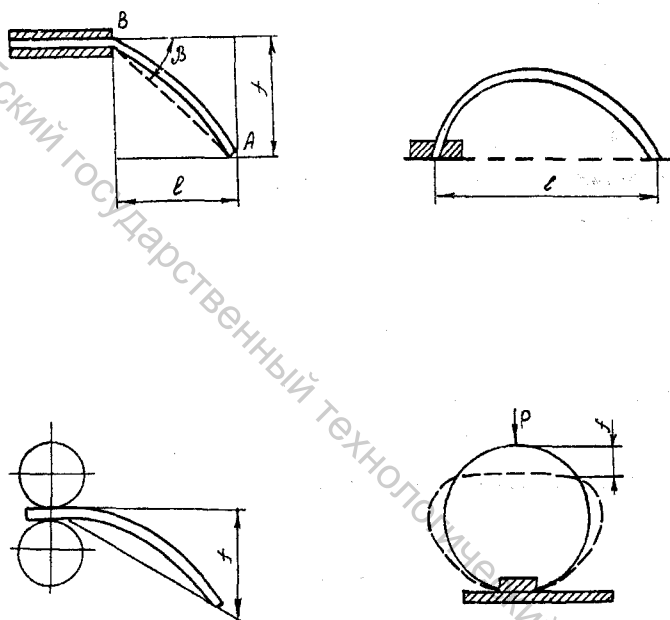


Рис. 1.15 Схема приборов и методов оценки жесткости кож при изгибе.

длиной образца и определяется углом β (рис.1.15 а). Она должна быть такой, чтобы угол β находился в пределах 10-30°.

При испытании измеряют стрелу прогиба и длину проекции изогнутого образца на горизонтальной плоскости. Жёсткость D_u , Н·м², определяют по формуле

$$D_u = E_u \cdot I, \quad (1.14)$$

где E_u - модуль упругости при изгибе, Н/м²;

I - момент инерции сечения образца, м⁴.

Момент инерции сечения образца определяют по формуле

$$I = \frac{bh^3}{12}, \quad (1.15)$$

где b - ширина образца, м;

h - толщина образца, м.

Расчет модуля упругости производится по формуле

$$E_u = \frac{3Pl^2}{2bh^3} \operatorname{ctg} \beta \cos \frac{\beta}{2} \quad (1.16)$$

где P - масса рабочей части образца, Н;

l - рабочая длина образца, м;

b - ширина образца, м;

h - толщина образца, м;

β - угол, образованный горизонталью и линией, проходящей через точку касания образца с подвижной площадкой и точкой зажима образца. (рис.1.15а).

Массу рабочей части образца рассчитывают пропорционально рабочей длине образца.

Перед испытанием образцы взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г. и измеряют толщину в пяти точках рабочей длины образца и за результат принимается величина, являющаяся средним арифметическим из пяти определений.

Для характеристики жесткости образца по изгибу его следует испытывать на трех образцах лицевой стороной вверх и трех — бахтармянной стороной вверх. Результатом испытаний считается среднее арифметическое из отдельных определений жесткости.

Приведенная методика имеет следующие недостатки: величина P в процессе изгиба изменяется ступенчато; под действием собственной массы образец изгибается, и изгибающий момент изменяется с изменением кривизны образца. Изменение изгибающего момента при уменьшении расстояния между началом защемления и концом образца влияет на деформацию изгиба, а это невозможно зафиксировать.

Для устранения вышеуказанных недостатков в работе [22] был предложен новый прибор для испытания на изгиб образцов натуральной и синтетической кожи.

Прибор позволяет производить испытания в следующих условиях: плоскость защемления имеет возможность вращаться вокруг своей оси (линии защемления); используемый образец имеет постоянную длину; сила, действующая на образец, изменяется во время определения жесткости, величину ее получают при закреплении постоянных масс на свободном конце образца; дополнительная масса мала, деформация растяжения практически ничтожна; изгиб происходит в области упругой деформации при малой величине дополнительной массы.

Принципиальная схема определения жесткости на изгиб изображена на рис. 1.16.

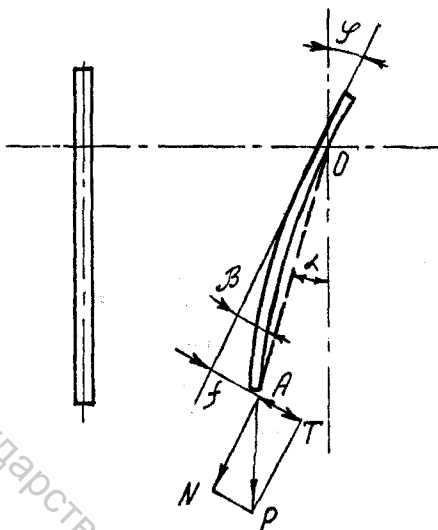


Рис. 1.16 Принципиальная схема прибора для определения изгибной жесткости

При повороте плоскости заземления на угол φ под действием силы P образец изгибается. Силу P можно разложить на две составляющие:

$$N = P \cdot \cos \alpha, \quad (1.17)$$

влияние которой на удлинение образца ничтожно, и

$$T = P \cdot \sin \alpha, \quad (1.18)$$

которая определяет стрелу прогиба f , где α - угол, образуемый хордой AO с вертикалью.

При этих условиях жёсткость при изгибе D_u , $\text{Н} \cdot \text{м}^2$, задается соотношением:

$$D_u = \frac{TI^3}{3f}, \quad (1.19)$$

где $f = AO \sin \beta = l \sin \beta$;

$\beta = \varphi - \alpha$.

Прибор, для проведения измерений этим методом, показан на рис. 1.17, и состоит из зажима 1, закрепленного на валу 2, получающем вращение от рукоятки 3 через червяк 4 и червячное колесо 5. Весь прибор смонтирован на основании 7, на котором закреплена стойка 6. Вертикальная панель 9 имеет отверстие через которое проходит зажим 1 и стержень с делениями 10. Зажим имеет неподвижную щеку на продолжении корпуса и подвижную щеку, перемещаемую при помощи барашкового винта.

На корпусе зажима смонтирована неподвижная стрелка 15 и подвижная стрелка 16, которая, однако, может соединяться с зажимом при помощи винта. На вертикальной панели закреплён циферблат 11, на котором нанесены концентрические окружности известного радиуса и радиальные черты через градус. К нижней части образца при помощи рамы 14 крепится масса 12, которая постоянна для группы материалов.

Эксперименты проводились на образцах прямоугольной формы. После определения толщины образца ширина его устанавливалась такой, чтобы момент инерции сечения был одинаков для всех проб.

Для определения жесткости при изгибе натуральной кожи по TGL 29423-74 [23] используется методика Шленкера. Сущность этого метода заключается в том, что закрепленный с одной стороны на поворотном зажиме образец изгибается на расстоянии 10 мм от места закрепления на угол 30° . Сила, необходимая для этого изгиба, называется жесткостью на изгиб.

Схема прибора дана на рис. 1.18. Образец 1 закрепляется в горизонтальном зажиме 2 при помощи рукоятки 3 таким образом, чтобы он выступал на 20 мм. Зажим с образцом поворачивают вправо, чтобы он касался перекладины 4 вилкообразной стрелки 5. На другом конце вилкообразной стрелки крепится груз 7. С помощью передвижной шкалы 6 устанавливают стрелку 5 на ноль. Затем зажим 2 с помощью рукоятки 3 поворачивают на угол 30° по шкале 6. В этом положении снимают показания отклонения стрелки 8 на

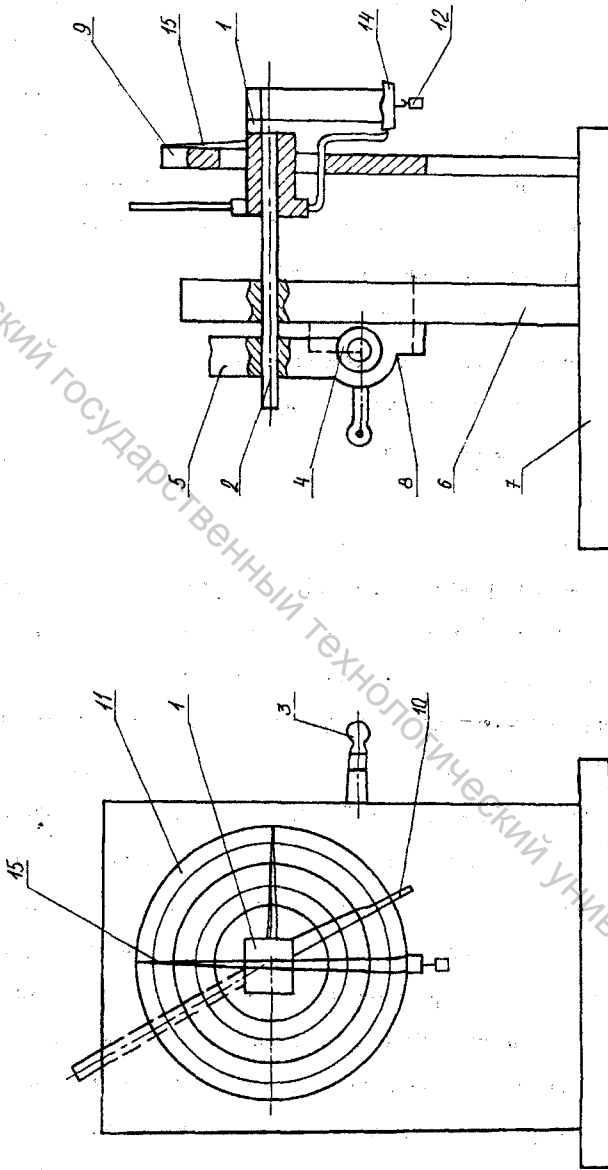


Рис. 1.17 Схема прибора для измерения жесткости кож с поворотом зажимов.

Витебский государственный технологический университет

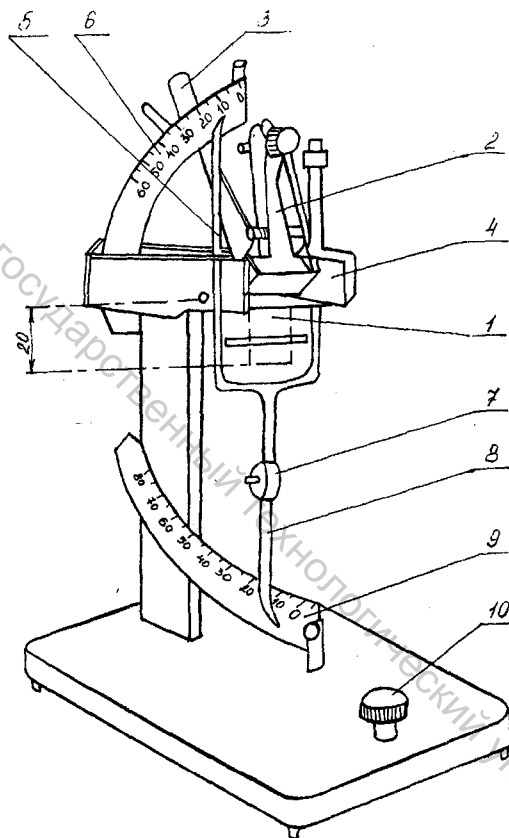


Рис. 1.18 Прибор Шленкера для измерения изгибной жесткости.

шкале 9.

Количество образцов для испытания - 5. Если материалы анизотропны, то испытывается по 5 образцов для каждого направления. Размер образцов 20×50 мм. Кондиционирование образцов производят при температуре $20 \pm 3^{\circ}$ и при относительной влажности воздуха $65 \pm 5 \%$ в течение не менее 24 часов.

Жесткость на изгиб определяют по формуле

$$D_{\text{из}} = \frac{F \cdot S}{100}, \quad (1.20)$$

где F - переменный груз, S - показания шкалы во время испытания.

Однако в работе [24] было установлено, что результаты, получаемые при испытании на приборе Шленкера, имеют чрезвычайно большой разброс. Кроме того, на этом приборе получают с трудом сопоставимые результаты из-за того, что:

- изгибание на 30° производится вручную с индивидуальной скоростью;
- геометрические особенности материалов влияют на результаты исследования;
- изгибание на 30° только относительно постоянно в период считывания со шкалы из-за дрожания руки;
- на измерения влияют силы тяжести;
- считывание зон шкалы осуществляется без соблюдения временного режима.

Ошибка измерения составляет 5% с учетом только этих недостатков. По стандарту TGL 29423-74 [23] на одном образце следует проводить многократные измерения без учета временных особенностей. Это также приводит к ошибкам измерения.

Учитывая недостатки, присущие методике Шленкера, в работе [24] был предложен модифицированный прибор для измерения изгибной жесткости материалов, принципиальная схема которого показана на рис. 1.19.

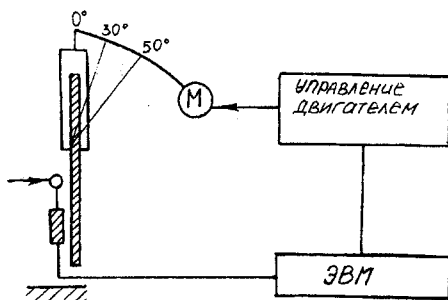


Рис. 1.19 Принципиальная схема усовершенствованного прибора.

Самое существенное изменение к прибору Шленкера состоит в современном, освобожденном от субъективных явлений учете измеренных величин. Для этой цели применяют вычислительную машину, на которую передают через усилитель все измеряемые величины, причем регистрируются не только отдельные значения, но и весь процесс действия сил во время изгиба.

Следующий существенный элемент модифицированного прибора - в изгибе образца от двигателя, число оборотов которого можно менять. Изгиб материалов можно осуществлять с постоянной скоростью и зафиксировать изгиб во времени. Модифицированный прибор позволяет достичь результатов лучших, чем с помощью прибора Шленкера.

Существует несколько методик определения жесткости образцов натуральных кож, сложенных в форме кольца (полукольца), под действием сосредоточенной нагрузки.

Известны следующие приборы и методы:

- прибор Вильсона (изгиб кольца) [25];
- прибор Энглиша (изгиб кольца) [25];
- прибор ВНИИПИК (изгиб кольца) [26];
- прибор УкрНИИКП (изгиб полукольца) [21];

В прибор Вильсона (рис.1.20а) входит металлический стержень 1, закрепленный вертикально на основании 2, к которому на кронштейне 3 с помощью стальной спиральной пружины 4 подвешена чашка весов 5, имеющая плоское основание. Ко второму кронштейну 6 прикреплена измерительная шкала 7 длиной 40 мм.

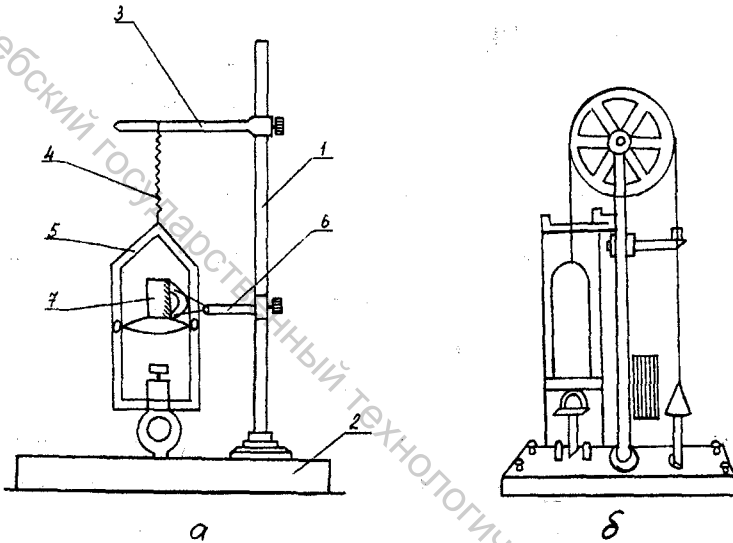


Рис. 1.20 Схемы приборов для определения изгибной жесткости по методу кольца; а- прибор Вильсона, б- прибор Энглиша.

Шкала разбита на 100 делений с ценой деления 0,4 мм. Для удобства чтения замеров на суппорте чашки весов помещен металлический стержень. В деревянном основании прибора в точке, соответствующей вертикальной проекции центра чашки весов, имеется специальный зажимной механизм для закрепления образца.

Методика определения заключается в следующем. Образец кожи размером 150×25 мм, выдержанный в эксикаторе над насыщенным раствором натриевого хромпика в продолжении 24ч., сворачивают в виде кольца лицевой

поверхностью наружу и накладывают на металлическое кольцо с наружным диаметром 40мм.

При помощи зажимного механизма испытуемый образец под чашечкой весов регулируя верхний кронштейн 3 по вертикальному стержню, устанавливают так, чтобы чашечка весов пришла в легкое соприкосновение с испытуемым образцом. После этого устанавливают нижний кронштейн 6 так, чтобы прикрепленная к нему шкала с делениями показала нуль. Постепенно нагружая чашку весов гирьками 8, сдавливают образец 9 на 10 мм, отмечая в граммах нагрузку, которая и характеризует жесткость материала.

Прибор Энглиша (рис.1.20 б) представляет собой усовершенствованный прибор Вильсона. Он состоит из зажимного приспособления, в котором закреплена изогнутая в форме кольца полоска испытуемого материала размером 100 x 30 мм, чашки весов, укрепленной над кольцом с помощью коконной нити, переброшенной через шкив и связанной с противовесом для уравнивания и ориентировки чашки.

Отличие прибора Энглиша от прибора Вильсона состоит в способе закрепления чашки над образцом. Роль пружины выполняет нить с противовесом. Испытание проводят так же, как и на приборе Вильсона.

Прибор ВНИИПИКа ПЖУ-12 М по ГОСТ 8977-74 [26] предназначен для измерения жесткости искусственных кож и пленочных материалов. Но следует отметить, что прибор ПЖУ-12 М широко используется в научных исследованиях для измерения жесткости натуральных кож.

Прибор (рис.1.21) состоит из следующих основных частей: технических весов 12, левая чашка 8, которая имеет нажимную площадку 7 для передачи нагрузки на образец, закрепленный на съемной площадке 6, установленной на столике 5. Подъем и опускание столика осуществляется зубчато-реечным маховиком 2. Шкала 4, закрепленная на оси маховичка, служит для измерения высоты подъема столика. Столик фиксируется в любом положении

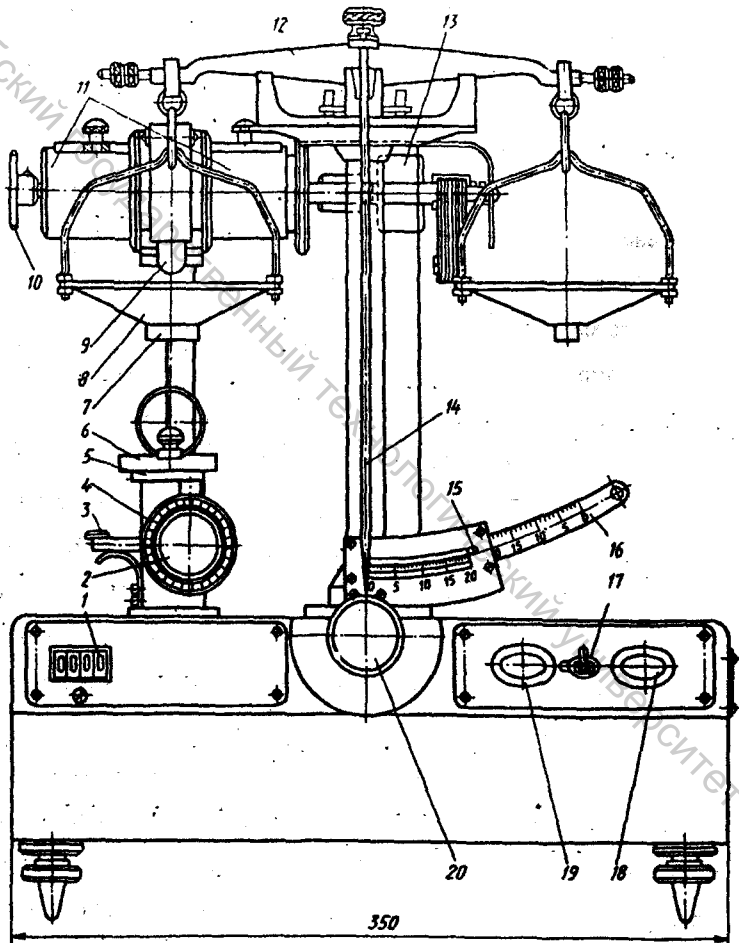


Рис. 1.21 Схема прибора ПЖУ-12 М

подпружиненными зажимами 3. Над левой чашкой весов укреплены бункера 11, которые заполняют металлическими шариками. Шарики подаются из бункеров фигурными дисками, которые приводятся в движение электродвигателем 13 и падают через трубку 9 на чашку весов. Одновременно может работать только один из бункеров. Бункер освобождается от шариков при вращении вручную маховичка 10. С помощью передвижного контакта 15 на шкале 16, градуированной в миллиметрах, задается требуемый прогиб образца. При соприкосновении стрелки 14 с передвижным контактом выключается электродвигатель и подача шариков прекращается. На передней панели прибора размещается электромагнитный счетчик 1, падающие шарики тумблер 17 включения прибора в электросеть, кнопка 18 пуска электродвигателя, сигнальная лампа 19 включения в сеть.

Образец испытываемого материала закрепляют на съемной площадке 6 лицевой стороной наружу. Для удобства заправки съемную площадку можно снять со столика 5.

Характеристикой жесткости материалов при изгибе по данному методу является - нагрузка, необходимая для прогиба согнутого в кольцо образца на $1/3$ диаметра.

Для испытания вырубают не менее 2-х образцов в двух взаимно перпендикулярных направлениях размером 160×20 мм.

Съемную площадку с образцом устанавливают на столик 5 так, чтобы образец располагался по центру нажимной площадки 7. Контакт 15 на шкале 16 ставят в положение, соответствующее заданному прогибу образца. При длине образца 160 мм - на 17 мм.

В бункера 11 засыпают металлические шарики диаметром 4 мм (вес 0,26 сн.) или 6 мм. (вес 0,88 сн.).

Целесообразно при испытании натуральных кож толщиной более 1,2 мм. использовать шарики диаметром 6 мм. Затем маховичком 20 поднимают

коромысло весов и по стрелке 14 проверяют его уравновешенность. Если коромысло находится в равновесии, в чашку с нажимной площадкой помещают груз массой 0,1 мг. Маховичком 2 перемещают столик с образцом до соприкосновения с нажимной площадкой и доводят стрелку 14 весов до нулевого положения, регистрируя высоту подъема столика по шкале 4.

Включают электродвигатель и нагружают образец шариками до автоматического выключения электродвигателя при соприкосновении стрелки весов с контактом.

Жесткость, сН, рассчитывается по формуле

$$D = m \times n, \quad (1.21)$$

где m - вес одного шарика, сН,

n - количество шариков.

Целью работы [40] было уточнение смыслового содержания показателей, характеризующих деформационные свойства и жесткость материалов, выяснение их корреляционных зависимостей и изыскание наиболее приемлемых методов их оценки.

Жесткость образцов при растяжении определялась по ГОСТ 938.11.-69 [2]. Кроме этого, определялась жесткость при сложном изгибе [41] и на ПДЖУ-12М [26]. Образцы вырезались размером 20×95 (для испытания на ПДЖУ), затем из них изготавливались образцы для одноосного растяжения. Данные эксперимента представлены в таблице 1.8.

Как видно из таблицы, порядок распределения материалов по степени жесткости, определенной по различным методикам, неодинаков. Так, если жесткость материалов при одноосном растяжении отличается незначительно, то градация кож по степени жесткости измеренной на ПДЖУ-12М более явная.

В результате эксперимента установлено, что абсолютные значения жесткости, определенные различными методами, различны вследствие неодинакового характера деформации, лежащего в основе методов и способа

Данные испытания жесткости кож по различным методикам

Исследуемые кожи	Толщина мм. ГОСТ 938.15-70	Условный модуль упругости при рас- тяжении $\frac{Pa \cdot 10^4}{F}$	Жесткость Д при рас- тяжении Н.	Усилие сложно- го изги- ба Н.	Стойкость к слож- но му изгибу Н/мм ²	Жест- кость ПЖУ $H \cdot 10^{-3}$
Овчина одевная	0,9	2432	205,9	9,8	14,7	156,9
Кожа хромовая эластичная (Клев)	1,3	2344	298,1	17,6	11,8	393,3
Козлина	1,0	2687	268,7	16,7	19,6	486,4
Опоек	0,9	4521	411,9	16,6	24,5	564,9
Кожа хромового дубления эластичная (УкрНИИП)	1,4	2697	372,7	34,3	18,6	729,6
Выросток (Клев)	1,1	4138	478,6	35,3	25,5	1087,6
Полукожник	1,3	4129	560,0	48,0	27,5	1399,5
Выросток (Берданск)	1,1	4266	498,2	33,3	25,5	1558,3
Свиная кожа хромового дубления	1,3	4246	569,8	90,2	51,0	2908,8

расчета.

В работе [9] проводилось исследование жесткости натуральных кож для наружных деталей верха обуви по ГОСТ 8977-74. Выкраивалось по три образца размером 20×160 мм. Данные эксперимента представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9

Жесткость натуральных кож на приборе ПЖУ-12М

№ п/п	Наименование материала	Жесткость Д, Н	
		направление раскроя, град.	
		вдоль хребта	поперек хребта
1.	Эластичный выросток	0,1735	0,1300
2.	Полукожник	0,2910	0,2112
3.	Нубук	0,1180	0,0792
4.	Яловка	0,2700	0,1800
5.	Бычок	0,1500	0,1000

Жесткость образцов, выкроенных вдоль хребтовой линии, больше, чем у образцов, выкроенных поперек. Жесткость полукожника и яловки в 1,5-2,0 раза выше, чем у эластичного выростка и нубука.

Жесткость кож на приборе УкрНИИКП [21] характеризуется нагрузкой в граммах, необходимой для прогиба образца в виде полукольца. Прибор для определения жесткости имеет следующее устройство (рис.1.22). На деревянной подставке 1 установлены две стойки 3, на которых укреплена планка 3 со столиком 4. Столик 4 покрыт металлической пластинкой. Размер поверхности столика 60×40 мм. К столику с обеих сторон прикреплены два винтовых зажима 5 для закрепления образца кожи 6. Рамка 7, изготовленная из алюминиевой проволоки диаметром 1 мм, оканчивается металлической площадкой 8, на которую помещаются гири 9. Верхняя часть рамки 7 состоит из двух

горизонтальных сдвигающихся стерженьков 10, между которыми протягивают образец кожи.

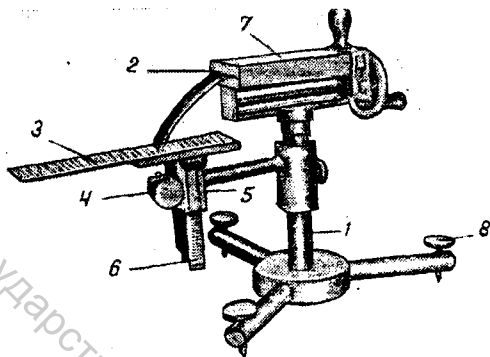


Рис. 1.22 Прибор для определения жесткости кож для верха обуви.

На приборе установлены два сухих элемента с начальной э.д.с. = 1,5 В и начальной емкостью 30 μ ф - при сопротивлении цепи 10 Ом (ГОСТ 3316-76).

Контакты элементов присоединены к металлической пластине столика 4 и металлической рамке 7.

В цепь электротока сухих элементов включена электрическая лампочка 11, которая зажигается при соприкосновении нижнего стерженька 10 рамки 7 с металлической пластинкой столика 4. Это происходит при прогибе образца кожи до соприкосновения с металлической поверхностью столика.

Образцы для испытания на жесткость вырезают из чепрачной части кожи в месте отбора пробы для физико-механических испытаний. Один образец вырезают в продольном, второй - в поперечном направлении по отношению к линии хребта. Размеры образцов 150×25 мм.

Образец зажимают в приборе так, как указано на рисунке (закрепленный образец должен иметь вид точного полукольца с внутренним диаметром 60 мм). Для облегчения такого закрепления на металлическую

пластинку столика 4 под образец укладывают две четверти деревянного цилиндра 12 диаметром 60 мм и высотой 40 мм, которые после закрепления образца удаляют.

На образец до закрепления в зажимах прибора надевают рамку 7, располагая ее по средней линии, предварительно нанесенной на образец. Нагружая рамку 7 гириями, производят изгиб образца кожи на всю установленную высоту до соприкосновения нижнего стерженька рамки 7 с металлической пластинкой столика 4 и загорания лампочки 11.

Стойкость (жесткость) кожи D вычисляется по следующей формуле

$$D = \frac{P}{h^3}, \quad (1.22)$$

где P - нагрузка при прогибе в г;

h - толщина образца в мм.

К методикам, в основе которых лежит изгибание образца с образованием ряда складок, относятся метод и прибор Гоптона (изгиб "чашечкой"), метод, разработанный УкрНИИКПом (изгиб в "гармошку"), метод продольного изгиба [25].

Прибор Гоптона (рис.1.23) состоит из двух стержней, удерживаемых на одной прямой относительно друг друга подставками. Зажимы помещаются на смежных концах стержней. На внешнем конце толкающего стержня имеется ручка для приложения усилий, сминающих образец.

Противоположный конец другого стержня прикреплен к пружине, измеряющей приложенное усилие. Эта пружина соединена с циферблатной шкалой. Пружина может быть установлена в нулевое положение. Пружина и циферблат подбираются и калибруются так, чтобы усилие определялось в унциях (одна торговая унция равна 28,3495г).

Испытания проводят следующим образом. Квадратный образец легкой кожи со стороной 73,3 мм складывают пополам, лицевой стороной наружу. Концы сложенного вдвое куска кожи закрепляют в зажимах так, чтобы

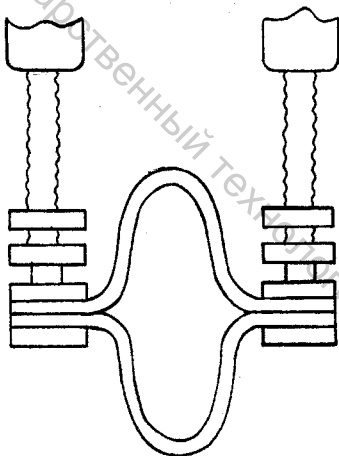


Рис. 1.23 Прибор Голггона.

направление линии хребта было перпендикулярно направлению движения толкающего стержня. Зажимы предварительно устанавливаются на расстоянии 50 мм. Когда усилие прилагается к ручке, оба зажима сближаются, а нижний и верхний участки сложенной кожи разделяются, образуя "чашечку".

Тормоз устанавливают так, чтобы при полном сближении расстояние между зажимами равнялось 20 мм. Ручку движущегося стержня толкают медленно и равномерно за 7 сек. Приложенное усилие определяют по циферблатной шкале.

Ручку возвращают в исходное положение и образец быстро изгибают 18 раз (1 сек. на изгиб), обычно без фиксирования усилия по шкале. Затем производят двадцатое изгибание в том же порядке, как первое, и фиксируют результат. Отношение изгибающего усилия для двадцатого изгиба к изгибающему усилию при первом изгибе, выраженное в процентах от последнего, является одним из способов выражения упругости (величина, обратная жесткости).

УкрНИИКПом предложен метод определения жесткости кожи с помощью приспособления к разрывной машине.

Испытания проводятся следующим образом: образец кожи размером 5×5 см. складывают пополам лицевой стороной наружу двумя сгибами так, чтобы ширина согнутого образца была равна 2,5 см. В таком виде образец закрепляют в зажимах приспособления. Рабочая длина образца (между зажимами) составляет 2 см. При соблюдении этих условий образец всегда принимает постоянную форму, независимо от степени жесткости материала.

После пуска разрывной машины зажимы приспособления начинают сближаться сжимая образец кожи в "гармошку". Сближение зажимов приспособления, отсчитываемое по линейке, проводят до расстояния между зажимами, равного половине рабочей длины образца, т.е. до 1 см.

На шкале разрывной машины при этом фиксируется необходимое для сжатия образца усилие в ньютонах, характеризующее жесткость кожи. При обратном ходе машины образец выпрямляется, и затем снова сжимается, как и раньше. Таких сжатий производят последовательно три. После третьего сжатия больших изменений в усилиях не наблюдается, поэтому в расчет рекомендуется принимать усилие при третьем сжатии.

Испытания проводят в продольном и поперечном направлениях на одном и том же образце, так как установлено, что сжатие образца в одном направлении не влияет на величину усилия сжатия в другом направлении.

За результат принимают среднее из двух усилий: при третьем сжатии в продольном направлении и третьем сжатии в поперечном направлении. Скорость сжатия определяется скоростью движения нижнего зажима машины и составляет 80 мм/мин.

Усилие сжатия зависит от величины стойкости на сгибах образца. Был проведен следующий опыт. Сжатием в "гармошку" было испытано 10 образцов размером 5×5 см. Каждый образец складывали пополам двумя сгибами. Параллельно испытывали 10 таких же образцов разрезанных на две половинки, так что на каждую половинку приходилось по одному сгибу. Испытания образцов обеих групп дали одинаковые результаты.

Сжатие образцов по двум сгибам целесообразно в том смысле, что усилие увеличится вдвое, тем самым повышается точность испытания. Этот метод испытания обнаруживает явную зависимость жесткости кожи от квадрата ее толщины, что позволяет выражать жесткость в Н/мм².

В работе [27] предложен метод оценки жесткости мягких кож при продольном изгибе.

Для этих целей использован прибор для продольного изгиба мононитей. Характеристикой жесткости является напряжение продольного изгиба σ (МПа) образца кожи размером 10×40 мм (рабочая длина 25 мм.) при

скорости движения нижнего зажима 0,44 мм./с.

При испытании осциллографом записывается кривая зависимости нагрузки продольного изгиба от деформации. Установлено, что характер получения кривых одинаков при испытании кож разных видов отделки, способов основной сушки и не зависит от топографических участков кожи. Общий вид кривой зависимости: нагрузка продольного изгиба - деформация, представлен на рисунке 1.24.

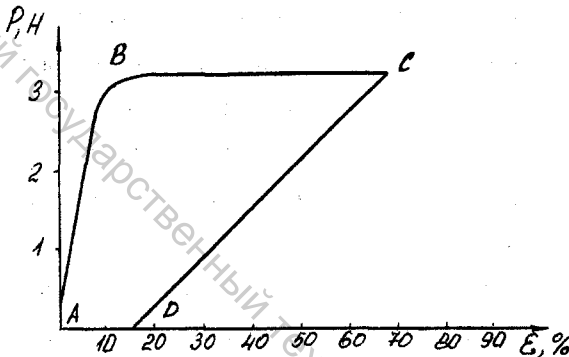


Рис. 1.24 Общий вид кривой зависимости: нагрузка продольного изгиба - деформация.

АВ - участок продольного сжатия образца;

ВС - собственно изгиб кожи;

СД - восстановленная форма образца после изгиба;

АД - величина остаточной деформации.

В точке В - значение критической нагрузки продольного изгиба кожи R_k , по которому вычисляется критическое напряжение продольного изгиба.

Для оценки достоверности результаты определения жесткости кожи при продольном изгибе сравнивали с результатами, полученными на приборе ПЖУ-12М. Были исследованы кожи хромового дубления (в том числе эластичные) с учетом топографии.

Исследования показали, что величина критического напряжения

продольного изгиба согласуется с результатами определения жесткости на приборе ПЖУ-12 М, а также с данными органолептической оценки. Так, значение критического напряжения продольного изгиба, так же, как и показатели жесткости на приборе ПЖУ-12 М для эластичной кожи, меньше, чем для кожи обычной отделки:

для эластичной - 0,04 МПа и 10 сн;

для обычной - 0,16 МПа и 22,5 сн.

Однако соотношение приведенных результатов показывает, что метод продольного изгиба более чувствителен.

Известен также прибор [29] для определения жесткости и стойкости кож, который увеличивает количество физико-механических показателей испытуемого образца. Это достигается тем, что прибор определяет жесткость и стойкость кожи и тому подобных материалов при однократном изгибе различными способами. При этом образец кожи постоянной длины в форме полоски или равносторонней балочки располагают консольно, на 2-х опорах в виде кольца, петли или арки.

Прибор согласно (рис.1.25) содержит две стойки 1 и 2, на которых закреплены две плиты: вертикальная 3 и горизонтальная 4. Вертикальная плита 3 снабжена радиальной шкалой 5 с градуировкой через 1° , вертикальными шкалами 6,7,8 и 9, горизонтальной шкалой 10, градуированным коромыслом 11, одно плечо которого несет груз, и зажимами 12 для образца кожи. Горизонтальная плита 4 снабжена указателем 13 и шкалой 14, роликовыми опорами 15 и зажимом 16 для испытуемого образца.

Для определения жесткости кожи при изгибе образец кожи в виде полоски или петли закрепляют консольно в горизонтальном положении в одном из зажимов 12 и по радиальной шкале определяют угол наклона образца.

При испытании образца на 2-х роликовых опорах 15 стрелу прогиба определяют по указателю 13. Перед испытанием длину рабочей части образца и

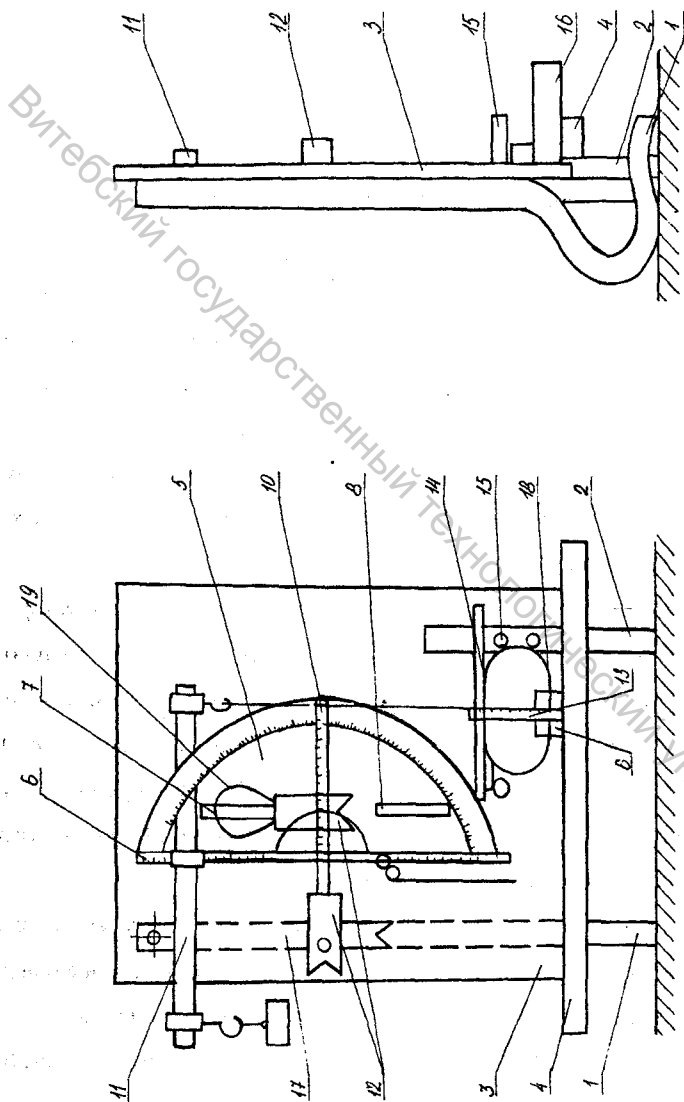


Рис.1.25 Прибор для определения жесткости и стойкости кож.

расстояние между опорами контролируют по шкале 14. Для определения стойкости кожи образец закрепляют в зажимах 12 в виде арки 17 и по шкале 6 определяют стрелу прогиба. Для этой же цели образец можно закрепить в виде кольца 18 в зажиме 16, используя плиту 4, и затем определяют результаты по указателю 13.

Возможно закрепление образца в виде петли 19 в зажиме 12, при этом стрелу прогиба после приложения нагрузки определяют по шкале 7.

При определении жесткости кожи при изгибе испытание проводят с помощью зажима 12, в котором образец закрепляют консольно и фиксируют угол прогиба образца по радиальной шкале 5.

Для контроля результатов испытания при определении жесткости и стойкости к испытываемому образцу прикладывают усилие, направленное снизу вверх, при помощи коромысла 11 с перемещаемым грузом, плечо которого взаимодействует с образцом. При этом используют шкалу 8 и 9.

Анализируя методики испытаний натуральных кож для наружных деталей верха на изгиб, можно отметить большое их разнообразие.

Применяются образцы различных размеров, жесткость на изгиб определяют при различных углах провисания образцов или под действием сосредоточенной нагрузки, жесткость характеризуется показателями, выраженными различными единицами измерения.

1.4 Жесткость натуральных кож при кручении.

В процессе эксплуатации обуви материалы подвергаются незначительному кручению. Методы определения жесткости материалов при кручении не стандартизованы, но применяются в научных исследованиях [22, 30, 31].

Так, в работе [22] предложен прибор для определения жёсткости при кручении упруго-пластических материалов, в том числе натуральной кожи

(рис.1.26).

Для этого образец 1, имеющий рабочую длину 100 мм, закрепляется в двух зажимах 2 прибора. В средней части образца расположен маятник 3, который может колебаться с минимальным трением вокруг оси. При вращении рукоятки 4 движение через зубчатые колеса 5, 6 передается зажимам, что создает явление кручения образца, вызывающего поворот маятника. Угол поворота маятника зависит от жёсткости образца.

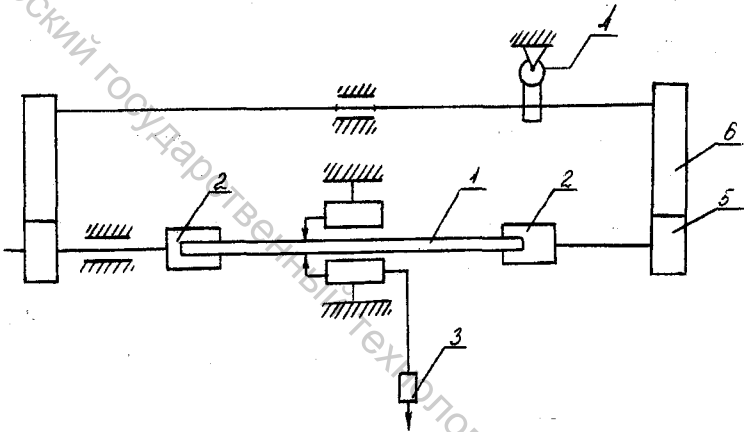


Рис. 1.26 Схема прибора для определения жесткости материалов при кручении.

Жёсткость D_k , $\text{Н}\cdot\text{м}^2$ при кручении кожи и её заменителей определяется по формуле

$$D_k = GI, \quad (1.23)$$

где G - модуль упругости при сдвиге, $\text{Н}/\text{м}^2$;

I - полярный момент инерции сечения, м^4 .

Для сечения прямоугольной формы:

$$I = k \cdot h \cdot b^3, \quad (1.24)$$

где k - коэффициент, зависящий от соотношения между сторонами

сечения h и b ;

h - высота сечения, м;

b - ширина сечения, м.

Исследование натуральных кож на жёсткость при кручении проводилось также и в работах [30,31]. Исследуемый образец длиной 120 мм и шириной 10 мм укреплялся в зажимы так, чтобы оставалась свободная "рабочая" часть в 100 мм. На нижнем конце исследуемый образец фиксируется установочными винтами, предотвращающими вращение, и чтобы не возникало напряжение в вертикальном направлении и тем самым возникновение растягивающей деформации, которая произошла бы одновременно с кручением и исказила бы результаты.

Определялось сопротивление кручению T . С физической точки зрения сопротивление кручению представляет собой крутящий момент, необходимый для скручивания исследуемого материала на определенный угол (в дуговом измерении). Так как это определение не принимает во внимание размеры и форму исследуемого материала, то влияние ширины и длины исключалось согласно отношения:

$$T = 0,917 \frac{1}{a} \cdot K \cdot \frac{\alpha - 90}{90}, \quad (1.25)$$

где K - постоянная кручения проволоки, Н·м;

α - угол скручивания исследуемого тела;

a - ширина исследуемого тела, м;

l - длина исследуемого тела, м.

Сопротивление кручению сравнивается в этом случае с известным сопротивлением кручению стальной проволоки.

Условный модуль упругости при кручении определяется по формуле

$$G = \frac{T}{b^3 \mu}, \quad (1.26)$$

где b - толщина исследуемого тела, м;

μ - безразмерная величина, зависящая от ширины исследуемого образца (для $a : b > 3$, интервал μ приблизительно равняется $5,534 + 3,3646$).

Условный модуль упругости при кручении затем используется для определения жёсткости по формуле (1.23).

В литературе крайне редко встречаются данные об исследовании жёсткости натуральных кож при кручении, хотя, как отмечается в работе [22], показатель жёсткости при кручении хорошо коррелирует с органолептической оценкой жёсткости.

1.5 Динамические методы испытания жесткости.

Перспективными методами определения механических свойств материалов являются методы вынужденных резонансных колебаний. Для их осуществления чаще всего используются два вида деформаций: изгиб и сжатие [32, 33, 34].

Метод изгиба заключается в определении вязкоупругих свойств по резонансной частоте и величине амплитуды колебаний свободного конца полоски кожи [32].

Экспериментальная установка (рис. 1.27) состоит из генератора 1, вибратора 2 и микроскопа 3.

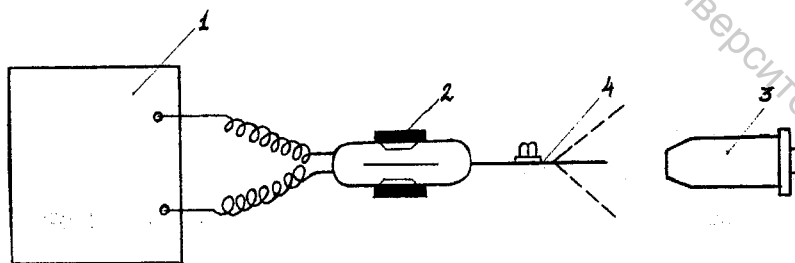


Рис. 1.27 Схема установки для определения вязкоупругих свойств методом вынужденных колебаний.

Вибратор представляет собой электромагнитную систему, через катушки которой пропускается переменное напряжение с плавно изменяемой частотой. Под действием переменного магнитного поля якорь вибратора получает поперечные колебания с частотой поступающего напряжения. На якорь с помощью зажима прикрепляется образец 4, получающий от него поперечные колебания. При испытании образец находится в вертикальном положении. В качестве генератора используется звуковой генератор ЗГ -10, позволяющий плавно изменять частоту в пределах 15-20 кГц. Наибольшая амплитуда колебания отмечается на низких частотах - до 200 Гц.

Микроскоп служит для измерения амплитуды колебания и уточнения положения резонанса V . Точность измерения амплитуды - 0,1 мм.

Рабочая длина испытуемой полоски 25 мм, ширина 10 мм.

При постоянных размерах образца модуль упругости E вычисляется по формуле

$$E = \rho \frac{A}{d^2} V^2, \quad (1.26)$$

где ρ - удельный вес образца;

$$A = \frac{4\pi^2 l^4 12}{1,875^4} = 1495,8; \quad (1.27)$$

d - толщина образца в см;

l - длина образца в см;

V - резонансная частота в Гц.

Динамическую жесткость образца вычисляют по формуле

$$D = E \cdot F, \quad (1.28)$$

где F - площадь поперечного сечения в см².

Динамические методы испытания проводятся и на приборе, разработанном в Московской государственной академии легкой промышленности (МГАЛП) [19].

Установка МТАЛП позволяет проводить динамические испытания образцов материалов при частоте от 1 до 500 Гц. и температуре от - 100 до +250⁰С. Точность определения частоты и амплитуды колебания образца - не более 5 %.

Образец 9 (рис.1.28) исследуемого материала укрепляют в виброшток 6 генератора механических колебаний 4.

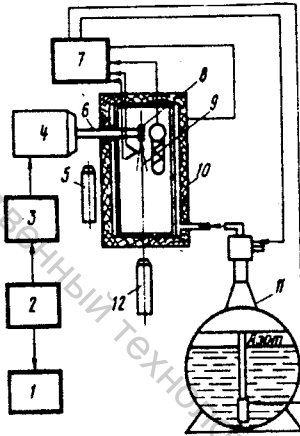


Рис. 1.28 Блок-схема установки для динамических испытаний.

Включают генератор электрических сигналов 2, частотомер 1 и усилитель 3. По истечении 10 мин. установка может быть использована для испытаний. Для испытания при температурах больше или меньше комнатной служит термокамера 10 и сосуд Дьюара 11. Регулировка температуры осуществляется регулятором 7. В начале опыта определяют резонансную частоту образца 9. Для этого плавно вращают ручку “Частота” на генераторе электрических сигналов 2 и следят за амплитудой конца колеблющегося образца с помощью микроскопа 12. Когда амплитуда колебания образца станет

максимальной, наступает явление резонанса, т.е. вынужденная и собственная частоты колебания образца совпадают. Отсчет резонансной f_r и других частот в опыте осуществляется по частотомеру 1.

После определения резонансной частоты образца ручкой, расположенной на усилителе 3, устанавливают определенную амплитуду колебания виброштокa 6. Измерение и регистрация амплитуды виброштокa осуществляется микроскопом 5. Амплитуда колебания виброштокa должна составлять $(5 \dots 10) \cdot 10^{-3}$ м. Следует помнить, что амплитуда колебаний виброштокa при проведении опыта на любых частотах должна быть постоянной. После установления определенной амплитуды колебания виброштокa измеряют амплитуду колебания конца испытуемого образца 9. Затем на генераторе 2 образцу задают частоты f_1 , меньшие f_r . В начале с шагом 2-3 Гц. (два-три значения), а затем с шагом 5-6 Гц. (три-четыре значения) определяют амплитуду образца колебания. Аналогично измеряют амплитуды колебания образца на частотах, больших f_r , интервал задания частот и их количество берут те же. Найденные амплитуды колебания образца при соответствующих частотах заносят в таблицу и по этим данным строят на миллиметровой бумаге амплитудно-частотную характеристику образца материала. При проведении испытаний в тепловом поле соответствующий интервал температур задается, измеряется и регулируется автоматической системой регулирования 7 (АСР) температуры.

Для испытаний берут пробу квадратной формы площадью 10 см^2 , из которой вырезают по три-пять образцов под углом $0,45$ и 90° .

Размеры образцов для испытаний 45×5 мм.

По полученной амплитудно-частотной характеристике вычисляются параметры:

$$E^* = E_1 + iE_2, \quad (1.29)$$

где E^* - динамический комплексный модуль упругости;

E_1 - динамический модуль упругих потерь;

E_2 - динамический модуль вязких потерь.

В свою очередь динамический модуль упругости E_1 определяют по формуле

$$E_1 = \frac{48\pi^2 l^4 \rho}{a_0^4 h^2} (f_r^2 + \frac{\Delta f^2}{8}), \quad (1.30)$$

где l - длина незакрепленной части образца, м;

ρ - плотность образца, кг/м³;

a_0 - коэффициент для первой гармоники ($a_0 = 1,875$);

h - толщина образца, м;

f - резонансная частота, Гц;

Δf - разность между двумя частотами, Гц, амплитуда которых равна 0,707 от максимальной.

Динамический модуль вязких потерь E_2 вычисляется по формуле

$$E_2 = \frac{48\pi^2 l^4 \rho}{a_0^4 h^2} f_r \Delta f, \quad (1.31)$$

Динамическая жёсткость D , Н·м² при изгибе, определяемая по формуле

$$D = E_1 \cdot I, \quad (1.32)$$

где I - момент инерции поперечного сечения образца, м⁴.

Установка для резонансных испытаний позволяет проводить акустические испытания образцов при частоте от 1 до 500 Гц и температуре от 100 до 250⁰ С.

В работе [34] рассматривается устройство и методика испытаний жесткости материалов, основанная на принципе вынужденных резонансных колебаний. Разработан прибор, в конструкцию которого заложен принцип определения жесткости по величине собственной резонансной частоты образца материала в виде полоски определенных размеров и закрепленного одним концом в неподвижном зажиме. Точность измерения жесткости повышена за

счет использования автогенератора с самоподстройкой на собственную резонансную частоту колебаний свободной части испытуемого образца и фотоэлектрического датчика, фиксирующего значения резонансной частоты колеблющейся системы.

Устройство, схема которого представлена на рис. 1.29, состоит из пружинного зажима 1, в котором в вертикальном положении закрепляется образец 2 в виде полоски шириной 20 мм. Длина образца зависит от вида испытуемого материала.

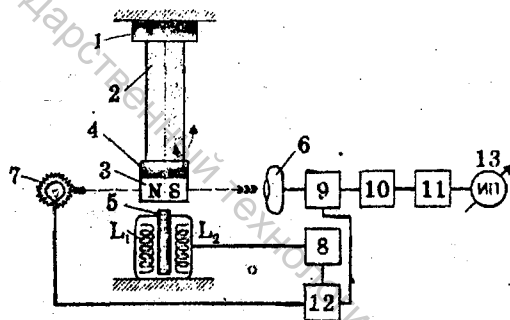


Рис. 1.29 Схема прибора для определения жесткости материалов динамическим способом.

Приспособление для задания деформации образца 2 состоит из силовой катушки L_2 , катушки обратной связи L_1 , автогенератора с самоподстройкой на резонансную частоту колебаний образца, выполненного на транзисторе V_1 , легкого магнита 3, изготовленного из ферромагнитного материала. Магнит 3 закреплен на скобе 4, выполненной в виде пружинного зажима. Силовая катушка L_2 и катушка обратной связи L_1 цилиндрической формы, несущие в себе сердечник 5, выполненный из феррита диаметром 8 мм, изготовлены на

общем каркасе, который крепится к основанию.

Приспособление для регистрации частоты колебаний образца 2 выполнено в виде фотозлектрического датчика, состоящего из фотоэлемента 6 и миниатюрной лампы накаливания 7.

Нить лампы накаливания 7, центр торцевой части магнита 3 и центральная часть фотоэлемента 6 находятся на одном уровне.

Механическая часть вместе с фотодатчиком, катушкой обратной связи L_1 и силовой катушкой L_2 изготовлены отдельным блоком и связаны с электронным блоком с помощью многоштырькового разъема.

Электронный блок прибора состоит из автогенератора 8, усилителя уровня сигналов 9, поступающих с фотоэлемента С, формирователя импульсов прямоугольной формы, выполненного по схеме триггера Шмита 10, ждущего мультивибратора 11, источника питания 12 и аналогового измерительного прибора 13.

Были проведены сравнительные испытания жесткости кож на приборе ПЖУ-12 М и разработанном приборе. Для испытаний использовали шесть кож хромового метода дубления, взятых из разных партий. Толщина кож (бычок и полукожник) колебалась от 1,19 до 1,28 мм. Первоначально из каждой кожи вырезали образец шириной 20 мм и длиной 160 мм и каждый из них шесть раз подвергали испытанию на ПЖУ-12М. Далее из этих образцов вырезали пробы длиной 95 мм (при ширине 20 мм) и вновь подвергали испытаниям на ПЖУ-12М, а затем эти пробы испытывали на разработанном приборе. Повторные испытания одних и тех же образцов кож производились после пролежки не менее часа. Результаты испытаний приведены в таблице 1.10.

Абсолютная ошибка среднего арифметического определялась при односторонней доверительной вероятности 0,95. Средняя относительная ошибка при измерениях жесткости образцов кож длиной 160 мм составляла 5,45 % и, соответственно, для образцов кож длиной 95 мм - 11,5 %, а при

нахождении резонансной частоты изгибных колебаний - 3,47 %.

Таблица 1.10

Значения жесткости и резонансной частоты кож

Показатель	Кожи					
	1	2	3	4	5	6
Жесткость на ПЖУ-12М, сН	Для образцов длиной 160 мм.					
	19,7±0,57	39,5±2,03	33,6±1,6	31±1,43	21,9±14	55,9±4,95
	Для образцов длиной 95 мм.					
	75,4±5,9	110,7±12,1	73,2±10,8	74,2±5,9	46,6±6,7	157,9±19,9
Резонансная частота, Гц	7,2±0,17	10,5±0,77	8,3±0,19	9,7±0,6	7,1±0,1	11,8±0,1

Метод определения жёсткости в динамическом режиме на сжатие [35] предусматривает определение механических свойств кож путем приложения к их лицевой части малой синусоидально изменяющейся нагрузки и регистрации ответного отклика со стороны исследуемого материала.

Выявлено, что при некоторых значениях частоты силового воздействия индектора на кожу наступает резонанс. При этом исследуемый образец становится практически упругой системой, а деформация кожи носит обратимый характер, что позволяет определить по зафиксированным значениям резонансной частоты силового воздействия жёсткость исследуемого материала. Чем жестче структура материала, тем выше резонансная частота системы. Таким образом, используя вибродатчик, можно количественно оценить жёсткость материала. Вибродатчик изображен на рис. 1.30.

Вибродатчик состоит из подвижного штока 1, подвеску которого осуществляют с помощью кольцевых ферритовых магнитов 2-4, причем магнит 3 зафиксирован непосредственно на штоке 1 вибродатчика и размещен между двумя соосно расположенными магнитами 2 и 4, прикрепленными к корпусу самого вибродатчика.

Такая компоновка магнитов позволяет использовать магнит 3 в качестве

сердечника измерительной катушки 6, конструктивно размещенной в корпусе 5 вибродатчика таким образом, что плоскость витков измерительной катушки 6 совпадает с плоскостью магнита 3.

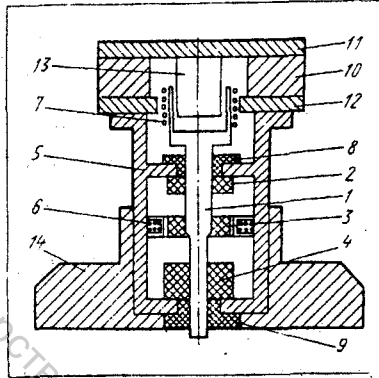


Рис. 1.30 Конструкция вибродатчика с магнитным подвесом подвижного штока.

Для создания гармонических колебаний штока 1 в его верхней части расположена силовая катушка 7. Сам шток 1 размещен в центре цилиндрического корпуса 5 в направляющих втулках 8 и 9, выполненных из антифрикционного материала. Кроме того, имеется кольцевой ферритовый магнит 10, размещенный между двумя стальными пластинами 11 и 12 круглой формы. В центре пластины 11 крепится стальной сердечник 13. Магнитную цепь замыкает нижняя пластина 12 с отверстием в центре, через которое проходит нижняя часть сердечника цилиндрической формы 13. В зазоре между сердечником 13 и отверстием пластины 12 установлена силовая катушка 7.

В центре стального основания 14 расположено отверстие, в котором зафиксирован корпус 5 вибродатчика. Отверстие стального основания служит для выхода нижней контактной поверхности подвижного штока 1.

Для измерения жесткости кожи описанный выше вибродатчик помещали

на образцы кожи в результате были получены значения резонансной частоты для разных видов кож: кожи хромового дубления для верха обуви - 50 ± 5 Гц. (полукожухник) и 72 ± 7 Гц. (яловка). Анализируя полученные данные, в работе [35] сделан вывод, что значение резонансной частоты является характерным количественным показателем деформационных свойств исследуемых образцов кож в динамическом резонансном режиме на сжатие.

1.6 Связь между показателями жесткости натуральных кож, определяемая различными методами.

В работе [18] проводилось исследование соответствия показателей жесткости, определенных на различных приборах ее органолептической оценке, т.к. этот способ является наиболее распространенным на обувных предприятиях.

Для этого использовали известные методы, основанные на применении приборов ПЖУ-12 М, [26] ПТ-2 [36], одноосного растяжения [2], принудительный консольный метод, метод определения жесткости на приборе на основе толщиномера [18], а также органолептический.

Для исследования использовались образцы обувной юфти (1-3), кож хромового дубления для верха обуви с облагороженной лицевой поверхностью (4,6), эластичных кож с естественной лицевой поверхностью (5,7), выработанных из шкур крупного рогатого скота.

Результаты испытаний представлены в таблице 1.11, а в таблице 1.12 представлены коэффициенты парной корреляции между различными методами оценки жесткости кож.

Как видно из таблиц 1.11, между показателями жесткости кож, полученных различными методами, в основном существует тесная корреляционная связь. Коэффициент корреляции колеблется от 0,63 до 0,99.

Таблица 1.11

Жесткость кожи в зависимости от методов ее определения

Вид кожи	Толщина кожи, мм	Органолепти- ческий метод, баллы	На при- боре ПТ-2, 10^{-2} Н/см ²	На приборе ГЖУ-12		Консольный метод		На приборе, не разруша- юще кожу, 10^{-2} Н	При растяжении, Н
				10^{-2} Н	относи- тельная, 10^{-2} Н/мм	на по- лоску, 10^{-2} Н	относи- тельная, Н/мм		
1	2,65	10	381,8	129,4	30	11,3	395	783	
2	2,5	5	191,9	100,4	10	4	285	574	
3	2,7	7	319,4	163,0	29	10,7	375	662	
4	1,7	9	56,4	54,7	6,2	3,65	240	360	
5	1,7	5	20,2	44,7	4,9	2,9	175	419	
6	1,6	1	5,8	7,9	0,7	0,43	95	262	
7	1,7	2	10,1	15,8	1,6	0,94	100	270	

Таблица 1.12

Коэффициенты парной корреляции между различными методами оценки жесткости кож

Метод оценки жесткости	Органо- лептический	На приборе ПТ-2	На приборе ПЖУ-12М при определении		Консольный метод при определении		На приборе, не раз- рушаю- щем кожу	При растя- жении кожи
			жест- кости	относитель- ной жесткости	жест- кости	относитель- ной жесткости		
Органолептический	-	0,68	0,63	0,69	0,76	0,76	0,84	0,71
На приборе ПТ-2	0,68	-	0,98	0,94	0,97	0,99	0,95	0,97
ПЖУ-12 М при определении жесткости	0,63	0,98	-	0,98	0,96	0,96	0,94	0,93
относительной жесткости	0,69	0,94	0,98	-	0,95	0,95	0,95	0,93
Консольный при определении жесткости	0,767	0,99	0,96	0,95	-	0,99	0,97	0,97
относительной жесткости	0,76	0,97	0,96	0,95	0,99	-	0,97	0,97
На приборе, не разрушающем кожу	0,84	0,95	0,94	0,95	0,97	0,97	-	0,96
При растяжении кожи	0,71	0,97	0,93	0,93	0,97	0,97	0,96	-

Так, жесткость при одноосном растяжении тесно связана с изгибной жесткостью, определенной на приборе ПГ-2, консольном методе и приборе, не разрушающем кожу ($R=0,97$).

В таблице 1.12 приведены результаты определения точности методов исследования жесткости кож. С этой целью использовали искусственную кожу "Кларино" толщиной 1мм, обладающую более равномерными, чем натуральная кожа, свойствами по площади.

Как видно из таблицы 1.13, меньшей точностью обладает органолептический метод (ошибка 11,9 %).

С большей точностью (ошибка 1,85 и 1,75 %) можно производить оценку жесткости на приборе ПЖУ-12М и на приборе на основе толщиномера.

На кафедре технологии изделий из кожи ВГТУ было проведено исследование партии кож (36 шт.). Для проведения эксперимента брались кожи, используемые на предприятиях Республики Беларусь и производимые на кожзаводах республики. При подборе кож производилась органолептическая оценка жесткости кож, определялась жесткость кож при одноосном растяжении, на ПЖУ -12 М, ПОИК. Был проведен корреляционный анализ показателей жесткости (табл. 1.14)

Таблица 1.14

Значение коэффициентов корреляции для показателей жесткости.

	ПОИК Q при h= 8 мм., (Н)	ПЖУ-12 М, D, (Н)	Одноосное растяжение, D, (Н)
ПОИК Q при h= 8 мм., (Н)	1	0,57/0,57	0,45/0,51
ПЖУ-12 М, D, (Н)	0,57/0,57	1	0,75/0,77
Одноосное растяжение, D, (Н)	0,45/0,51	0,75/0,77	1

Примечание: в числителе - значение коэффициентов корреляции для линейной зависимости, в знаменателе - кубической зависимости.

Таблица 1.13

Оценка точности методов жесткости кожи

Статистический показатель	Органолеп- тический	На приборе		Консольный (при опреде- лении жесткости)	На приборе, не разру- шающем кожу	При растяжении
		ПТ-2 (при опреде- лении жесткости)	ПЖУ-12М (при опреде- лении жесткости)			
Средневзвешенная величина же- сткости	4,6	43,8	36,1	5,6	125,2	567,4
Стандартное отклонение среднего арифметического	0,245	0,514	0,211	0,06	0,692	10,53
Относительная точность метода, %	11,9	3,7	1,85	3,66	1,75	4,15

Как видно из таблицы, хорошо коррелирует между собой жесткость, определенная на приборе ПЖУ-12 М, и жесткость при одноосном растяжении.

Чехословацкими исследователями ассортимент кож для верха обуви разделен на три группы по органолептической оценке и физико-механическим испытаниям: особенно мягкие, мягкие и прочие [37]. Эта классификация достаточно объективно подтверждается с помощью условного модуля упругости при изгибе и условного модуля упругости при растяжении (при $\varepsilon = 5\%$).

В работе [30] установлено, что порядковому номеру расклассифицированных кож по субъективному восприятию жесткости ближе всего классификация по значениям жесткости скручивания или условного модуля упругости, в определенном диапазоне толщины кожи значение динамической жесткости также хорошо согласуется с порядковым номером, установленным по субъективному восприятию жесткости.

Исследование корреляционной связи между механическими характеристиками по ГОСТ 938.11-69, E_y , D_y , ε , σ_p , ε_p и динамическими параметрами (E_1 - динамическим модулем упругости, E_2 - динамическим модулем потерь) позволило констатировать наличие корреляционной связи в пределах 0,63-0,96 [38].

В то же время в работе [8] отмечается, что между условным модулем упругости E_y , жесткостью D_y и динамическим модулем упругости E_y , динамической жесткостью D_y существует связь, однако коэффициент корреляции не превышает 0,5.

В работе [27] проводилось определение жесткости мягких кож на приборе ПЖУ-12-М и приборе для продольного изгиба мононитей. Установлено, что между этими показателями существует тесная корреляционная связь ($r = 0,94$).

Согласно экспериментальным данным, полученным в работе [39] между

величиной жесткости с одной стороны и средними значениями экспертной оценки этого показателя с другой стороны существует тесная взаимосвязь (коэффициент корреляции $r = 0,88$). Выявлена также тесная связь у показателей полученных на ПОИК и ПЖУ -12 М, коэффициент корреляции равен 0,83. Это позволяет считать показатели, получаемые двумя указанными методами, с определенной степенью вероятности взаимозаменяемыми. Однако диапазон колебаний величин жесткости кож более широк при испытании на приборе ПЖУ-12 М.

В свете изложенного в работе [9] проводилось комплексное исследование жесткости обувных материалов для наружных деталей верха.

Исследовали жесткость кож при одноосном, двухосном симметричном и пуансоном растяжении и на приборе ПЖУ-12 М. Как показали исследования, между показателями жесткости, определенными по различным методам тесной связи, в отличие от данных, полученных в работе [18], не наблюдается. Если между некоторыми показателями жесткости, определенными при одноосном растяжении и двухосном растяжении, наблюдается тесная связь ($R=0,75+0,77$), то между жесткостью, определенной на ПЖУ-12М, и жесткостью при одноосном и двухосном растяжениях она практически отсутствует (табл. 1. 15).

Отсутствие связи между показателями жесткости, определенным по методикам, основанным на различных видах деформации, указывает на то, что оценивать это свойство материалов необходимо несколькими показателями. С учетом того, что методик для определения жесткости кож много, необходимо выделить наиболее значимые показатели для всестороннего изучения свойств материалов.

Как показали исследования [9], для более полной оценки жесткости материалов необходимо их испытывать при различных видах деформации: одноосном, двухосном растяжениях и изгибе, так как это те виды деформации, которым подвергаются материалы для наружных деталей верха в процессе

Таблица 1.15

Коэффициенты парной корреляции между показателями жесткости

	Жесткость при одноосном растяжении		Жесткость при двухосном симметричном растяжении		Жесткость при двухосном растяжении при $\varepsilon=10\%$		Жесткость при двухосном растяжении при $\varepsilon=10\%$		Жесткость на ПЖУ
	при $\varepsilon=10\%$ ($D_{\varepsilon=10}^c$)	при $\varepsilon=0,75\varepsilon_p$ ($D_{0,75\varepsilon_p}^0$)	при $\varepsilon=10\%$ ($D_{\varepsilon=10}^c$)	при $\varepsilon=0,75\varepsilon_p$ ($D_{0,75\varepsilon_p}^c$)	при $\varepsilon=10\%$ ($D_{\varepsilon=10}^m$)	при $\varepsilon=0,75\varepsilon_p$ ($D_{0,75\varepsilon_p}^m$)	при $\varepsilon=10\%$ ($D_{\varepsilon=10}^m$)	при $\varepsilon=0,75\varepsilon_p$ ($D_{0,75\varepsilon_p}^m$)	
$D_{\varepsilon=10}^c$	1,00	0,61	0,14	0,33	0,54	0,66			0,19
$D_{0,75\varepsilon_p}^0$	0,61	1,00	-0,17	0,77	0,29	0,51			0,14
$D_{\varepsilon=10}^c$	0,14	-0,17	1,00	0,20	0,63	0,52			0,18
$D_{0,75\varepsilon_p}^c$	0,33	0,77	0,20	1,00	0,04	0,63			0,21
$D_{\varepsilon=10}^m$	0,54	0,29	0,63	0,04	1,00	0,75			0,02
$D_{0,75\varepsilon_p}^m$	0,66	0,51	0,52	0,63	0,75	1,00			0,01
$D_{пжзу}$	0,19	0,14	0,18	0,21	0,02	0,01			1,00

производства обуви и ее эксплуатации.

Таким образом, как видно из изложенного выше, проводилось много исследований, позволяющих оценить жесткость натуральных кож и определить корреляционную связь между показателями, полученными различными методами. Однако следует отметить, что проводимые исследования не систематизированы, полученные результаты иногда противоречат друг другу. В силу большой материалоемкости проводимых исследований и сложностей в создании приборной базы широкомасштабное изучение жесткости материалов проблематично. Поэтому при выборе метода и методики исследования необходимо исходить из задачи и целей оценки жесткости.

2. ЖЕСТКОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ КОЖ

При анализе методов и методик исследования искусственных (ИК) и синтетических (СК) кож следует иметь в виду, что многие методики, описанные в разделе 1, рекомендуются как для натуральных кож, так и для ИК и СК.

2.1. Жесткость искусственных и синтетических кож при одноосном растяжении.

Мягкие искусственные и синтетические кожи испытывают на одноосное растяжение по ГОСТ 17316-71 [42] на образцах прямоугольной формы.

Образцы вырезают из пробы материала в продольном (вдоль рулона) и поперечном (поперек рулона) направлениях. Размер образца зависит от свойств материалов и должен быть указан в стандартах или технических условиях на материал. Учитывая значительную анизотропию механических свойств ИК и СК в работе [43], предложено помимо продольного и поперечного направления проводить испытания образцов также и в диагональном направлении (45°).

Размеры образца, мм 25×220 , 55×220 , 55×320 , размеры рабочего участка, мм, соответственно 20×100 , 50×100 и 50×200 . Ширину вырезанных образцов на тканевой основе доводят до 20 или 50 мм путем удаления основных нитей с обеих сторон. Если удалить нити трудно или основа нетканая, образцы вырезают строго в продольном направлении.

Число вырезанных параллельных образцов для испытания указывается в стандартах или технических условиях на искусственную кожу. Если таких указаний нет, для испытания берут два образца в продольном и три образца в поперечном направлениях.

Образцы искусственных кож испытывают с предварительным натяжением. Для этого после заправки и фиксации верхнего конца образца в зажиме разрывной машины нижней конец пропускают через губки нижнего

зажима и подвешивают груз массой 0,2 кг при ширине образца 20 мм и 0,5 кг при ширине 50 мм, после чего фиксируют образец в нижнем зажиме и снимают груз предварительного натяжения. Скорость движения зажима при испытании 100 мм/мин. Если в процессе растяжения рост нагрузки прекращается до наступления видимого разрыва образца, показания P и Δl снимают в момент прекращения роста нагрузки [42].

Следует отметить, что по ГОСТ 17316-71 определение условного модуля упругости и жесткости не проводится, несмотря на важность этого показателя.

Искусственные и синтетические кожи в большинстве случаев являются многослойными материалами, поэтому их механические свойства определяются свойствами составляющих элементов, прежде всего основы [19]. Тканевая основа придает материалам высокую прочность и низкую растяжимость. Для материалов на трикотажной основе характерна низкая прочность и высокая растяжимость. Материалы на нетканой основе занимают промежуточное положение между материалами на тканевой и трикотажной основе. Учитывая, что многие ИК и СК не выдерживают напряжение 10 МПа, их жесткость определяют при различных значениях ε_y , σ_y , в зависимости от вида основы. [19, 43].

Так, в работе [21] жесткость искусственных кож на тканевой основе рекомендуют определять при деформации образца $0,75 \Delta l_p$ (Δl_p - абсолютное удлинение при разрыве образца) и вычисляют по формуле

$$D = \frac{P_y}{\varepsilon_1} 100, \quad (2.1)$$

где ε_1 - относительное удлинение при деформации образца $0,75 \Delta l_p$, %;

P_y - нагрузка, соответствующая $0,75 \Delta l_p$, Н.

Если основа нетканая, жесткость D_y рекомендуют определять при напряжении $\sigma_y = 5$ МПа, т.е. при нагрузке $P_y = 0,5 F_1$. (F_1 - площадь поперечного сечения образца).

Анализ зарубежных стандартов на одноосное растяжение искусственных кож показал, что определение жесткости предусмотрено в стандарте CSN 647012-77 [44], по которому жесткость ИК и СК определяют при величине относительного удлинения 5,10,15,20 %. Аналогично жесткость искусственных материалов определялась и в работах [30,46].

Как отмечалось выше, условный модуль упругости также характеризует жесткость материалов. При исследовании ИК и СК условный модуль упругости рекомендуют определять при $\sigma=0,5$ МПа. [31] или при $\varepsilon=1-2$ % [45].

Для сравнения жесткости ИК и СК с натуральными кожами и тканями в исследовательских работах зачастую используют образцы нестандартных размеров с целью исключения влияния масштабного фактора. Так, в работе [6] при исследовании жесткости натуральных кож, ИК и СК использовались образцы 40×150 мм.

В таблице 2.1 представлены величины E и D исследованных материалов при растяжении образцов на 15 %.

Как следует из данных таблицы, ИК и СК на тканой и смешанной нетканой волокнистой основе с армирующей тканью основах обладают большей жесткостью по сравнению с СК на нетканой волокнистой основе без армирующей ткани и безосновными, а также с натуральными кожами. Жесткость СК на тканой и смешанной основах в 2-3 раза выше, чем жесткость СК на нетканой основе и безосновных.

Максимальная жесткость у всех исследованных материалов наблюдается в продольном направлении, минимальная - у СК на тканой и смешанной основах - в диагональном направлении, а у СК на нетканой основе и безосновных - в поперечном направлении.

В работе [9] наряду с натуральными кожами также исследовались ИК и СК на различных основах. Учитывая, что ИК и СК также, как и натуральные кожи, при растяжении не подчиняются закону Гука и их жесткость в процессе

Таблица 2.1

Свойства искусственных и натуральных кож при $\epsilon=15\%$

Основа	Материал	Условный модуль упругости E, МПа (при $\epsilon=15\%$)			Жесткость при растяжении D, кН (при $\epsilon=15\%$)		
		Направление выкраивания образца,			Направление выкраивания образца,		
		0	45	90	0	45	90
Тканая	Винилскожа-Г	град.			град.		
		152,0	19,3	73,3	4,26	0,45	2,05
	Винибан	126,7	12,7	71,3	4,56	0,46	2,57
	СК-2	70,7	10,7	34,7	3,11	0,47	1,53
	Корфам 216	120,0	23,3	60,0	3,84	0,75	1,92
	Барекс	116,7	25,3	64,0	5,13	1,11	2,81
	Нетканая волокнистая	40,0	19,3	10,0	2,24	1,08	0,56
	без армирующей	31,3	8,7	4,7	1,63	0,45	0,24
	ткани	33,3	13,3	10,7	1,06	0,42	0,34
Без основы	Порвайр	20,0	7,3	5,3	0,80	0,29	0,21

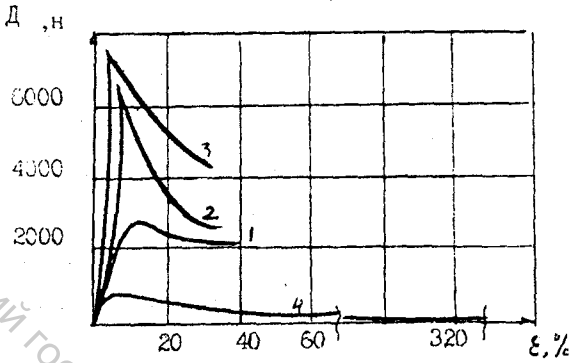
растяжения изменяется, было проведено исследование изменения их жесткости в процессе растяжения. На рис. 2.1 представлены кривые изменения жесткости в процессе растяжения ИК и СК.

Как видно из рисунка, характер изменения жесткости искусственных и синтетических материалов для наружных деталей верха обуви различен и отличается от натуральных кож. Если у натуральных кож жесткость при растяжении возрастает (см. рис. 2.1), то жесткость большинства искусственных и синтетических кож при растяжении в продольном направлении имеет максимальное значение в начальный момент растяжения, а затем с ростом деформации снижается. Причем у ИК и СК на тканевой и смешанной основах жесткость снижается достаточно резко при удлинении в пределах до 10%, а у СК на нетканой основе наблюдается некоторое уменьшение жесткости до деформации $\epsilon = 7-8\%$, после чего жесткость остается практически постоянной вплоть до разрушения. При растяжении ИК и СК в поперечном направлении (90°) характер изменения жесткости сохраняется таким же, как и при растяжении в продольном направлении. Исключение составляет барекс, у которого в начальный момент растяжения жесткость резко возрастает, а затем постепенно увеличивается с ростом деформации.

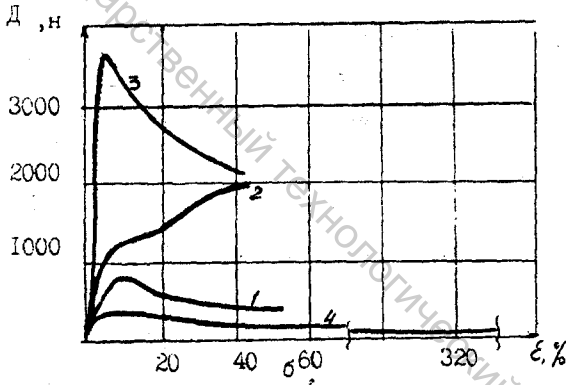
У бесосновного порвайра жесткость практически постоянна в процессе растяжения. Так, при $\epsilon = 300\%$ жесткость порвайра изменилась по сравнению с жесткостью при $\epsilon = 40\%$ всего на 10%.

К моменту разрыва жесткость у ИК на тканевой и смешанной основах снижается примерно в 2-2,5 раза, у СК на нетканой основе - в 1,3 раза, в то время как жесткость натуральных кож увеличивается в 2-3 раза (см. рис. 2.1).

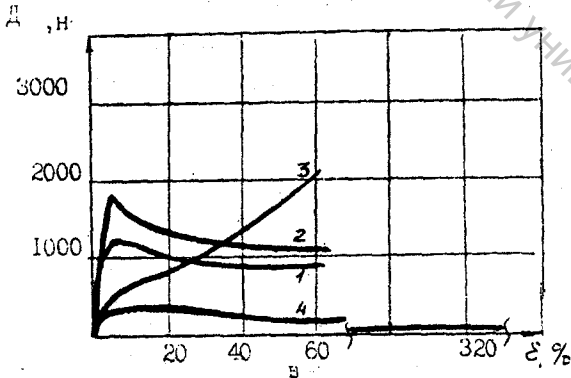
Несколько иная картина наблюдается при растяжении образцов ИК и СК в диагональном направлении. Так, если у СК на нетканой, смешанной основах и бесосновных характер изменения жесткости в процессе растяжения сохраняется такой же, как и при растяжении в продольном и поперечном



а



б



в

Рис. 2.1 Изменение жесткости материалов для наружных деталей верха при одноосном растяжении: а - направление раскроя 0° , б - направление раскроя 90° , в - направление раскроя 45° . 1-СК-8. 2-барекс. 3-винибан. 4-поввайо

направлениях, т.е. с увеличением удлинения жёсткость уменьшается, то у ИК на тканевой основе - возрастает. При этом жёсткость к моменту разрыва увеличивается в 4,0-6,0 раз.

Тот факт, что характер изменения жёсткости у разных материалов в процессе растяжения не одинаков приводит к тому, что жёсткость на начальной и конечной стадиях растяжения сильно отличается.

Следовательно, для сравнения различных материалов по жёсткости при одноосном растяжении необходимо характеризовать жёсткость как на начальной стадии растяжения, так и на конечной. Как и для натуральных кож предложено жёсткость ИК и СК оценивать при $\varepsilon=10\%$ и $\varepsilon=0,75\varepsilon_p$.

Данные экспериментальных исследований ИК и СК для наружных деталей верха обуви приведены в табл. 2.2.

Как следует из данных таблицы при одноосном растяжении максимальная жёсткость у всех исследованных ИК и СК для наружных деталей верха обуви наблюдается в продольном направлении, минимальная у ИК на тканевой и СК на смешанной основе - в диагональном направлении, а у СК на нетканой основе и безосновных - в поперечном направлении. При этом все ИК и СК, кроме безосновных, обладают значительной анизотропией жёсткости при растяжении по сравнению с натуральными кожами. Сопротивление ИК и СК деформации растяжения определяется их структурой. Наибольшей жёсткостью обладают ИК на тканевой и СК на смешанной основе, т.е. те искусственные и синтетические кожи, в структуре которых имеется ткань. Для их растяжения на 10% требуется приложить усилие в 2-4 раза большее, чем для растяжения большинства натуральных кож (см. табл. 1.4). Гораздо ниже жёсткость у СК на нетканой основе, а самая низкая жёсткость у безосновного порвайра.

На конечной стадии растяжения (при $\varepsilon = 0,75\varepsilon_p$) жёсткость ИК на тканевой и СК на смешанной основе почти такая же, как и у большинства натуральных кож, и гораздо выше, чем у СК на нетканой основе и безосновных.

Таблица 2.2

Жёсткость материалов для наружных деталей верха при одноосном растяжении

Наименование материала	Направление раскроя, град	Жёсткость $D, Н$	
		при $\epsilon=10\%$	при $\epsilon=0,75\epsilon_p$
Винибан	0	4718,3	2950,0
	45	472,5	1153,3
	90	2874,2	1950,2
Барекс	0	3150,1	2600,0
	45	1125,3	1028,0
	90	1285,7	1350,6
СК-8	0	2491,8	1909,7
	45	1060,0	780,1
	90	530,8	427,1
Замша искусственная	0	1640,1	1200,8
	45	980,1	830,9
	90	565,7	454,7
Порвайр	0	250,1	109,7
	45	230,3	180,5
	90	310,5	180,0

2.2. Жесткость искусственных и синтетических материалов при двухосном растяжении.

В отечественных стандартах испытание ИК и СК при двухосном растяжении отсутствует.

Жесткость искусственных и синтетических кож при двухосном растяжении определяется по стандартам TGL 38728-81 (Германия) [47] JUP/13 [48]. Испытания проводятся на тензомере Балли. При этом так же, как и для натуральных кож, определяются показатели: плоскостное удлинение при давлении 5, 10, 15 бар, которое и характеризует жесткость.

В работе [9] проводилось исследование ИК и СК при двухосном симметричном растяжении и растяжении сферическим пуансоном. Методика проведения испытания описана в разделе 1.

Характер изменения жесткости у ИК и СК при двухосном симметричном растяжении различен (рис.2.2 а). Так, жесткость СК на нетканой основе и без основных на начальной стадии растяжения резко возрастает (до $\epsilon = 7-10\%$), а затем уменьшается и стабилизируется. Жесткость же ИК на тканевой и СК на смешанной основе на начальной стадии растяжения (до $\epsilon = 7-10\%$) резко возрастает, а затем происходит дальнейшее её плавное увеличение.

При двухосном растяжении сферическим пуансоном характер изменения жесткости у ИК и СК в основном сохраняется таким же, как и при двухосном симметричном растяжении (см. рис. 2.2 б), у ИК и СК жесткость вначале возрастает, а затем стабилизируется или плавно возрастает. Однако полноты идентичности не наблюдается. Например, у СК-8 жесткость на начальной стадии растяжения резко возрастает так же, как и при двухосном симметричном растяжении, однако затем происходит плавное ее увеличение, в то время как при двухосном симметричном растяжении - уменьшение и стабилизация.

В связи с различным характером изменения жесткости у различных материалов их жесткость при двухосном симметричном растяжении и

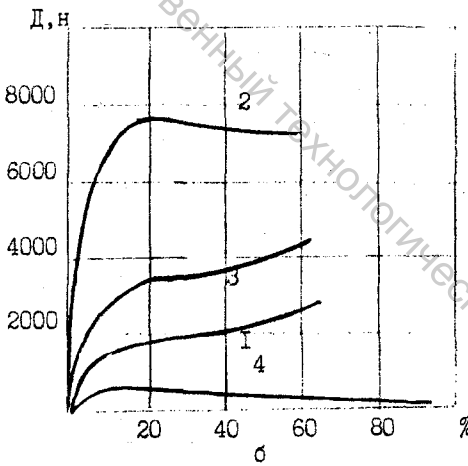
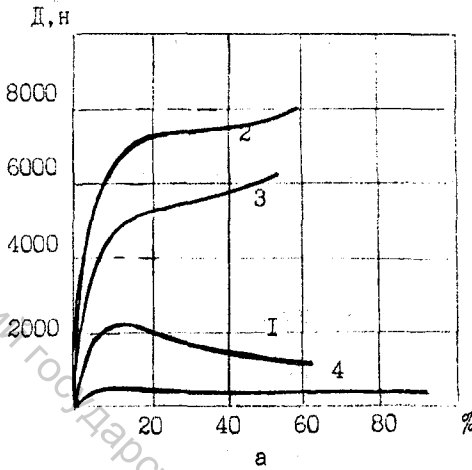


Рис.2.2 Изменение жесткости материалов при: а- двухосном растяжении симметричном, б- при растяжении сферическим пуансоном.
1-СК-8, 2-барекс, 3-винибан, 4-порвайер.

растяжении сферическим пуансоном также необходимо оценивать как на начальной, так и на конечной стадии растяжения. Предлагается по аналогии с одноосным растяжением жёсткость при двухосном растяжении определять при $\epsilon = 10\%$ и $\epsilon = 0,75\epsilon_p$.

В табл. 2.3 приведены значения жёсткости исследованных материалов при двухосном симметричном растяжении и растяжении сферическим пуансоном. Анализ данных табл. 2.3 показывает, что жёсткость большинства исследованных материалов при двухосном симметричном растяжении значительно выше, чем при одноосном.

Таблица 2.3

Жёсткость материалов наружных деталей верха обуви при двухосном растяжении

Наименование материала	Жёсткость при двухосном симметричном растяжении Д, Н		Жёсткость при двухосном растяжении сферическим пуансоном Д, Н	
	при $\epsilon = 10\%$	при $\epsilon = 0,75\epsilon_p$	при $\epsilon = 10\%$	при $\epsilon = 0,75\epsilon_p$
Винибан	4780	5020	3352	4143
Барекс	7790	8480	7589	7107
СК-8	2315	1882	1907	3056
Замша	6184	5509	1907	2400
искусственная				
Порвайр	458	420	368	343

Интересно отметить тот факт, что если жёсткость СК-8 и винибана при двухосном симметричном растяжении практически не изменилась по сравнению с одноосным в продольном направлении, то у порвайра и барекса она возросла примерно в 2 раза.

При двухосном растяжении сферическим пуансоном жёсткость у большинства ИК и СК ниже по сравнению с двухосным симметричным

растяжением и при $\epsilon = 10\%$ приближается по своим значениям к максимальным значениям жёсткости при одноосном растяжении.

Как при двухосном симметричном растяжении, так и при растяжении полусферой минимальной жёсткостью среди ИК и СК обладает порвайр, а наибольшая наблюдается у барекса и винибана, т.е. там, где в структуре материала имеется ткань.

Сравнивая данные таблицы 2.3 и таблицы 1.7, можно сделать вывод, что при двухосном симметричном растяжении жёсткость ИК и СК на тканевой и смешанной основах приближается к жёсткости натуральных кож, а жёсткость СК на нетканой основе в 1,5-2,0 раза ниже по сравнению с натуральными кожами, а при растяжении полусферой наоборот, жёсткость большинства натуральных кож при $\epsilon = 10\%$ приближается к жёсткости СК на нетканой основе.

При этом порядок расположения материалов по степени жёсткости при двухосном растяжении иной по сравнению с одноосным. Так, если при одноосном растяжении максимальная жёсткость была у винибана, то при двухосном симметричном растяжении при $\epsilon = 10\%$ - у барекса и искусственной замши.

2.3. Жёсткость искусственных и синтетических кож при изгибе.

Определение изгибной жёсткости ИК и СК проводится по тем же методикам, что и для натуральных кож (см. подраздел 1.3). Следует отметить, что широко применяемый в научных исследованиях метод определения жёсткости при прогибе кольца [26] на приборе ПЖУ-12 М разработан именно для искусственных кож. Данные испытаний ИК и СК, полученные в работе [9] на приборе ПЖУ-12 М, приведены в таблице 2.4.

Жесткость материалов наружных деталей верха на изгиб (ПЖУ - 12 М)

№ п/п	Наименование материала	Жесткость Д, Н		
		направление раскроя, град.		
		0	45	90
1.	Барекс	0,3300	0,2500	0,2800
2.	СК-8	0,1935	0,1570	0,1638
3.	Замша искусственная	0,1800	0,1238	0,1400

Широко применяемый за рубежом метод определения изгибной жесткости по Шленкеру [23] также разработан для испытания искусственных кож, наряду с испытаниями натуральных кож и текстильных материалов.

Для определения изгибной жесткости заменителей кожи для верха обуви предлагается методика, которая заключается в изгибе на грань зажима образца, закрепленного в двух зажимах, соприкасающихся концами губок [21].

Устройство прибора для определения жесткости на изгиб показано на рис. 2.3.

На оси мотора, вращающегося со скоростью 0,67 об/мин., насажен на диск 1, который приводится во вращение нажатием кнопки 2.

К диску неподвижно прикреплен зажим 3, концы губок которого находятся в центре вращения диска.

Испытуемый образец в виде полоски вставляют до половины в зажим 3 и закрепляют; к нижнему концу образца подвешивают зажим 4, который закрепляют на образце в таком положении, чтобы его концы соприкасались с концами верхнего зажима. Зажим 4, нижняя часть которого представляет собой стрелку, является грузовым маятником и одновременно указателем.

Нажав кнопку 2, включают мотор, приводящий во вращение диск вместе с верхним зажимом, который поворачивает на некоторый угол нижний зажим.

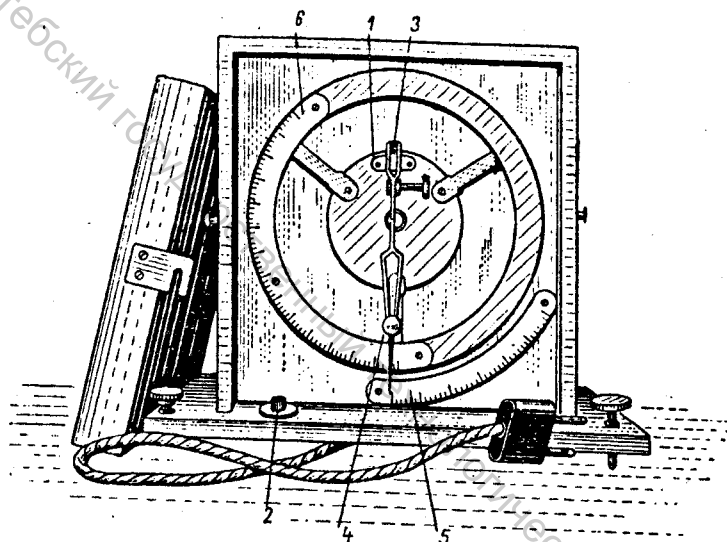


Рис. 2.3 Прибор для определения жесткости на изгиб

Угол отклонения нижнего зажима от вертикали отсчитывают по неподвижной шкале 5 с делениями, определяющими изгибающий момент (Мг. мм.)

Угол изгиба α отмечается тем же указателем на шкале 6, разделенной на градусы. Если испытывают жесткий материал, не изгибающийся под тяжестью нижнего зажима, последний повернется на такой же угол, как и верхний зажим, и стрелка показывает на шкале угол отклонения нижнего зажима от этого положения. Перед испытанием прибор устанавливают так, чтобы нулевое деление подвижной шкалы 6 совпадало с нулевым делением шкалы 5 и стрелка нижнего зажима занимала вертикальное положение и стояла точно на этих делениях.

Для испытания вырезают образцы в виде полосок шириной 10 мм и длиной 15 мм. Толщину измеряют в трех точках. Пять образцов изгибают на лицевую сторону и пять образцов - на изнанку.

Испытание образца заканчивают в тот момент, когда стрелка на шкале 5 достигнет деления соответствующего 100 г. мм, после чего отмечают по шкале 6 угол изгиба α .

При испытании жестких ИК образец изгибают на постоянный угол α , равный 10° . Угол α отмечают по шкале 6. По достижению этого угла устанавливают соответствующий изгибающий момент M по шкале 5.

Показателем жесткости является величина изгибающего момента, соответствующая изгибу материала на угол, равный одному градусу.

Для каждого образца вычисляют жесткость по изгибу и коэффициент жесткости.

Жесткость по изгибу D , г. мм /град. определяют по формуле:

$$D_u = \frac{M}{\alpha}, \quad (2.2)$$

где M - изгибающий момент в г. мм ,

α - угол изгиба образца в градусах.

Коэффициент жесткости K рассчитывают по формуле:

$$K = \frac{\sigma}{\alpha}, \quad (2.3)$$

где σ - напряжение испытываемого образца в г/мм²

$$\sigma = \frac{6M}{bh^2}, \quad (2.4)$$

где b - ширина образца в мм,

h - толщина образца в мм.

Результатом испытания считается средняя арифметическая величина из 10 определений (5 определений при изгибе на лицевую сторону и 5 на изнанку.)

Для характеристики материала испытание проводят в двух взаимно перпендикулярных направлениях и результаты дают отдельно для каждого направления нитей.

3. ЖЕСТКОСТЬ ОБУВНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

3.1. Жесткость текстильных материалов при одноосном растяжении.

Испытания при одноосном растяжении проводят в соответствии с ГОСТ 3813-72 [49] для тканей, ГОСТ 8847-75 [50] для трикотажных полотен, ГОСТ 15902,3-79 для нетканых полотен [51]. Образцы текстильных материалов испытывают по методу стрип, форма образцов прямоугольная. Количество образцов, необходимых для испытания, представлено в табл.

Таблица 3.1

Число образцов для испытаний

Вид текстильных материалов	Количество образцов
Ткани	
по основе	3
по утку	4
Трикотажные полотна	
по длине	5
по ширине	5
Нетканые полотна	
по длине	4
по ширине	6

Длину образцов рассчитываем по формуле:

$$L=l+2a+c, \quad (3.1)$$

где l - длина рабочей части образца (для ткани -200 мм , трикотажного и нетканого полотен - 100 мм);

a - ширина губок зажимов динамометра, мм ;

c - длина части образца, необходимая для подвешивания груза предварительного натяжения, ($c=100..150$ мм).

Ширина рабочей части всех видов материалов 50 мм. Образцы тканей выкраивают шириной 60 мм , затем удаляют нити с обеих сторон и доводят ширину до 50 мм.

Массу груза, для предварительного натяжения тканей выбирают в зависимости от поверхностной плотности материала от 0,05 до 3 кг.

Показатель жесткости при растяжении D по ГОСТ [49-51] для текстильных материалов не определяется. Но при научных исследованиях [52] жесткость текстильных материалов рекомендуется определять при деформации образца $\Delta l = 0,75 \Delta l_p$. Определив Δl по диаграмме растяжения, находят нагрузку P . Жесткость тканей определяют по формуле:

$$D = \frac{P_l}{\varepsilon_l}, \quad (3.2)$$

где ε_l - деформация образцов, % ($\varepsilon_l = 0,75 \Delta l_p / l \cdot 100$).

Для характеристики дублированных тканей для наружных деталей верха обуви используют нагрузку, вызывающую удлинение образцов на 5 и 10% [53].

Для трикотажных полотен по ГОСТ 8847-85 определяют растяжимость. Растяжимость P при нагрузках, меньше разрывных, определяется отношением удлинения элементарной пробы l_n при приложении к ней нагрузки в 6 Н к половине ее начального периметра P_o , выраженное в процентах, и вычисляют по формуле

$$P = \frac{l_n}{P_o} \cdot 100 \quad (3.3)$$

Для проведения испытания готовят элементарную пробу размером $50 \times 220 \pm 1$ мм. Элементарные пробы сшивают швами, выполненными строчками трехниточного краеобметочного стежка с числом стежков 20-22 на 50 мм строчки в виде кольца периметром 200 ± 1 мм.

Испытание проводят на приборе ПР-2 или ПР-3 (рис.3.1).

Растяжение на приборе осуществляется с помощью двух рычагов: верхнего 1 и нижнего 2, перемещающихся по винту 4.

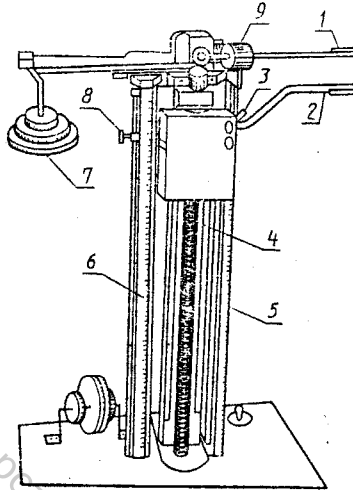


Рис. 3.1 Схема прибора ПР-2.

Верхний рычаг имеет в центре ось вращения и приводится в равновесие при нулевой нагрузке противовесом 9. На другом конце рычага имеется держатель основного груза 7, при котором осуществляется растяжение.

На концы рычагов надевают лапки (длиной 50 мм), на котором помещают элементарную пробу, сшитую кольцом.

Нижний рычаг прибора, перемещаясь по червяку вниз, производит растяжение элементарной пробы. Когда момент силы сопротивления растяжению элементарной пробы будет равен моменту силы, создаваемому грузом на левом конце верхнего рычага, растяжение автоматически прекращается с помощью контакта. Нижний рычаг снабжен стрелкой 3, показывающей на шкале 6 удлинение элементарной пробы.

Начальное растяжение между рычагами устанавливается на шкале и поддерживается в процессе испытаний с помощью ограничителя и электрического контакта.

В работах Соловьева А.Н. [52, 54] жесткость трикотажных и нетканых

материалов предложено оценивать такими показателями как начальный модуль жёсткости E_{T1} , текущий модуль жёсткости E_T и текущий конечный модуль жёсткости E_{TK} . Эти же показатели используются и для оценки жесткости тканей.

Начальный модуль жёсткости E_{T1} характеризует напряжение, которое необходимо для растяжения образца на 1%. Его определяют по диаграмме растяжения или по формуле

$$E_{T1} = \frac{k\sigma_p}{\varepsilon_p^k}, \quad (3.4)$$

где σ_p - напряжение в момент разрыва, мкПа;

ε_p - удлинение в момент разрыва, %;

k - показатель жёсткости, определяющий характер диаграммы растяжения:

$$k = \frac{(1-\eta)}{\eta}, \quad (3.5)$$

где η - коэффициент полноты диаграммы растяжения.

Текущий модуль жёсткости, характеризующий сопротивляемость растяжению при любой величине удлинения ε , определяется по формуле

$$E_T = kE_1\varepsilon^{k-1} = \frac{1-\eta}{\eta} E_1 \cdot \varepsilon \frac{1-2\eta}{\eta}. \quad (3.6)$$

Конечную жёсткость материала рекомендуется оценивать по текущему конечному модулю E_{TK} в момент разрыва, вычисляемому при $\varepsilon = \varepsilon_p$. Текущий конечный модуль в момент разрыва:

$$E_{TK} = kE_1\varepsilon_p^{k-1} = \frac{k \cdot \sigma_p}{\varepsilon_p}. \quad (3.7)$$

Кобляковым А.И. и Ароновой Е.И. проводилось исследование жесткости трикотажных полотен [55].

В таблице 3.2 приведены результаты исследования.

Таблица 3.2

Характеристики жесткости трикотажных полотен

Артикул	Вид переплетения	Показатель конечной жесткости		Начальный модуль жесткости г/мм ² .	
		по длине	по ширине	по длине	по ширине
37	трико-сукно	2,34	1,94	$0,52 \cdot 10^{-3}$	$0,46 \cdot 10^{-3}$
111	интерлок	2,45	4,89	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$0,34 \cdot 10^{-11}$
29	интерлок	1,73	3,00	$0,52 \cdot 10^{-2}$	$0,95 \cdot 10^{-6}$
6	гладь	2,71	3,16	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,26 \cdot 10^{-7}$
-	трико с утком	1,63	3,54	$1,38 \cdot 10^{-2}$	$0,42 \cdot 10^{-4}$
-	цепочка с утком	2,12	2,88	$0,24 \cdot 10^{-2}$	$0,56 \cdot 10^{-4}$

Но сравнивая углы наклона кривых деформации растяжения образцов трикотажных полотен и показатель начального модуля жесткости, исследователи не нашли полного качественного совпадения. Показатель конечной жесткости k ($k = \frac{l - \eta}{\eta}$) не позволяет судить о жесткости при растяжении, а дает представление о характере кривой деформации и о степени нарастания усилия при их растяжении.

Учитывая это, предлагается оценивать податливость трикотажных полотен. Степень податливости трикотажных полотен может быть выражена характеристиками типа модуля или условными величинами растяжимости.

Абсолютный модуль растяжимости может быть определен:

$$C_6 = \frac{l}{\sigma}, \quad (3.8)$$

где l - удлинение, мм;

σ - напряжение, кг/мм².

Но это величина непостоянна и поэтому вводится начальная растяжимость. Начальная растяжимость $R_{0,1}$ — это величина относительного удлинения трикотажных полотен при напряжении 1 МПа.

В зависимости от величины начальной растяжимости $R_{0,1}$ трикотажные полотна можно разделить на малорастягивающиеся ($R_{0,1} < 10\%$), обладающие средней растяжимостью ($R_{0,1} = 10-20\%$) и большой ($R_{0,1} > 20\%$).

В тоже время Соловьев А.Н. считает, что утверждение Коблякова А.И. и Ароновой Е.И. о том, что целесообразно оценивать сопротивление трикотажного полотна не показателем жесткости, а обратной характеристикой - растяжимостью - неправильно [56], т.к. растяжимость $R_{0,1}$ также, как и начальная растяжимость (начальное распрямление) Z , характеризуют не жесткость, а саму растяжимость в начальной зоне деформации.

Для трикотажных полотен при растяжении образца на 1 % напряжение усилия близко к 0. Поэтому начальный модуль жесткости определять не целесообразно. Первую зону лучше оценивать величиной "начальное распрямления" Z , после превышения которой только начинается проявляться жесткость трикотажа.

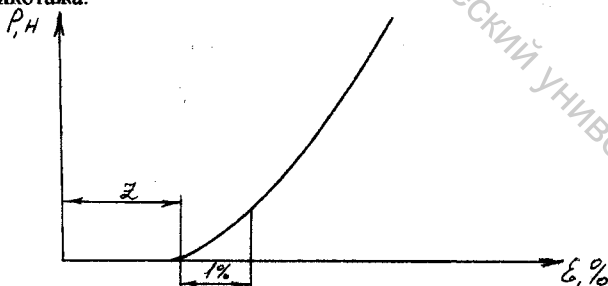


Рис. 3.2 Кривая растяжения трикотажных полотен.

Учитывая, что текстильные материалы как и натуральные и искусственные кожи не подчиняются закону Гука, их жесткость в процессе растяжения изменяется. Исследование [9] изменения жесткости в процессе

растяжения показали, что у всех текстильных подкладочных и межподкладочных материалов с ростом относительного удлинения жёсткость увеличивается (см. рис. 3.3). Исключение составляет нетканое иглопробивное полотно с термпокрытием, у которого жёсткость в процессе растяжения снижается.

Однако есть существенные различия в самом характере изменения жёсткости. Например, у бязи и термобязи жёсткость по основе и по утку возрастает резко, а у образцов, выкроенных в диагональном направлении, - плавно. У подкладочной ткани "Заря" наблюдается резкое возрастание жёсткости при растяжении образцов, выкроенных по основе, а по утку и в диагональном направлении жёсткость увеличивается плавно. У трикотажа резкое увеличение жёсткости наблюдается при растяжении образцов, выкроенных вдоль петельных столбиков.

Различие в характере изменения жёсткости у различных материалов определяется особенностями их структуры.

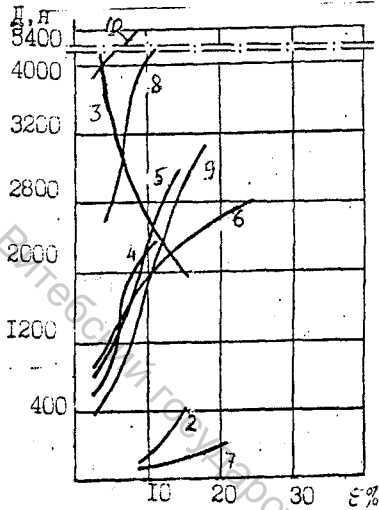
Данные экспериментальных исследований текстильных материалов приведены в табл. 3.3.

Как видно из таблицы, все подкладочные и межподкладочные материалы обладают значительной анизотропией жёсткости при одноосном растяжении. У большинства текстильных материалов жёсткость по основе больше, чем по утку. Исключение составляет бязь и ткань арт. 7322, у которых жёсткость по утку больше, чем по основе, так как нити утка толще, чем нити основы.

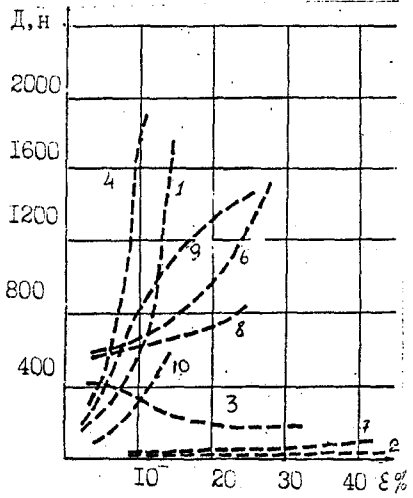
Минимальная жёсткость у текстильных материалов наблюдается при растяжении образцов, выкроенных в диагональном направлении, причём эта жёсткость в 6-20 раз меньше по сравнению с жёсткостью образцов, выкроенных по основе. Это объясняется тем, что при растяжении в диагональном направлении удлинение ткани происходит в основном за счет изменения

Жёсткость текстильных материалов при одноосном растяжении

Наименование материала	Направление раскря, град	Жёсткость Д, Н		Модуль текущей конечной жёсткости, Е _{т.к.} , мкПа
		при $\epsilon = 10\%$	при $\epsilon = 0,75\epsilon_p$	
Ткань межподкладочная арт. 7322	0	181	450	1,025
	45	26	102	0,530
	90	1263	1474	3,350
Трикотаж межподкладочный экспериментальный	0	105	499	0,835
	45	26	108	0,430
	90	7	19	0,397
Текстильный материал	0	1417	1349	1,214
	45	442	331	0,616
	90	286	141	0,583
Ткань суровая арт. 1118	0	1341	1527	3,070
	45	78	309	1,020
	90	1841	1607	2,933
Термобязь арт. 4028	0	1300	1361	2,470
	45	39	121	1,023
	90	468	554	0,886
Тик-саржа арт. 4325	0	1262	1374	1,316
	45	184	759	1,180
	90	1104	1221	0,971
Трикотаж подкладочный экспериментальный	0	78	294	0,274
	45	26	118	0,261
	90	10	84	0,250
Ткань подкладочная экспериментальная	0	1049	1290	1,106
	45	107	400	0,607
	90	702	1026	0,803
Тик-саржа арт. 4330	0	1472	1659	1,159
	45	65	230	0,408
	90	775	841	0,804
Ткань "Заря" арт. 4275	0	2682	2545	1,268
	45	65	168	0,317
	90	156	417	0,904



а



б

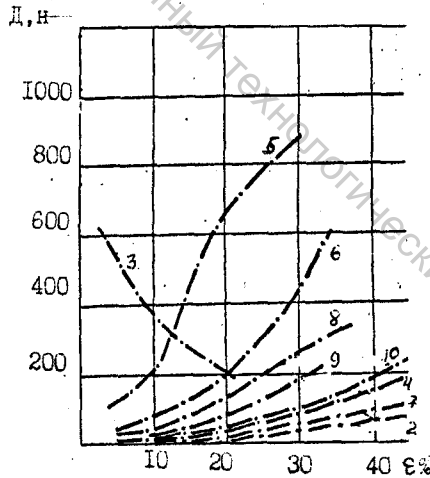


Рис. 3.3 Изменение жесткости текстильных материалов для подкладки и межподкладки обуви при одноосном растяжении: а - направление раскроя 0° , б - 90° , в - 45° . 1 - ткань межподкладочная арт. 7322, 2 - трикотаж межподкладочный, 3 - нетканый межподкладочный материал, 4 - бязь, 5 - термобязь, 6 - тик-саржа, 7 - трикотаж подкладочный, 8 - ткань подкладочная экспериментальная, 9 - тик-саржа арт. 4325, 10 - "Заря"

геометрии структуры, а не за счет растяжения нитей.

В отличие от тканей у трикотажных и нетканых материалов минимальная жёсткость наблюдается при растяжении образцов, выкроенных поперек рулона.

Анализ данных табл. 3.3 показывает, что жёсткость тканей при растяжении как в продольном так и в поперечном направлении гораздо выше жёсткости трикотажных полотен. Так, жёсткость подкладочной ткани “Заря” при растяжении в продольном направлении в 33 раза больше жёсткости трикотажной подкладки.

При оценке жёсткости текстильных материалов при помощи модуля текущей конечной жёсткости наименьшее значение этого показателя наблюдается у нетканого межподкладочного материала как в продольном, так и в поперечном направлении. У трикотажных полотен он несколько выше и самое большое значение он имеет у бязи.

3.2. Жесткость текстильных материалов при двухосном растяжении

Для текстильных материалов определение жесткости при двухосном растяжении не стандартизировано. В исследовательских работах эти методы определения жесткости текстильных материалов нашли широкое применение.

Так в работе [9] наряду с жесткостью натуральных кож проводилось исследование текстильных материалов при двухосном симметричном растяжении и растяжении сферическим пуансоном. Жесткость определялась по формуле

$$D = \frac{P_1}{\varepsilon_1} \cdot 100 \quad (3.9)$$

где P_1 - нагрузка в Н, при определенной величине деформации ε_1 , %.

При этом деформация при двухосном симметричном растяжении определялась по таблице или графиками [10], а при растяжении сферическим

пуансоном по формуле

$$\varepsilon = \left[\frac{\pi}{2} \frac{h}{R} - 2 \arctg \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] 100, \quad (3.10)$$

где ε - относительное удлинение по меридиану, %;

R - радиус полусферы, мм;

h - высота подъема пуансона, мм.

На рис. 3.4 показано изменение жёсткости текстильных материалов в процессе двухосного симметричного растяжения. Анализ кривых изменения жёсткости показывает, что у большинства тканей идет возрастание жёсткости до $\varepsilon = 4-7\%$, а затем её резкое уменьшение. У нетканого материала жёсткость в процессе растяжения возрастает. У трикотажных материалов жёсткость на начальной стадии растяжения плавно возрастает, а затем остается практически постоянной.

Что касается тканей, то они ведут себя по-разному в отличие от двухосного симметричного растяжения. Так, жёсткость бязи, "Зари", тик-саржи арт. 4325 резко возрастает до удлинения 4-8%, а затем плавно уменьшается. Жёсткость же тик-саржи арт. 4330, термобязи, экспериментальной ткани в процессе растяжения резко возрастает.

У нетканого материала жёсткость вначале уменьшается, а затем остается практически постоянной.

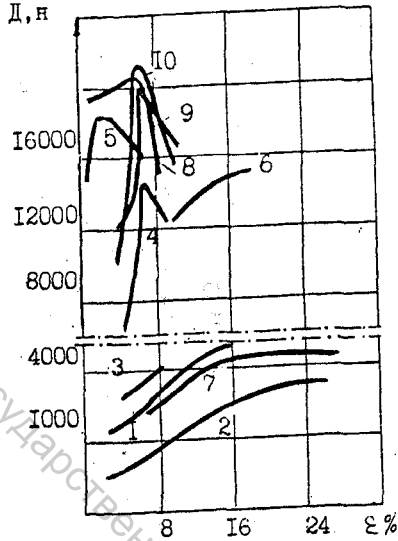
У трикотажных материалов наблюдается плавное нарастание жёсткости в процессе растяжения.

Данные исследования текстильных материалов при двухосном растяжении представлены в таблице 3.4.

Анализ данных показывает, что жёсткость всех текстильных материалов при двухосном симметричном растяжении в 1,5-8 раз выше, чем при двухосном растяжении сферическим пуансоном, и в 2-10 раз выше по сравнению с максимальным значением жёсткости при одноосном растяжении. Причем, если

Жёсткость текстильных материалов при двухосном растяжении

Наименование материала	Жёсткость при двухосном симметрич- ном растяжении D, H		Жёсткость при двухосном растяжении сферическим пуансоном D, H	
	при $\epsilon = 10\%$	при $\epsilon = 0,75\epsilon_p$	при $\epsilon = 10\%$	при $\epsilon = 0,75\epsilon_p$
Бязь суровая арт. 1118	11052	9824	4789	3765
Термобязь арт. 4028	12500	12500	5484	4113
Ткань межподкладочная арт. 7322	2438	4532	1228	2068
Нетканый материал с термопокрытием	3842	3614	2509	1882
Трикотаж межподкладочный экспери- ментальный	1700	2132	1324	1453
Ткань "Заря" арт. 4275	13816	12100	3855	3848
Тик-саржа арт. 4330	15340	11280	1941	2297
Тик-саржа арт. 4325	14246	12576	1890	1876
Трикотаж подкладочный экспери- ментальный	736	2772	440	682
Ткань подкладочная экспериментальная	4473	6822	1263	1315



а.

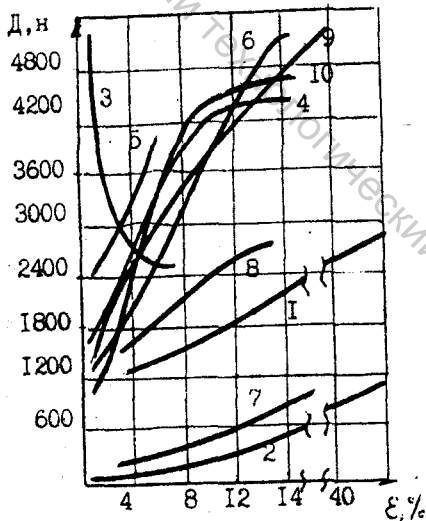


Рис. 3.4 Изменение жесткости текстильных материалов для подкладки и межподкладки обуви при двухосном растяжении а - при двухосном симметричном, б- при растяжении сферическим пуансоном. 1-ткань арт. 7322, 2- трикотаж межподкладочный, 3-нетканый материал, 4-бязь, 5-термобязь, 6-тик-саржа, 7-трикотаж подкладочный, 8-ткань экспериментальная, 9-тик-саржа арт.4322, 10-"Заря"

у нетканого материала, межподкладочной ткани арт. 7322 и подкладочной экспериментальной ткани жёсткость при двухосном симметричном растяжении увеличилась по сравнению с одноосным где-то в 2,0-2,5 раза, то у остальных тканей и трикотажных полотен - в 5-10 раз.

Распределение материалов по степени жёсткости при двухосном симметричном растяжении и растяжении полусферой отличаются. Так, при двухосном симметричном растяжении при $\epsilon = 10\%$ наибольшей жёсткостью обладает тик-саржа арт. 4330, наименьшей - подкладочный трикотаж, а при растяжении сферическим пуансоном наибольшая жёсткость отмечается у термобязи, а наименьшая у трикотажа межподкладочного.

Таким образом, градация текстильных материалов по степени жёсткости также, как и материалов наружных деталей верха, отличается при использовании для оценки жёсткости различных показателей.

В работе [57] предложена методика определения цилиндрической жесткости изотропных текстильных материалов. Для определения цилиндрической жесткости разработан прибор ПКХМ-1, который представляет собой стол, ширина которого больше ширины материала, снабженный рядом калиброванных отверстий. По траверсе перемещается и устанавливается соосно с отверстием в столе индикатор часового типа, который прижимается к ткани грузом. Измеряется прогиб ткани и сравнивается с эталоном. Эта методика пригодна только при исследовании изотропных материалов, для анизотропных материалов дополнительно к цилиндрической жесткости необходимо измерить поперечную изгибающую жесткость.

3.3. Жесткость текстильных материалов при изгибе

Жесткость при изгибе в обычной трактовке теории упругости представляет собой коэффициент пропорциональности между изгибающим моментом и кривизной продольной оси тела, т.е. упругое сопротивление

изменению формы при изгибе.

В приложении к текстильным материалам, имеющим, кроме упругого, эластический компонент деформации, понятие жесткости условно.

Жесткость при изгибе D , $\text{сн} \cdot \text{см}^2$ определяют по формуле

$$D = EI, \quad (3.11)$$

где E - модуль продольной упругости, $\text{сн} / \text{см}^2$;

I - момент инерции относительно нейтральной оси, см^4 .

Для оценки жёсткости текстильных материалов обычно измеряют величины, связанные с деформацией изгиба, или изгибающий момент. В первом случае используются различные гибкометры, во втором - флексометры.

По ГОСТ 10550-75 [58] испытание проводится на гибкометре ПТ-2 (рис. 3.5).

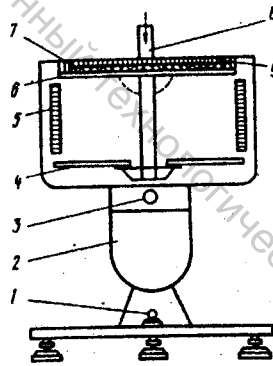


Рис. 3.5 Схема прибора ПТ-2.

Жёсткость ($E I$), $\text{мкн} \cdot \text{м}^2$, по консольному методу вычисляют раздельно по продольному и поперечному направлению:

$$EI = 42046 \frac{m}{A}, \quad (3.12)$$

где

m -

масса пяти пробных полосок, г;

III

A - функция относительного прогиба (f_0), определяемая по таблице 3.5.

Относительный прогиб f_0 вычисляется по формуле

$$f_0 = \frac{\bar{f}}{l} = \frac{\bar{f}}{7}, \quad (3.13)$$

где \bar{f} - окончательный прогиб пробных полосок;

l - длина свисающих концов пробных полосок, равная 0,07 м.

Коэффициент жёсткости (K_E) определяют отношением жёсткости в продольном направлении к жёсткости материала в поперечном направлении:

$$K_E = \frac{E_{\text{прод}}}{E_{\text{попер}}}. \quad (3.14)$$

Жёсткость хлопчатобумажных тканей составляет 60-200 мН·см², а шерстяных 200-600 мН·см² [4].

В качестве характеристик при методах испытания текстильных материалов, описанных выше, часто используют: при постоянной длине полоски и негоризонтальном расположении зажима - расстояние от зажима до свободного конца полоски (рис. 3.6 а); при постоянной длине полоски и горизонтальном зажиме - стрелу прогиба; при постоянной стреле прогиба - переменную длину полоски, при которой эта стрела прогиба достигается. Подобные характеристики лишь приближенно оценивают изгиб.

Ф. Пирсом [52] была сделана попытка на их основе с учетом массы полоски вычислить изгибающий момент M , мг·см, по формуле

$$M = 10^3 WC^3, \quad (3.15)$$

где W - масса 1 см² ткани, мг;

$$C = L^3 \sqrt{\frac{\cos 0,5\theta}{81q\theta}}, \quad (3.16)$$

Зависимость функции А от прогиба f_0

f_0	A	f_0	A	f_0	A	f_0	A
0,01	0,08	0,26	2,22	0,51	5,28	0,76	13,34
0,02	0,16	0,27	2,32	0,52	5,44	0,77	14,04
0,03	0,24	0,28	2,41	0,53	5,62	0,78	14,79
0,04	0,32	0,29	0,51	0,54	5,79	0,79	15,63
0,05	0,4	0,3	2,6	0,55	5,97	0,80	16,57
0,06	0,48	0,31	2,7	0,56	6,15	0,81	17,65
0,07	0,56	0,32	2,8	0,57	6,34	0,82	18,92
0,08	0,64	0,33	2,9	0,58	6,54	0,83	20,43
0,09	0,72	0,34	3,0	0,59	6,74	0,84	22,26
0,10	0,8	0,35	3,1	0,60	6,96	0,85	24,53
0,11	0,88	0,36	3,21	0,61	7,18	0,86	27,35
0,12	0,96	0,37	3,31	0,62	7,42	0,87	30,92
0,13	1,04	0,38	3,48	0,63	7,66	0,88	35,43
0,14	1,12	0,39	3,54	0,64	7,95	0,89	41,17
0,15	1,21	0,4	3,66	0,65	8,24	0,9	48,46
0,16	1,29	0,41	3,79	0,66	8,56	0,91	57,7
0,17	1,38	0,42	3,92	0,67	8,9	0,92	69,4
0,18	1,47	0,43	4,04	0,68	9,27	0,93	84,14
0,19	1,56	0,44	4,19	0,69	9,66	0,94	102,16
0,20	1,66	0,45	4,34	0,70	10,08	0,95	125,81
0,21	1,75	0,46	4,49	0,71	10,54	0,96	154,6
0,22	1,84	0,47	4,64	0,72	11,08	0,97	190,24
0,23	1,94	0,48	4,79	0,73	11,55	0,98	234,14
0,24	2,03	0,49	4,95	0,74	12,1	0,99	288,0
0,25	2,13	0,50	5,11	0,75	12,7	-	-

где L - длина свешивающейся части полоски;

θ - угол между горизонталью и наклонной плоскостью, которой касается полоска.

Следует ответить, что в английской литературе M обычно называют жесткостью при изгибе.

Целью работы [59] являлось исследование возможности использования стандартного метода оценки жесткости тканей при изгибе для нетканых изделий. При этом были выявлены существенные недостатки в расчете показателя жесткости $E I$, что вызвало необходимость рекомендовать иной метод оценки жесткости нетканых изделий.

Аналитический расчет характеристики жесткости $E I$, вошедший в ГОСТ 10550-63, основан на приближенном решении уравнения упругой линии и использовании линейной зависимости изгибающего момента от кривизны. Однако эта зависимость не всегда линейна. Поэтому рекомендуемый в стандарте показатель жесткости $E I$ является условным и недостаточно точным. Его определяют по формуле

$$EI = \frac{gL^3}{A}, \quad (3.17)$$

где g - вес образца, мг/см;

L - длина свисающей части образца, см;

A - показатель гибкости, зависящий от относительной стрелы прогиба

$$f_0 = f/L;$$

f - стрела прогиба, см.

Таблица значений коэффициента A ограничена в стандарте изменением относительной стрелы прогиба $0 \leq f_0 \leq 0,65$. Это ограничение привело к тому, что различные ткани испытываются при разной длине образца, что ставит испытываемые полотна в неодинаковые условия.

Проверка решения дифференциального уравнения упругой линии для

определения значений коэффициента A была проведена на ЭЦВМ БЭСМ -4. Использовалась стандартная программа решения систем линейных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты. В ходе решения задачи значения A вычислялись для неравномерных интервалов f_0 , а затем интерполированием методом парабол была получена таблица для всего возможного диапазона изменения f_0 ($0 \leq f_0 < 1$) с равномерным интервалом 0,01 величины f_0 .

По ГОСТу 10550-63 ткани малой жесткости имеют $f_0 > 0,65$, что не позволяет вычислять показатель жесткости EI . Поэтому стандарт рекомендует укорачивание образца для получения значений $f_0 \leq 0,65$. В итоге ткани различной жесткости иногда приходится оценивать при разной длине образца, что затрудняет правильную оценку, а иногда делает ее невозможной. В связи с этим была разработана новая методика оценки жесткости нетканых полотен, в основу которой положено построение графика градиента жесткости $f_0 = F(L)$, характеризующего зависимость относительной стрелы прогиба f_0 от длины свисающей части образца L . По этому графику определяют длину $L_{0,5}$, соответствующую постоянной относительной стреле прогиба $f_0 = 0,5$, являющейся основной характеристикой жесткости. Для краткости назовем величину $L_{0,5}$ длиной жесткости. Ее величина определяется непосредственно из эксперимента и не связана с приближенными аналитическими расчетами.

Для измерения стрелы прогиба образца на гибкомере заготавливается по пять полосок в продольном и поперечном направлениях шириной 25 и длиной 260 мм для прошивных полотен и длиной 400 мм - для клеенных. Начальная длина L_0 образцов должна обеспечить получение относительной стрелы прогиба $f_0 \geq 0,60$. Образцы размечаются с обоих концов через каждые 10 мм в десяти точках для их дальнейшего укорачивания.

Величину f вначале определяют для максимальной свисающей длины L , а затем после срезания концов образца для более коротких длин. Величина L

укорачивается последовательно на 1 см. с каждого конца для прошивных полотен от 12 до 2 см., а для клеенных полотен от 19 до 9 см. Далее для каждого значения L подсчитывают величину f_0 и строят график зависимости $L - F(f_0)$.

На рис. 3.6 приведены кривые градиента жесткости $L = F(f_0)$ различных нетканых полотен.

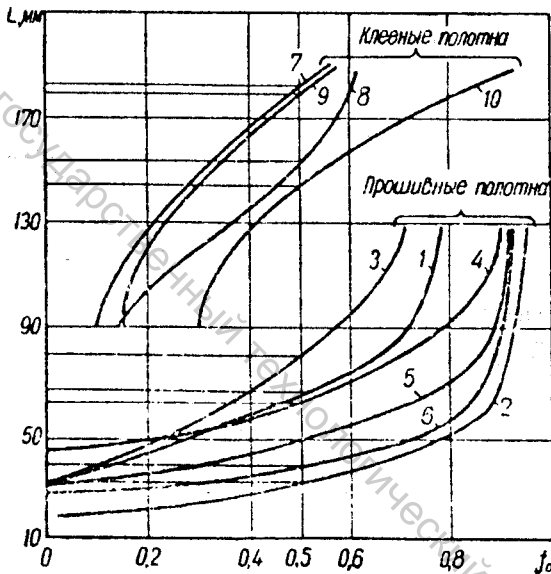


Рис. 3.6 Графики градиента жесткости $L=F(f_0)$ нетканых полотен при изгибе.

По градиентам определена длина жесткости $L_{0,5}$, а также дополнительные характеристики: показатель жесткости EI и условный модуль изгиба E - по формулам

$$EI = 0,196gL_{0,5}^3, \quad (3.18)$$

где g - вес образца, мГ/см;

L - длина жесткости, см;

$0,196 = 1/A$, $A = 5,11$ при $f_0 = 0,50$

$$E = \frac{12(EI)}{bh^3} \cdot 10^{-8}, \quad (3.19)$$

где b - ширина полоски, см;

h - толщина полоски, см.

В таблице 3.6 приведены значения различных характеристик жесткости трех прошивных полотен.

Таблица 3.6

Жесткость нетканых полотен

Вариант	Направление испытания	Длина жесткости $L_{0,5}$, мм.	Условная жесткость EI , [мГ·см ²]	
			по формуле 3.18	по ГОСТу 10550-63 формула 3.17
1	Продольное	65	3920	2135
	Поперечное	72	5100	3048
2	Продольное	31	736	229
	Поперечное	30	669	122
3	Продольное	33	515	288
	Поперечное	30	354	66

Аналогичный принцип определения жёсткости текстильных материалов применяется в стандартах 191A/5202-78 (США) [60], ANSI/ASTM D 1388-64 (1975) (IULCS) [61], TGL 16-650551/02-79 (Германия) [62].

По стандарту США 191A/5202-78 применяются образцы размером 50 x 25 мм. Испытывают по 10 образцов в направлении основы и утка из каждой пробы. Изгибающий момент (дюйм/фунт) определяют при изгибе образца на 60° (рис.3.7).

По стандарту TGL 16-650551/02-79 (Германия) размеры образцов зависят от жёсткости оцениваемой пробы: длина 200 мм - при длине провисания ≤ 100 мм и 450 мм - при длине провисания > 100 мм, ширина $20 \pm 1,0$ мм. Образец в

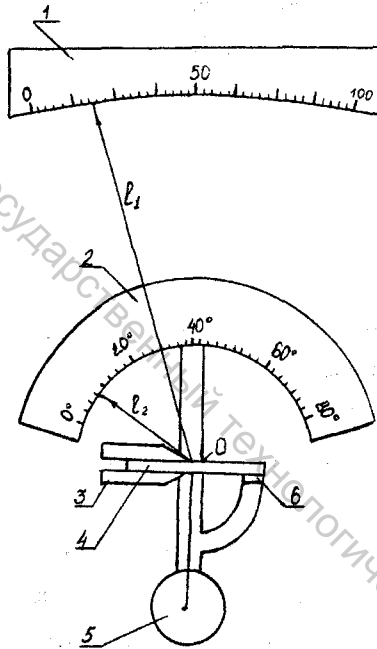


Рис. 3.7 Прибор для определения жесткости ткани на изгиб на кронштейне: 1-шкала нагрузки, 2- шкала с обозначением угла изгиба, 3-зажимы, 4-образец, 5- груз, 6-пластина, O- центр изгиба

виде полоски накладывают на пластину прибора и нагружают передвижной линейкой. Затем образец вместе с линейкой передвигается по направляющей до тех пор, пока конец свисающей части образца, изгибающийся под собственной массой, не достигнет линии визира, находящейся под углом 43° , определяя при этом длину. Скорость передвижения линейки 20 мм/с.

Жесткость при изгибе вычисляется по формуле

$$D = F_{\partial a} \frac{l^3}{8} 10^{-6}, \quad (3.20)$$

где $F_{\partial a}$ - сила тяжести образца.

$$F_{\partial a} = m_a \partial l 10^{-3}, \quad (\text{н/м}^2) \quad (3.21)$$

где m_a - поверхностная плотность образца,

∂ - ускорение свободного падения,

l - длина провисания.

В стандарте ANSI/ASTM Д 1388-64 (1975) дается описание двух методов определения жесткости текстильных материалов: с помощью кронштейна и сердцевидной петли.

Метод испытания с помощью кронштейна проще по исполнению, однако он не подходит для испытания очень мягких тканей, имеющих тенденцию к свертыванию и скручиванию по срезанному краю. Для таких тканей применяется метод сердцевидной петли.

Метод испытания текстильных материалов с помощью кронштейна аналогичен вышеизложенным методам определения жесткости. Отличается эта методика углом изгиба материала. Длина проекции свисающего конца образца измеряется, когда угол изгиба равен $41,5^\circ$. Размер образцов - 25 x 150 мм.

Половина длины проекции свисающего конца образца при угле изгиба $41,5^\circ$ есть длина изгиба. Кубический корень этого значения длины, умноженный на массу и деленный на общую площадь рабочей части образца, есть сопротивление изгибу.

При определении жёсткости материалов по второму методу полоске материала придается форма сердцевидной петли и измеряется длина этой петли в вертикальном висящем положении под действием собственной массы (рис.3.8). Длина образца для испытания по методу сердцевидной петли подбирается в ходе проведения исследования. Ширина образцов для материалов со слабой тенденцией к сворачиванию около 250 мм. По мере роста тенденции к сворачиванию ширина полоски должна быть увеличена. Однако ширина полоски не должна быть выше 750 мм. По таблице, приведенной в стандарте, определяют жёсткость материалов при изгибе в зависимости от длины петли.

Аналогичные испытания материалов проводят по стандарту США 191A/5200 (США) [63]. Этот метод приемлем там, где испытываются материалы в экстремальных условиях, а также при обычной температуре. Размер образцов 254 x 25 мм.

Плоский металлический стержень толщиной 3 мм, шириной 19 мм, длиной 318 мм устанавливается на высоте 305 мм над поверхностью опоры. Образец закрепляется на стержне в виде петли (рис. 3.8). При определении жёсткости измеряется расстояние от вершины планки до нижней точки петли спустя 1 мин. после того, как образец был закреплен в этой позиции. Половина требуемого количества образцов испытывается лицевой поверхностью наружу, изнаночная - внутрь. Определяется жёсткость пробы как среднее арифметическое результатов, полученных при испытаниях.

По ГОСТ 28790-90 (ИСО 5979-82) [64] определяют гибкость (жёсткость) тканей с резиновым или пластмассовым покрытием по методу плоской петли. Сущность этого метода заключается в образовании петли из прямоугольной полоски ткани с покрытием, лежащей на горизонтальной плоскости, соединением друг с другом двух концов полоски и прижатием этих концов к стальному бруском (рис.3.9). Жёсткость (гибкость) образца характеризуется

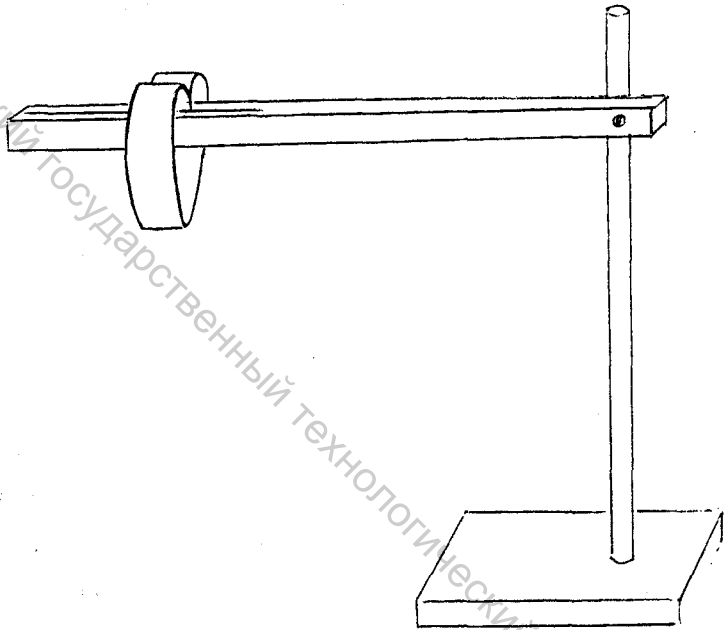


Рис. 3.8 Определение жесткости текстильных материалов по методу "сердцевидной петли"

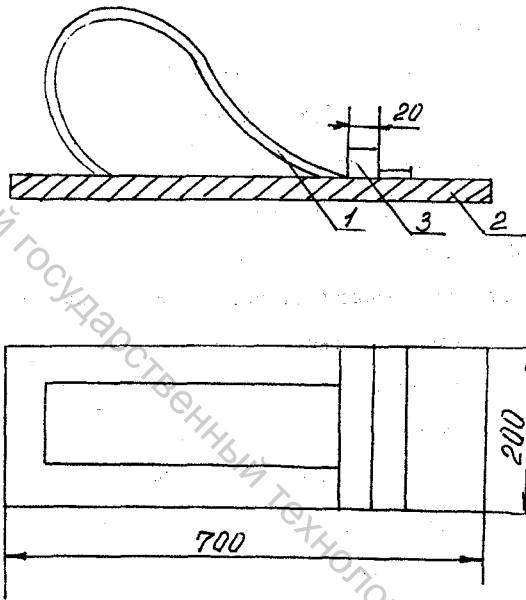


Рис. 3.9 Схема приспособления для определения жесткости материалов по ГОСТ 28790-90 (ИСО 5979-82).

высотой петли. Зависимость обратная, т.е. чем ниже высота петли, тем выше гибкость ткани. Размер образцов 600 x 100 мм.

Прибор И. Саксла (рис. 3.10 а) позволяет определять изгибающие моменты в зависимости от углов изгиба [19]. В этом приборе полоска испытуемого изделия 5 одним концом закреплена в зажиме 4, помещенном на оси 3. Поворачивая ось 3, изгибают полоску 5. Угол изгиба отмечается на шкале 1 стрелкой 2, закрепленной на оси. Другой конец полоски давит на площадку легкого рычага 6, вращающегося вокруг точки 7 и отмечающего другим концом 8 на шкале 9 усилие, передаваемое полоской. Зная усилие, определяют приближенно изгибающий момент. Недостаток метода заключается в том, что изгибающий момент зависит от массы полоски.

Наиболее совершенны приборы (флексометры), в которых влияние массы полоски на изгибающий момент устранено. К ним относятся приборы Г. Шифера, проф. Т. Эег-Ольфссона и др. [19]. Основу прибора Г Шифера (рис. 3.10 б) составляют две вертикально расположенные пластины, к концам которых крепят полоску испытуемого изделия 3. Пластина 2 неподвижна, пластина 5 может поворачиваться вокруг вертикальной оси 4. Поворачивая подвижную пластину, изгибают полоску. Угол изгиба отмечается по шкале (на схеме не показана). Усилие требующееся для изгиба полоски, определяется с помощью пружины 1, одним концом закрепленной на оси 4, а другим - в неподвижной точке. Крутящий момент рассчитывают по углу скручивания пружины. Этот прибор позволяет определять и одноцикловые характеристики, так как после деформации до заданного угла изгиба и выдерживания полоски в изогнутом положении можно вновь уменьшить деформацию изгиба (увеличить угол между пластинами) и определять уменьшение крутящего момента при этом.

На практике применяют и другие характеристики деформации изгиба.

Примером может служить методика испытания текстильных материалов,

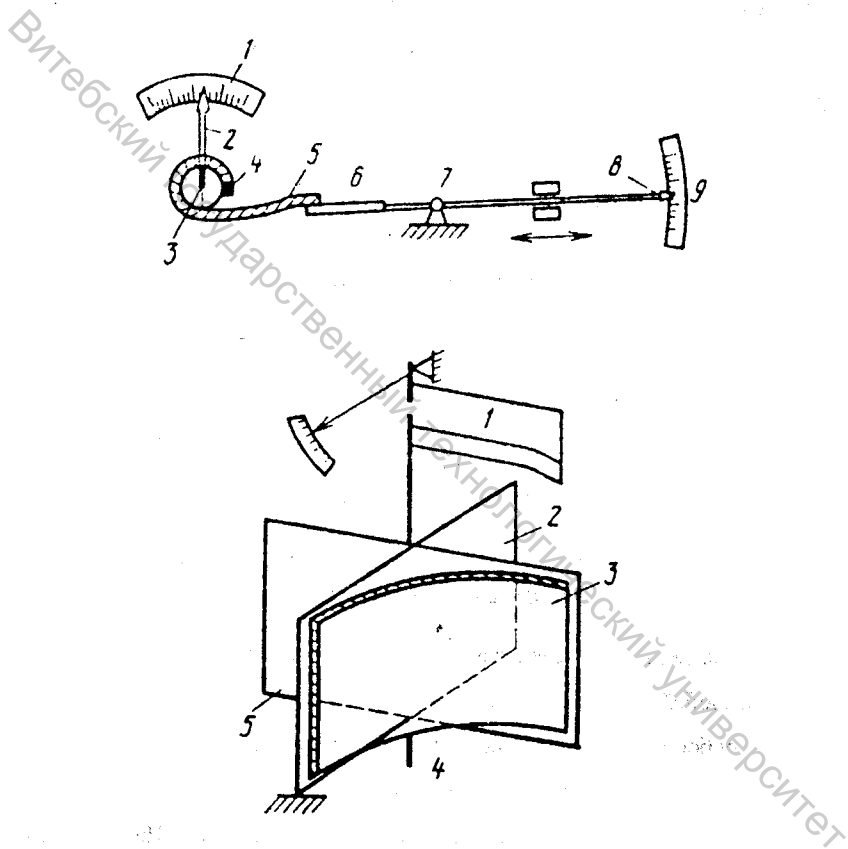


Рис. 3.10 Схемы приборов и методов для оценки изгиба текстильных полотен: а - для оценки изгибающих моментов; б - для оценки крутящих моментов.

предложенная профессором А.Н. Соловьевым [65]. По этой методике определяется изгибающий момент M и угловая работа изгиба. Размер образцов на флексометре 50 x 100 мм. Схема флексометра представлена на рис. (3.10 б).

В инструкция к флексометру рекомендуется для разных значений угла φ и изгибающего момента M_i строить диаграмму, $M_i = f(\varphi)$ или $M_i = f(\Delta\varphi)$ (рис. 3.11), а площадь F диаграммы ОВС пересчитывать на работу изгиба по формуле:

$$R_i = F_{xy} \quad (3.22)$$

где R - угловая работа изгиба, г · см · рад;

x - масштаб диаграмм по оси X , рад/см;

y - масштаб диаграмм по оси Y , рад/см.

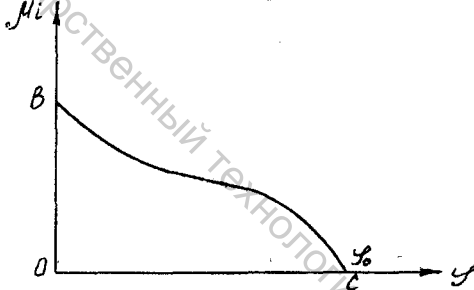


Рис. 3.11 График зависимости изгибающего момента от угла изгиба.

Проведенные исследования показали целесообразность испытания образцов любой жесткости с одним начальным углом изгиба $J_0 = 120^\circ$.

Прибором, в котором проба изгибается под действием сосредоточенной нагрузки, является продольный изгибатель ПИ, разработанный во МТИЛПе Б.А. Бузовым и В.Н. Пантелеевым (ГОСТ 12.4.090-80) [66]. На этом приборе определяется усилие, необходимое для продольного изгиба материала, а также работа, затрачиваемая при изгибе. Прибор ПИ обладает достаточно высокой чувствительностью и позволяет фиксировать изменение сопротивления материала продольному изгибу в зависимости от его волокнистого состава, вида переплетения, плотности.

Определение жесткости текстильных материалов методом кольца [26] на ПЖУ-12М или полукольца возможно лишь для дублированных материалов, используемых для наружных деталей верха.

В связи с тем, что жесткость текстильных материалов для подкладки и межподкладки невелика, и образцы не сохраняют форму кольца, при их исследовании использовались бумажные подложки тех же размеров, имеющие равномерную толщину и плотность [9]. Жесткость текстильных материалов определялась как разность между жесткостью системы “бумажная подложка + текстильный материал” и жесткостью бумажной подложки.

Данные экспериментальных исследований жесткости представлены в табл. 3.7. При этом следует отметить, что при испытании текстильных подкладочных и межподкладочных материалов на приборе ПЖУ-12М получается несколько искаженная информация за счет того, что фактически измеряется жесткость бумажной подложки, а не материала. Кроме того, на показатель жесткости влияет масса полоски испытуемого материала. Поэтому, значения жесткости различных текстильных материалов получаются в пределах ошибки опыта.

Исследования [9] жесткости текстильных материалов для подкладки и межподкладки в обуви различными методами показали, что метод консоли [58], широко используемый для одежных тканей, для испытуемых материалов также не подходит, так как невозможно измерить угол прогиба образцов по причине низкой их жесткости. Наиболее приемлемыми методами определения изгибной жесткости оказались методы сердцевинной и плоской петель [59, 63]. Для проведения исследования изгибной жесткости текстильных подкладочных и межподкладочных материалов был рекомендован метод плоской петли по ГОСТ 28790-90 (ИСО 5979-82) [64].

Для исследования жесткости применялись образцы прямоугольной формы размером 100 x 600 мм. Выкраивалось по 3 образца в направлении 0°,

Таблица 3.7

Жесткость текстильных материалов на изгиб (ПЖУ-12М)

№ п/п	Наименование материала	Жесткость Д,Н		
		направление раскроя, град.		
		0	45	90
1.	Ткань арт. 7322	0,0210	0,0168	0,0198
2.	Трикотаж подкладочный экспериментальный	0,0121	0,0116	0,0175
3.	Нетканый материал	0,0511	0,0390	0,0197
4.	Бязь суровая арт. 1118	0,0265	0,0187	0,0203
5.	Термобязь арт. 4028	0,0280	0,0198	0,0220
6.	Тик-саржа арт. 4330	0,0280	0,0170	0,0189
7.	Трикотаж подкладочный экспериментальный	0,0175	0,0148	0,0190
8.	Ткань подкладочная экспериментальная	0,0189	0,0148	0,0200
9.	Тик-саржа арт. 4325	0,0250	0,0198	0,0187
10.	Ткань "Заря" арт. 4216	0,0380	0,0240	0,0190

Таблица 3.8

Изгибная жесткость текстильных материалов (метод плоской петли)

№ п/п	Наименование материала	Жесткость $D_{пл}$, мм		
		направление раскроя, град.		
		0	45	90
1.	Бязь суровая арт. 1118	17,5	18,0	14,9
2.	Термобязь арт. 4028	14,5	15,5	11,0
3.	Ткань межподкладочная	15,5	14,0	13,2
4.	Нетканый материал	66,0	55,0	42,0
5.	Трикотаж межподкладочный экспериментальный	13,0	11,5	10,5
6.	Ткань "Заря" арт. 4216	28,0	24,0	21,5
7.	Тик-саржа арт. 4330	22,0	23,5	19,5
8.	Тик-саржа арт. 4325	21,0	21,5	16,5
9.	Трикотаж подкладочный экспериментальный	11,0	12,0	8,5
10.	Ткань подкладочная экспериментальная	20,0	21,5	16,0

45°, 90°. Один конец лежащего на горизонтальной плоскости образца укладывался на другой, чтобы образовалась плоская петля. На сведенные концы образца помещался стальной брусок. В таком положении образцы выдерживались в течение 5 минут, после чего измерялась линейкой максимальная высота h двух сторон петли относительно горизонтальной плоскости.

Данные испытаний текстильных подкладочных и межподкладочных материалов представлены в табл. 3.8.

Анализ данных показывает, что наибольшей изгибной жёсткостью обладает нетканый материал с термпокрытием, изгибная жёсткость тканей в 1,5-2,2 раза выше трикотажных материалов. Направление выкраивания образцов оказывает гораздо меньшее влияние на показатель изгибной жёсткости по сравнению с другими методами испытания.

4. ЖЕСТКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НИЗА ОБУВИ

Жесткость низа обуви определяет не только срок ее службы, но, в значительной степени, и удобство при эксплуатации, влияя на механику ходьбы и вызывая утомление стопы.

Считается, что подошва должна иметь минимальную жесткость, необходимую только для сохранения обувью формы и предохранения стопы от повреждения неровностями опоры. Жесткость обуви зависит от жесткости материалов, из которых изготовлены детали низа обуви, а в случае применения формованных подошв - от их конструктивных особенностей.

4.1 Жесткость натуральных кож.

Условный модуль жесткости и жесткость подошвенных и стелечных кож определяют по ГОСТ 938.11- 69, аналогично как для кож наружных деталей верха по формулам

$$E_y = \frac{\sigma}{\varepsilon} \cdot 100 \quad \text{и} \quad D = E_y \cdot F = \frac{P}{\varepsilon} 100, \quad (4.1)$$

где σ - предел прочности, $\sigma=10$ МПа;

ε - относительная деформация образца при напряжении 10 МПа, %;

P - нагрузка на испытуемый образец при напряжении 10 МПа.

Образцы выкраиваются в форме лопаточки с рабочим размером 10×50 мм.

Кожы для низа обуви имеют $E_y = 70 \div 100$ МПа. Жесткость кож для обуви составляет 2000 ÷ 4000 Н [4].

При действии нагрузки перпендикулярно плоскости материала наблюдается их сжатие. Данный вид деформации возникает в материалах, предназначенных для изготовления деталей низа обуви - подошв, каблучков, а также основной и вкладной стелек.

Одним из показателей, характеризующих свойства материалов при сжатии, является твердость.

Твердость (Н) характеризует сопротивление материала вдавливанию, что по определению является характеристикой жесткости при сжатии. Существуют относительный и абсолютный методы определения твердости. Относительный метод определения твердости заключается в измерении ее игольчатым твердомером ТМ-2 (Шора) и не пригоден для характеристики твердости материалов.

Абсолютным методом твердость определяют по ГОСТ 20403-75 на приборе ТШМ -2 (типа Пузеля-Джонса) [67]. При этом вдавливают в материал индентор (стальной шарик) постоянной силой 1 даН. Твердость рассчитывают по формуле

$$H = \frac{P}{\pi d \delta}, \quad (4.2)$$

где P - нагрузка Н;

d - диаметр шарика, мм;

δ - глубина вдавливания шарика, мм.

Испытание проводят на динамометре с применением приспособления, изображенного на рис. 4.1. Твердость кож для низа обуви определяют путем вдавливания стального шарика диаметром 10 мм на 1/3 толщины образца.

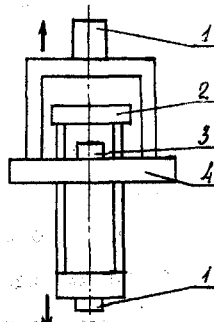


Рис. 4.1 Схема приспособления к разрывной машине для испытания материалов на сжатие.

Приспособление состоит из двух подвижных плоскопараллельных траверс: верхней 2 и нижней 4. Приспособление к тягам разрывной машины крепят с помощью двух хвостовиков 1. Образец 3 помещают в центре между траверсами.

Для испытаний из пробы кож вырезают три образца диаметром $35 \pm 0,1$ мм. Определяют толщину образца с погрешностью $\pm 0,1$ мм. Образцы устанавливают в центре между траверсами так, чтобы стальной шарик вдавливался по ее центру с лицевой стороны. Скорость вдавливания шарика 50 мм/мин.

Материалы, из которых изготавливаются детали низа обуви, в процессе эксплуатации подвергаются изгибу. Полуцикловой характеристикой поведения материалов при изгибе является жесткость.

Жесткость, устойчивость кожи к изгибу, для низа обуви, для рантов, а также на шорно-седельной и технической кожи определяют по РД 17-06-031-90, взамен ГОСТ 938.10-69 [68,69].

Показателем при изгибе кож для низа обуви является устойчивость A , Н/мм, характеризующая их сопротивление действию продольных сил:

$$A_n = \frac{P}{h}, \quad (4.4)$$

где P - нагрузка при изгибе в Н; h - толщина образца в мм.

Устойчивость к изгибу образца вычисляют в сухом и мокром состоянии. Устойчивость к изгибу мокрого образца вычисляют при нагрузке мокрого образца, отнесенной к толщине сухого образца.

Результатом определения считают среднее арифметическое из продольных и поперечных образцов.

Для испытания применяются по два образца прямоугольной формы шириной 25 мм и длиной 100 мм вдоль и поперек линии хребта. Для испытания образцов в мокром состоянии их в течение 1 часа выдерживают в дистиллированной воде при температуре $20 \pm 3^{\circ}$ С. Испытание проводят на

разрывной машине (рис. 4.2), в которую вмонтировано приспособление конструкции УкрНИИКП, работающее на продольный изгиб.

Верхний зажим 1 посредством направляющих 2 соединен с планкой, которая через стержень 5 закреплена в гнезде нижнего зажима разрывной машины. Нижний зажим 3 посредством направляющих 6 соединен с планкой, которая через стержень 7 закреплена в гнезде верхнего зажима разрывной машины.

К верхнему зажиму прикреплена шкала 4, при помощи которой устанавливают расстояние между зажимами. В сквозные разрезы зажимов вставляют образец. При включении прибора зажимы сближают на требуемое расстояние, в результате чего образец изгибается.

Нагрузка, необходимая для изгиба, фиксируется на шкале разрывной машины.

Образцы изгибают на 135° , для чего зажимы прибора сближают до расстояния 74 мм, т.е. равного начальной длине образца, умноженной на синус половины заданного угла:

$$80\text{мм} \times 0,922 = 74\text{мм}.$$

При испытании кожи по балки лежащей на двух опорах, фиксируют стрелу прогиба f при нагрузке P или нагрузку P при стреле прогиба f .

Характеристикой жесткости кожи является модуль упругости, Нм^2 , который вычисляют по формуле

$$E_u = \frac{1,92Pl^2}{h^3e}, \quad (4.3)$$

где P - максимальная нагрузка при изгибе, даН; l - расстояние между опорами, мм; h - средняя толщина образца мм; e - средняя ширина образца, мм

Для определения E_u жестких кож испытывают образцы шириной 30 мм. и длиной, превышающей толщину в 40 раз. Образцы вырубают вдоль и поперек линии хребта кожи, не менее трех для каждого направления.

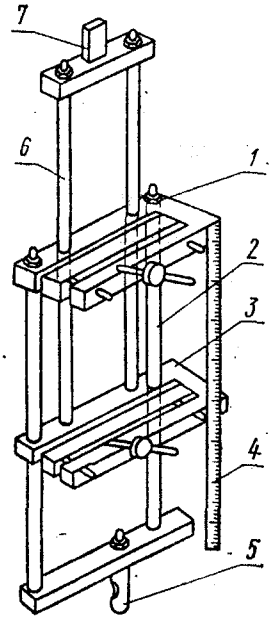
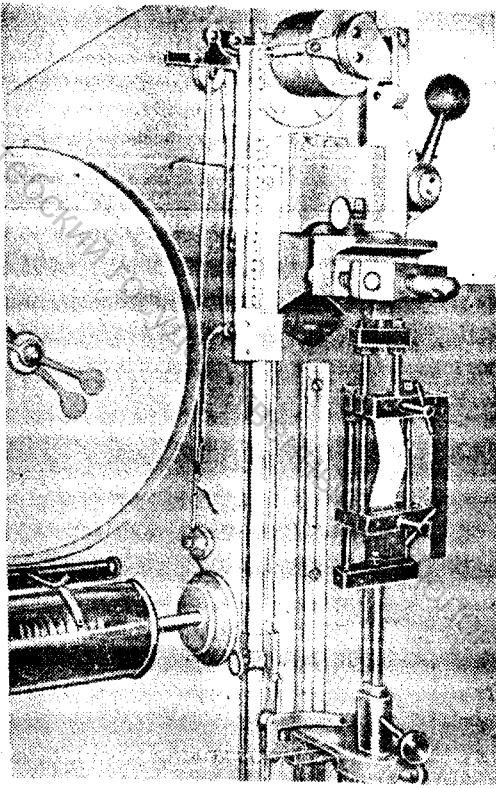


Рис. 4.2 Схема и общий вид прибора конструкции УКРНИИКП для определения жесткости кож для низа обуви при продольном изгибе

Для испытания применяют приспособление (рис. 4.3) к разрывной машине, состоящее из поддерживающей верхней 1 и нижней 6 изгибающей частей, в которой закреплен валик диаметром 10 мм. Верхняя часть имеет масштабную линейку 2 с двумя подвижными вилками 1, которые фиксируются винтиками. К нижним концам вилок прикреплены валики (опоры) диаметром 10 мм. Поддерживающая и изгибающая части имеют хвостовики 3 и 5, закрепляемые в зажимах разрывной машины. Приспособление регулируют так, чтобы расстояние между валиками в верхней части было равно 25-кратной толщине образца 4 при изгибе его на угол 90° плюс поправка 7 мм, учитывающая диаметр валиков.

Перед испытанием образец изгибают в каждую сторону 20 раз, а затем симметрично располагают на валиках в верхней части приспособления.

Испытание проводят при скорости движения нижнего зажима 100 ± 20 мм./мин. до тех пор, пока концы образцов не протянутся между валиками. Испытание проводят трижды, каждый раз изгибая образец лицевой поверхностью наружу и записывая диаграмму нагружения.

В ЦНИИКП [70] разработан прибор, с помощью которого можно проводить испытание на жесткость материалов деталей низа обуви, соединенных между собой теми же крепителями, что и в обуви, или отдельных деталей (рис. 4.4).

Для определения жесткости образец зажимают в верхних и нижних тисках губками 1 и пальцами 2. При этом необходимое расстояние между тисками определяется по шкале на дуге 3. Затем вынимают штифт 4 и устанавливают груз 5 на тарелку 6. Под влиянием груза образец будет изгибаться вследствие некоторого радиального перемещения нижних тисков. Угол изгиба находится по шкале 7, а жесткость при изгибе определяется как функция этого угла. При этом максимально допустимые размеры испытываемого материала следующие: длина 290 мм, ширина 100 мм и толщина 20 мм.

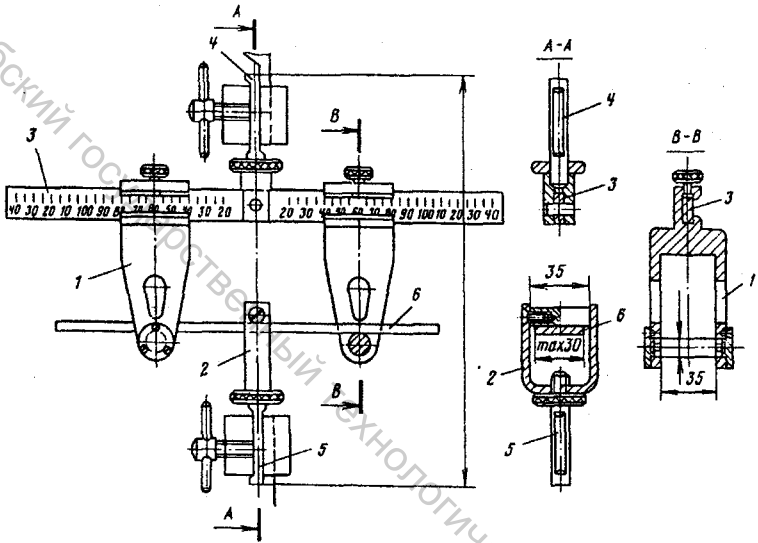


Рис. 4.3 Схема приспособления к разрывной машине для определения модуля эластичности

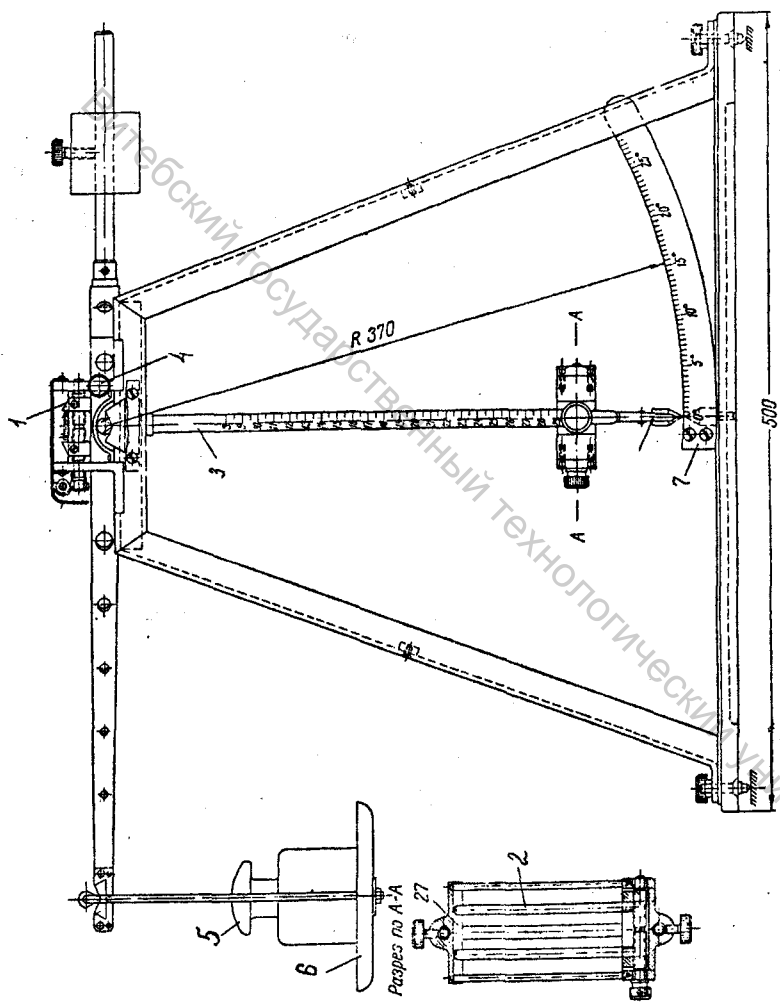


Рис. 4.4 Чертеж прибора для определения жесткости материалов низа обуви

4.2 Жесткость картонов.

Свойства картонов при одноосном растяжении определяют в соответствии с ГОСТ 13525.1-79 [71] на образцах шириной $10 \pm 0,25$ и длиной 90-100 мм. Образцы вырезают из листа картона в машинном и поперечном направлениях. Число образцов для каждого направления равно шести.

Испытывают по три образца в каждом направлении в сухом состоянии и по три образца после выдержки в воде температурой $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ в течение 24 часов. Толщину образцов в рабочей зоне, равной 50 мм, измеряют до замачивания с погрешностью $\pm 0,1$ мм.

Скорость опускания нижнего зажима разрывной машины определяют по формуле

$$V = \frac{\left[60 \left(\frac{P}{\eta} + \Delta l \right) \right]}{t}, \quad (4.5)$$

где P - нагрузка при разрыве, Н;

η - коэффициент пропорциональности, Н/мм (приведен в паспорте на разрывную машину);

Δl - абсолютное удлинение при разрыве, мм.

t - время испытания, с, равное 7 ± 30 сек.

Модуль упругости E_y и жесткость D_y при растяжении в сухом и мокром состоянии рассчитывают при напряжении разрыва по формуле 4.1.

Обувные картоны, также как и кожи для низа обуви, испытывают на изгиб.

Жесткость картонов при изгибе определяют по ГОСТ 9187-74 [72].

Жесткость картонов характеризуется нагрузкой P_n , Н, необходимой для изгиба образца, свободно лежащего на двух опорах.

Определение показателей проводят по методам А и Б. Метод А применяется для всех обувных картонов, кроме картонов повышенной

жесткости. Метод Б - для обувных картонов повышенной жесткости.

Для испытания берут из пробы, картона образцы прямоугольной формы: для метода А - шириной $10 \pm 0,25$ мм, длиной 50 ± 1 мм, для метода Б - шириной $30 \pm 0,5$, длиной 150 ± 2 мм. Образцы вырубают в машинном и поперечном направлениях, по три в каждом.

Для испытания применяют образцы типа ОЖК (рис.4.5), которое устанавливают в разрывную машину. Приспособление ОЖК состоит из верхней и нижней деталей. Верхняя деталь состоит из рамки 2 с двумя свободно вращающимися опорными валиками 3. В нижней части рамки имеется круглое отверстие с паром, которое служит направляющей для нижней детали приспособления. Нижняя деталь состоит из круглого стержня с двумя стойками 4, между которыми укреплен изгибающийся валик 1, который свободно вращается вокруг своей оси.

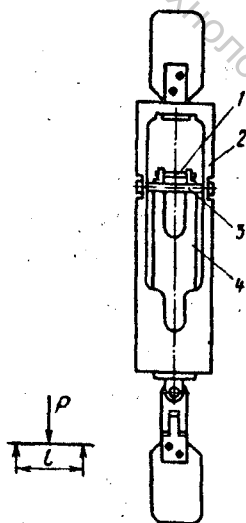


Рис. 4.5 Схема приспособления типа ОЖК для определения жесткости картона.

Для метода А расстояние между центрами опорных валиков равно $15 \pm 0,2$, для метода Б - $50 \pm 0,2$ мм. Диаметр изгибающего и опорных валиков для метода А равен 2,5 мм, для метода Б - 5 мм. Образец картона кладут в приспособление на валики 3 лицевой поверхностью к изгибающему валику 1. Скорость движения зажима - 90 ± 10 мм/мин. В процессе испытания фиксируют максимальную нагрузку при изгибании.

Жесткость картонов зависит от их волокнистого состава, вида проклеивающего вещества, способа отлива и толщины. Нормативы жесткости даны в зависимости от толщины картона. Жесткость стелечных картонов составляет 10...100 Н, простилочных - 2...60 мм, картонов для задников - 10...60 Н, для геленков - 100...120Н [4]. Как правило, в направлении отлива жесткость картона несколько выше, чем в поперечном, за счет ориентации волокон. Картоны многослойного отлива при равной толщине имеют несколько большую жесткость при изгибе, чем картоны однослойного отлива.

Показателем, характеризующим жесткость картонов на изгиб, является и сопротивление торцовому сжатию [21].

Методика испытания основана на определении величины напряжения, при котором начинается расслаивание картона.

Сопротивление торцовому сжатию выражают нагрузкой в ньютонах, отнесенной к площади поперечного сечения образца в квадратных миллиметрах ($\text{Н}/\text{мм}^2$).

Испытание проводится на разрывной машине, имеющей специальное приспособление.

Приспособление (рис.4.6) состоит из реверса и зажимных тисочков. Хвостовики реверса закрепляют в зажимах разрывной машины.

Между площадками 1 и 1' реверса устанавливают зажимные тисочки 2 и 2' с укрепленным в них образцом картона 3.

При опускании нижнего зажима разрывной машины площадка 1 реверса

давит на верхние зажимные тисочки 2 и заставляет их сближаться с нижними тисочками, в результате происходит торцовое сжатие закрепленного в них образца картона.

Для испытания вырезают образцы шириной 15 мм и длиной 30 мм плюс двойная толщина сухого образца картона.

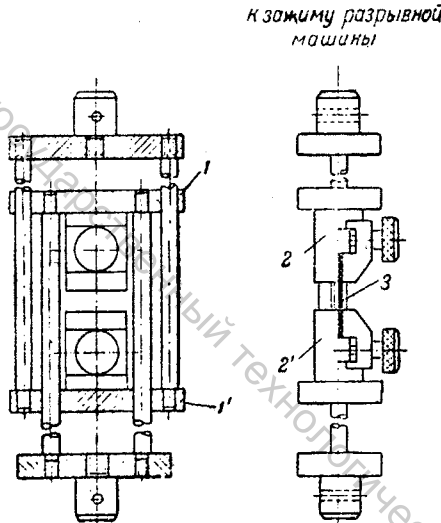


Рис. 4.6 Приспособление к разрывной машине для испытания картонов на торцовое сжатие

Образец увлажняют в воде в течение 24 часов.

Результаты испытания подсчитывают по следующей формуле

$$D = \frac{P}{F}, \quad (4.6)$$

где D - сопротивление торцовому сжатию в Н/мм^2 ,

P - разрушающая нагрузка в Н ;

F - площадь поперечного сечения в мм^2 .

4.3 Жесткость синтетических материалов для низа обуви.

Синтетические материалы для низа обуви - это резины, полиуретан, термоэластопласты и др. материалы.

Данные материалы (в частности, резины) испытывают при одноосном растяжении по ГОСТ 270-75 [73]. Из пластины под углом 90° вырезают не менее двух образцов по каждому направлению в форме лопаточки с шириной рабочей части 10 мм, длиной рабочей части 50 мм. Скорость нижнего зажима разрывной машины 500 мм/мин. Перед испытанием измеряют толщину в пяти участках рабочей зоны и вычисляют среднее значение.

Учитывая, что относительное удлинение при разрыве для данных материалов, как правило, более 100%, модуль упругости вычисляют по формуле

$$E_y = \sigma_{\varepsilon_i} (1 + \varepsilon / 100), \quad (4.7)$$

Если относительное удлинение при разрыве меньше 100 %, модуль упругости вычисляют по формуле

$$E_y = 0,4\sigma(100 + \varepsilon_i) / \varepsilon_i, \quad (4.8)$$

где ε_i - относительная деформация образца при нагрузке $0,4P$ ($\varepsilon_i = \Delta l_i / l \cdot 100$);

Δl_i - абсолютное удлинение образца при нагрузке $0,4P$ (находят из диаграммы растяжения).

Жесткость определяется по формуле (4.1).

При исследовании свойств синтетических материалов для низа обуви сжатием используются методики, описанные для натуральных кож. (ГОСТ 20403-75) [67]. Твердость непористых резин на приборе ТШМ - 2 составляет 2...4 МПа, пористых - $0,6 \pm 1$ МПа. [4].

Для определения жесткости при изгибе резин (ГОСТ 27356-87) [74] и других синтетических материалов для деталей низа обуви и проб вырезают пять образцов прямоугольной формы шириной $25 \pm 0,2$ мм и длиной 100 ± 2 мм.

Из деталей низа вырубают один образец. Определяют толщину в средней части образцов с погрешностью $\pm 0,01$ мм. Испытания на поперечный изгиб осуществляется в приспособлении ОЖР (рис.4.7), состоящем из двух рамок с опорными и изгибающими валиками, которые свободно вращаются вокруг своей оси. Расстояние между опорными валиками равно $50,0 \pm 0,5$ мм. Диаметры изгибающего и опорных валиков $6 \pm 0,04$ мм. Скорость движения нижнего зажима при испытании 10 ± 1 мм/мин. Приспособление ОЗКР снабжено измерительным устройством для определения прогиба образца.

Образец синтетического материала помещают в приспособление так, чтобы его середина совпадала с осью изгибающего валика. Образец изгибают на $10 \pm 0,4$ мм, прогиб фиксируют по измерительному устройству на ОЖР. При достижении заданного прогиба на разрывной машине регистрируют изгибающее усилие P_u . Зная P_u и ширину b образца, жесткость рассчитывают по формуле

$$D = \frac{P_u}{b} \quad (4.9)$$

Так как подошвы работают в системе со стелькой, то и метод определения жесткости подошвенных резин должен согласовываться с методикой определения жесткости стелечных материалов.

Из рассмотрения условий деформации балки, шарнирно закрепленной на двух опорах, под действием сосредоточенной нагрузки, приложенной в центре [75], следует, что

$$P = \frac{4 E h^3 \delta f}{l^3}, \quad (4.10)$$

где P - нагрузка, вызывающая прогиб балки на величину f ;

E - модуль упругости материала;

l - расстояние между опорами;

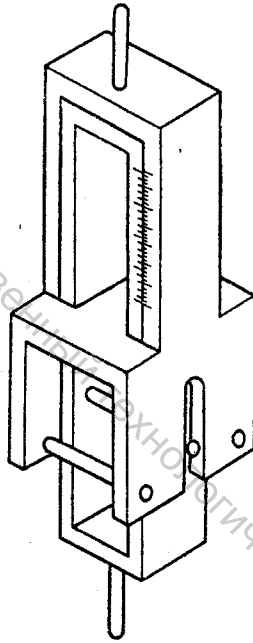


Рис. 4.7 Схема приспособления ОЖР для определения жесткости при статическом изгибе

b и f - соответственно, ширина и высота балки.

Очевидно, что при стандартных условиях испытания ($l, b, h = const$)

Жесткость резин будет зависит только от ее модуля упругости и толщины образца, согласно уравнению:

$$P = kEh^3 \quad (4.11)$$

Модуль упругости определен по ГОСТ 270-75 при одноосном растяжении на 100 % и его следует выбрать в качестве меры жесткости резин для низа обуви (как функцию их состава).

Для оценки жесткости формованных подошв, имеющих ярко выраженный рисунок ходовой части, целесообразно непосредственно использовать величину усилия, необходимого для прогиба на заданную величину.

Жесткость подошвенных резин определялась по формуле

$$E = \frac{Pl^3}{4bh^3f} \quad (4.12)$$

Жесткость детали H_d вычисляют (в Н/см) из соотношения

$$H_d = \frac{P}{\delta} \quad (4.13)$$

Существует метод определения "кольцевого" модуля упругости резины, который заключается в растяжении образца на специальном приборе под действием груза [70].

Кольцевой модуль упругости резины выражается в условных делениях шкалы прибора с указанием веса груза и места расположения груза на неравноплечем рычаге прибора.

Показатель кольцевого модуля упругости рекомендуется обозначать условно в виде трех чисел, записанных в одну строчку и отделенных друг от друга косыми черточками, из которых первое число соответствует порядковому номеру гнезда на длинном плече рычага прибора, второе - весу груза в килограммах, а третье - величине растяжения резинового кольца, выраженной в

условных делениях шкалы.

Прибор для определения кольцевого модуля упругости показан на рис. 4.8.

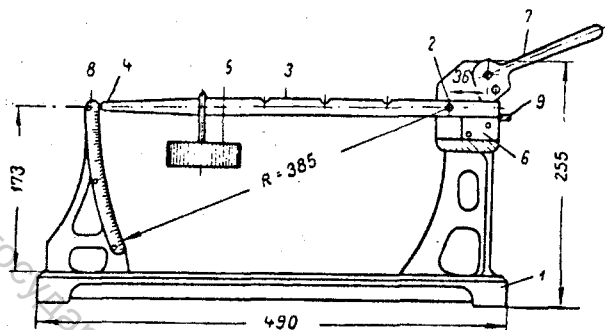


Рис. 4.8 Прибор для определения кольцевого модуля упругости.

На закрепленной в стойке станины 1 оси 2 прибора качается неравноплечий рычаг 3. Длинное плечо рычага, снабженное стрелкой 4, служит одновременно указателем и имеет четыре гнезда, на которые подвешивается груз 5 весом в 1 или 2 кг.

Короткий конец рычага 3 при горизонтальном положении опирается на неподвижный вкладыш 6; оба они оканчиваются полуцилиндрическими выступами, которые вместе образуют цилиндр диаметром $9 \pm 0,1$ мм. На этот цилиндр надевают испытуемый образец. Рычаг 3 удерживается в горизонтальном положении эксцентриком 7. На противоположной стойке станины 1 закреплена шкала 8, имеющая 15 условных делений.

Испытуемый образец резины должен иметь форму кольца стандартного размера: внешний диаметр 35 мм, внутренний $9 \pm 0,1$ мм, толщина $5 \pm 0,1$ мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимошенко С.П. История науки о сопротивлении материалов. - М.: Госиздательство технико-теоретической литературы, 1957. - 536с.

2. ГОСТ 938.11-69. Кожа. Метод испытания на растяжение. - Взамен ГОСТ 938-45; Введ. 01.01.70. - М.: Издательство стандартов. 1984. - 174с.

3. РНР 22131-88. Кожа. Определение физических показателей при растяжении.

4. Зарубян К.М., Краснов Б.Я., Бернштейн М.М. Материаловедение изделий из кожи: Учебник для вузов. - М.: Легпромбытиздат, 1988. - 416с.

5. Разработка номенклатуры и нормативов базовых показателей материалов для верха: Отчет о НИР / Витебский технологический институт легкой промышленности; Рук. В.Е. Горбачик. - № ГР 10004002. - Витебск, 1991. - 220с.

6. Горбачик В.Е., Загайгора К.А. Механические свойства обувных материалов при проектировании и производстве обуви. Отечественный производственный опыт. Экспресс информация, вып. 12, -М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1985. - 20с.

7. Фукин В.А., Горбачик В.Е., Линник А.И. Жёсткость обувных материалов при одноосном и двухосном растяжении: Межвузовский сб. науч. тр. "Формование и формоустойчивость материалов и изделий легкой промышленности" / Московская государственная академия легкой промышленности. - М., 1996. - С. 6-10.

8. Куприянов М.П. Жесткость верха обуви // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1959. - № 3. - С.66-70.

9. Линник А.И. Разработка методики расчета распорной жесткости верха обуви: Дис. канд. технич. наук: 05.19.06. -М.: 1997. -229с.

10. Зыбин А.Ю. Двухосное растяжение материалов для верха обуви. -М.: "Легкая индустрия", 1974, - 119 с.

11. Горбачик В.Е., Загайгора К.А., Максина З.Г., Линник А.И. Оценка качества кож для верха обуви: Сб. науч. ст. "Совершенствование технологических процессов, оборудования и организации производства в легкой промышленности и машиностроении". - Часть I. - Минск: "Універсітэцкае", 1994 - С. 158-163.

12. ГОСТ 938.16-70. Метод определения прочности кожи и лицевого слоя при продавливании шариком. Введ. 01.07.71. - М.: Издательство стандартов 1992. - 12с.

13. ГОСТ 29078-91. Кожа. Метод испытания сферическим растяжением. Введ. 01.07.91.-М.: Издательство стандартов. 1992. - 12 с.

14. DIN 53323-74. Метод определения стойкости к напряжению и прочности лицевого покрытия.

15. Комиссаров А.И., Жаров А.Н. Деформация и напряжение плоских материалов при деформировании на полусфере // Известия вузов. Технология легкой промышленности. - 1965. - № 6. - С. 69-74.

16. Ягода Л.А., Островской В.С. Прибор и методика испытания кожи // Кожевенно-обувная промышленность, - 1978.- №3. -С. 52-55.

17. Куприянов М.П. Деформационные свойства кожи для верха обуви. М.: "Легкая индустрия", 1969. - 245с.

18. Советкин Н.В., Думмов В.С., Поламошных С.П.. Новый прибор для оценки жёсткости кож для верха обуви // Кожевенно-обувная промышленность, 1988. - № 10. - С. 25-27.

19. Лабораторный практикум по материаловедению изделий из кожи: Учебное пособие для вузов. Бернштейн М.М., Жихарев А.П., Булатов Г.П. и др. - М.: Легпромбытиздат, 1993. - 384с.

20. Пожидаев Н.Н., Гуменный Н.Н. Лабораторный практикум по материаловедению изделий из кожи: Учебное пособие для студентов вузов легкой промышленности. - М.: "Легкая индустрия", 1976. - 272с.

21. ВЕМ. Методы испытаний обувных материалов и обуви. Часть 1. Физические и механические испытания основных обувных материалов. - М.: Гизлегпром, 1954. - 492 с.

22. Cociu V., et. ab. Metodă si aparat pentru determinarea rigidității prin solicitare la Încovoiere a pielii naturale si sintetice. - Buletinul institutului politehnic Tasi. Sec УП. Textile-pielărie, 1977, V 23. № 1-4, p 7-14.

23. TGL 29423-74. Испытание кожи, синтетических и текстильных материалов и листов. Определение жёсткости на изгиб по Шленкеру.

24. Hans-Jürgen Kellert, Heiner Wolf. Eine modifizierte methode zur Biegesteifheits - prüfung. - Leder Schuhe Lederwaren. 1989.- № 4-9.- 187-191с.

25. Овечкас Е.С., Ягода Л.А., Свицева З.И. Сопоставление методов оценки жесткости кож для верха обуви: Сб. науч. тр. УкрНИИКП, сб. 17, вып. 2. - М.: "Легкая индустрия". 1970.- С. 26-61.

26. ГОСТ 8977-74. Кожа искусственная и плёночные материалы. Методы определения жёсткости и упругости. Взамен ГОСТ 8977-59. Введен 01.07.1975. - М.: Издательство стандартов, 1974. - 6 с.

27. Минтаханова Т.М., Батисен М.Ю., Маяцкенс Н.Ю. Жесткость кожи для верха обуви // Кожевенно-обувная промышленность. - 1980. - №9. - С.54-55.

28. Зубкайте Н.Ю. Исследование поведений монокитей при продольном сжатии и изгибе. Днс. канд. техн. наук: Каунас. 1979. - 190с.

29. А.С. №169862 (СССР). Прибор для определения жесткости и стойкости кож и тому подобных материалов. А.П. Белоштан. - 1980.

30. SVOBODA V., ŠTACHOVÁ M., SAHA J. MĚŘENÍ TUHOSTI VRCHOVÝCH OBUVNICKÝCH MATERIÁLŮ Z POROMERŮ. KOŽAŘSTVI, 1977, 7, 27, с. 192, 197-204.

31. Ян Чаха, К. Мотычка, В. Свобода. Физические свойства синтетических кож в сравнении со свойствами натуральных кож. Материалы конференции по выработке и применению синтетических кож в Боботекс, 1969 г.-(Препринт)

32. Белокуров В.Н., Карамышкин В.В., Васильев С.С. Количественная характеристика деформации сжатия натуральных кож в

динамическом режиме // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. -1988. № 2.- С. 40-43.

33. С.С. Васильев, А.П. Смирнов. Особенности применения метода вынужденных резонансных колебаний при исследовании материалов легкой промышленности // Изв. вузов. Технология легкой промышленности.-1969.-№4. С. 37-41.

34. Фукин В.А., Горбачик В.Е., Линник А.И. Исследование жесткости материалов верха обуви и их систем // Кожевенно-обувная промышленность. - 1998. -№3. -С.18-19.

35. Белокуров В.Н., Карамышкин В.В., Васильев С.С. Устройство для определения жёсткости кожи // Кожевенно-обувная промышленность. - 1991.- № 10. - с. 32-33.

36. ГОСТ 10550-93. Материалы текстильные. Полотно. Методы определения жёсткости при изгибе. Взамен ГОСТ 10550-75. Введ. 1.01.1996. Минск: Белстандарт. - 1995.

37. Svoboda V, Caha J, Sortiren von Schu noberledern nach der Weichheit. "G Congr. Leather Ind Budahest, 1978. Proc/ vol 1." Budahest, 1978. - с. 446-452.

38. Смирнов А.П., Белокуров В.Н., Нагорнева А.А., Моряков В.Я., Фукин В.А. Корреляционная связь между физико-механическими характеристиками кож для верха обуви // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1984. -№ 5. - С. 27-30.

39. В.П. Рохлин, Е.Я. Михеева. О методе оценки жесткости кож для верха обуви // Кожгалантерейная обувная промышленность.- №11.- 1981.- С.5-8.

40. Духота З.Ф., Шкаранда И.Т. Сравнительная характеристика степени жесткости и эластичности // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1980. - №4. - С. 44-47.

41. Овечкис Е.С., Ягода Л.А., Свещева Э.И. Метод определения стойкости кож для верха обуви, подкладки и для галантерейных изделий // Кожевенно-обувная промышленность. - 1965. -№1. - С. 20.

42. ГОСТ 17316-71. Кожа искусственная мягкая. Метод

определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. Введ. 1.01.1973. -М.: Из-во стандартов. 1973. - 15с.

43. Горбачик В.Е., Загайгора К.А. Механические свойства обувных материалов при проектировании и производстве обуви. Отечественный производственный опыт. Экспресс информация, вып. 12, - М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1985. - 20с.

44. ČSN 647012-77. Метод определения прочностных и упругих свойств при растяжении синтетической кожи, пленок и пластикатов.

45. Д. Микулова, М. Балая. Измерение жесткости синтетических кож для верха обуви // Кожарствн. -1976. -№6. - С.170-174.

46. Untersuchungen über das Dehnungsverhalten und die Fixierungsmöglichkeiten synthetischer Obermaterialien. ABC der Schuhfabrikation, 1975.- № 4.- С. 183-185.

47. TGL 38728-81. Кожа натуральная и искусственная. Метод определения поведения в условиях давления и растяжения при испытаниях на продавливание.

48. IULCS. SZP. 13 IUP/13. Метод испытания шариковым индикатором.

49. ГОСТ 3813-72. Ткани и шпучные изделия текстильные. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. Взамен ГОСТ 3813-47. Введ. 01.01.1973. М.: Изд-во стандартов. 1980. -22с.

50. ГОСТ 8847-78. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных. Взамен ГОСТ 8847-75. М.:Изд-во стандартов. 1986.- 12с.

51.ГОСТ 15902.3-79. Полотна нетканые. Методы определения прочности. Взамен ГОСТ 15902.3-71. Введ. 01.07.80. М.: Изд-во стандартов 1986.- 8с.

52. Кукин Г.И. Соловьев а.н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. -М.: Легпромбыгиздат. 1992. -271с.

53. Виноградова М.Т., Гронская Э.В. Деформационные свойства дублированных материалов для обуви // Кожевенно-обувная

промышленность.- 1986. - № 5.- С. 20-24.

54. Соловьев А.Н. Определение жесткости и растяжимости трикотажа // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. -1969. -№5. -С.17-19.

55. Кобляков А.И., Аронова Е.И. О жесткости трикотажа при растяжении // Изв. вузов. Технология легкой промышленности.- 1996. - №3. -С. 25-31.

56. Соловьев А.Н. Определение жесткости и растяжимости трикотажных полотен. Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1968. -№2. -С 18-20.

57. Булах К.Г., Горева Л.Н., Дмитриева Л.Н. Неразрушающий метод контроля жесткости текстильных прокладочных материалов // Изв. вузов. 1984. -№1. -С. 23-26.

58. ГОСТ 10550-93. Материалы текстильные. Полотно. Методы определения жёсткости при изгибе. Взамен ГОСТ 10550-75. Введ. 1.01.1996. Минск: Белстандарт. - 1995.

59. Соловьев А.Н., Юха Р.С. Сравнение различных характеристик жесткости нетканых изделий при изгибе // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. -1970.-№6. - С.14-18.

60. 191 А/ 5202-78. Ткани. Определение жёсткости методом изгиба на кронштейне.

61. ANSI / ASTM Д 1388-64 (1975). Ткани текстильные. Метод определения жёсткости.

62. TGL 16-650551 / 02-79. Испытание текстильных материалов. Определение свойств изгиба и релаксации текстильных полотен.

63. 191 А/5200-78. Ткани. Определение жёсткости методом сердцевидной петли.

64. ГОСТ 28790-90 (ИСО 5979-82). Ткани с резиновым или пластмассовым покрытиями. Определение гибкости методом плоской петли. Введен 01.01.92. М.: Из-во стандартов. - 1991.-5с.

65. А.Н. Соловьев. Сравнение различных характеристик жёсткости

изделий при изгибе // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1972.- № 3.- С. 29-31.

66. ГОСТ 12.4.090-86. Средства индивидуальной защиты. Метод определения жёсткости при изгибе. Введ. 01.01.87. М.: Издательство стандартов, 1986.-5с.

67. ГОСТ 20403-75. Резина. Метод определения твердости в международных единицах. Взамен ГОСТ 13331-67, ГОСТ 253-53. Введ.01.01.1980.-М.: Из-во стандартов. -1977. - 319с.

68. РД 17-06-031-90. Взамен ГОСТ 938.10-69. Кожа. Метод определения устойчивости к изгибу. Введен 01.01.70. -М.: Из-во стандартов. 1988. -174с.

69. Кобышкин А.Ф. Новые лабораторные приборы в кожевенной и обувной промышленности. М.: Гизлегпром . 1959.- 189с.

70. ГОСТ 13525-1-79 (СТ. СЭВ 2426-80) Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинение при растяжении. Взамен ГОСТ 135251-68. Введ. 01.07.79. М.: Изд-во стандартов. - 1979. - 51с.

71. ГОСТ 9187-74. Картон обувной. Метод определения жесткости и изгибостойкости при статическом изгибе. Взамен ГОСТ 9187-59. М.: Изд-во стандартов. -1974. -4с.

72. ГОСТ 970-75 (СТ СЭВ 2594-80) Резина. Метод определения упругопластических свойств при растяжении. Взамен ГОСТ 270-64. Введ. 01.01.78. М.: Изд-во стандартов. -1987. - 13с.

73. ГОСТ 27356-87. Материалы синтетические для низа обуви. метод определения. Изд-во стандартов. -1987. -4с.

74. ГОСТ 273356-87. Материалы синтетические для низа обуви. Метод определения жесткости при статическом изгибе. Введ. 01.01.87. М.: Изд-во стандартов. - 1987. - 11с.

75. Загайгора К.А., Горбачик В.Е., Зыбин А.Ю Двухосное симметричное растяжение обувных материалов // Кожевенно - обувная промышленность. - 1978. -№9. - С. 45-47.