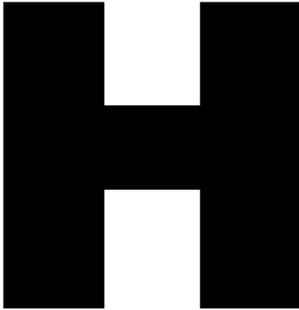


## Методы исследования сопротивления эластичных материалов

Сообщается о разработке нового способа испытаний на прочность эластичных материалов и о создании принципиально нового прибора, позволяющего испытывать эти материалы в условиях одновременной деформации изгиба и растяжения; рассматриваются достоинства и преимущества данного метода



### А.Н. Махонь

аспирантка  
кафедры «Стандартизация»  
учреждения образования  
«Витебский государственный  
технологический университет»,  
г. Витебск,  
Республика Беларусь

### А.Н. Буркин

заведующий  
кафедрой «Стандартизация»  
учреждения образования  
«Витебский государственный  
технологический университет»,  
г. Витебск,  
Республика Беларусь,  
доцент, канд. техн. наук

### К.С. Матвеев

старший преподаватель  
кафедры «Стандартизация»  
учреждения образования  
«Витебский государственный  
технологический университет»,  
г. Витебск,  
Республика Беларусь

наибольшее применение среди лабораторных инструментальных методов получили методы исследования механических свойств эластичных материалов, таких как деформационная способность, износостойкость, долговечность материалов и изделий в целом.

В изделиях из эластичных материалов при носке возникает деформация пространственного характера. Для ее исследования необходимы приборы, позволяющие подвергать эластичные материалы многоциклового пространственному деформированию с целью изучения сложных деформационных процессов, протекающих в изделиях из этих материалов при их эксплуатации. Конструкции таких приборов основаны на различных способах создания условий деформирования, что объясняется отсутствием универсальной конструкции и налаженного серийного производства подобных устройств (установок).

В последнее десятилетие появилось крайне мало публикаций о разработке новых способов и приборов для испытания эластичных материалов в условиях многоцикловых нагружений, а также о результатах исследований в этой области с помощью уже известных устройств. Применение опытных носок изделий для изучения эксплуатационных механических характеристик сегодня экономически неэффективно, поэтому лабораторные испытания, использующие комплекс изнашивающих механических воздействий, остаются единственной возможностью дать объективную всестороннюю оценку эластичного материала на этапе планирования серийного выпуска продукции.

Достаточно часто условия производства требуют оперативной оценки качественных показателей матери-

алов, предполагаемых к использованию. Производители промышленной продукции при решении задачи выбора материала для изделий и прогнозирования его поведения пользуются либо результатами измерений, полученных в статических условиях по стандартизованным методикам, либо интуицией. Однако ни то ни другое не может дать ответа на вопросы, сохранится ли форма изделия, какова будет величина пластической деформации, произойдет ли потеря прочности, будет ли соответствовать внешний вид изделия его целевому назначению после установленного периода эксплуатации.

Решение поставленных вопросов авторы статьи видят в разработке принципиально новых методов многоциклового пространственного деформирования эластичных материалов и в создании приборов на их основе, позволяющих за ограниченный период времени и при незначительных затратах вынести оценку и дать рекомендации по целевому применению конкретного материала.

Нами был проведен анализ существующих методов испытания механических свойств эластичных материалов и разработана классификация всех известных в настоящее время методов испытаний текстильных материалов (табл. 1).

Научные исследования и практическое применение методов и средств для испытаний эластичных материалов свидетельствуют, что характеристики эксплуатационных свойств, полученные в статических условиях, не могут отражать поведения материалов при их эксплуатации. Стандартизованные методы испытания эластичных материалов в основном предназначены для определения статических полуцикловых или одноцикловых не-

**Таблица 1**  
**Классификация методов испытаний текстильных материалов**

Параметр классификации	Метод испытаний
Степень стандартизации	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ стандартизованный</li> <li>▶ нестандартизованный</li> </ul>
Режимы нагружения	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ статический (скорость деформирования до 0,02 м/с)</li> <li>▶ динамический                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– среднескоростной (скорость от 1 до 2 м/с);</li> <li>– высокоскоростной (скорость от 5 до 100 м/с);</li> <li>– сверхскоростной (скорость более 100 м/с)</li> </ul> </li> </ul>
Метод нагружения	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ гравитационный</li> <li>▶ механический</li> <li>▶ пневматический (гидравлический)</li> <li>▶ баллистический</li> </ul>
Способ определения характеристик механических свойств	основанный на применении: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ растяжения (сжатия)</li> <li>▶ изгиба</li> <li>▶ кручения</li> <li>▶ истирания</li> <li>▶ комбинации нескольких видов деформаций</li> </ul>
Способ приложения нагрузки	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ с распределенной нагрузкой</li> <li>▶ с сосредоточенной нагрузкой</li> </ul>
Полнота осуществления цикла механического воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ полуцикловой</li> <li>▶ одноцикловой</li> <li>▶ многоцикловой</li> </ul>
Характер воздействия на пробу	в плоскости: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ с одноосным деформированием</li> <li>▶ с двухосным деформированием (симметричное и несимметричное)</li> <li>▶ с многоосным деформированием (симметричное и несимметричное)</li> </ul> в пространстве: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ с пространственным деформированием</li> </ul>
Характер амплитуды циклической деформации	с постоянной амплитудой: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ заданной циклической деформации</li> <li>▶ заданной относительной деформации</li> <li>▶ циклической нагрузки (давления)</li> </ul>
Форма пробы	с пробой: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ в виде прямоугольной полоски</li> <li>▶ в форме цилиндра</li> <li>▶ круглой формы</li> <li>▶ сложной конфигурации</li> </ul>
Условия лабораторных испытаний	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ в условиях, определяемых ТНПА</li> <li>▶ в условиях, приближенных к условиям эксплуатации</li> </ul>

разрушающих характеристик, которые не позволяют в полной мере оценить свойства, проявляющиеся в процессе эксплуатации этих материалов. Методы, регламентируемые стандартами, основаны на использовании приборов определенной модификации, что ино-

гда становится непреодолимым препятствием в проведении испытаний из-за отсутствия подобных приборов, их неукомплектованности, отсутствия аттестации.

Существующие методы, основанные на использовании многоциклового деформирования, отличаются длительностью проведения испытаний. Кроме того, они используют только один вид деформационной нагрузки, что влияет на объективность полученных результатов, поскольку реальные условия носки одежды и обуви сопровождаются многофакторными, динамически изменяющимися нагрузками. Наиболее распространенным является метод, использующий многоцикловое деформирование при растяжении, а о методах, основанных на применении растяжения, изгиба и сжатия одновременно, сведения отсутствуют.

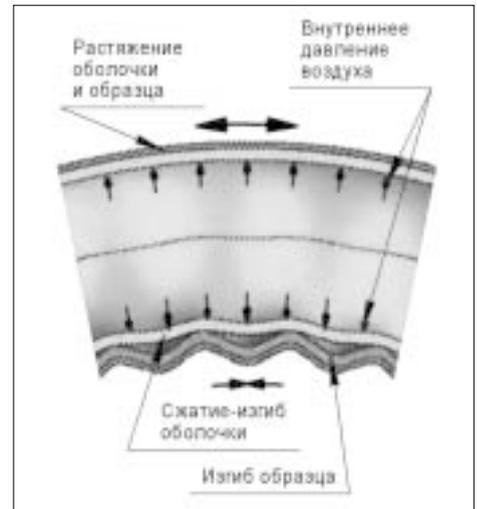
Для получения более достоверной информации об эксплуатационных свойствах текстильных материалов авторами разработан новый метод оценки данных свойств, позволяющий одновременно с многократным изгибом материала осуществлять его предварительное растяжение в поперечном направлении по всей поверхности образца.

Согласно приведенной классификации данный метод испытания в зависимости от режимов нагружения является динамическим; по методу нагружения — механическим; по способу приложения нагрузки — с распределенной нагрузкой; по полноте осуществления цикла воздействия — многоцикловым; по характеру воздействия на пробу относится к пространственному деформированию; по характеру амплитуды — с постоянной амплитудой циклической нагрузки.

Для практической реализации нового способа разработан и изготовлен прибор для лабораторных динамических испытаний различных текстильных полотен, позволяющий моделировать износ материалов и их соединений в условиях одновременной деформации изгиба и растяжения, которые осуществляются в результате вращения



**Рис. 1.** Принципиальная схема узла нагружения прибора для испытания эластичных материалов и швов



**Рис. 2.** Схема нагружения испытуемого образца

образца материала, закрепленного на гибком цилиндрическом устройстве. Новизна и возможность промышленного применения устройства подтверждена патентом [1].

Принципиальная схема работы узла нагружения показана на рис. 1.

Узел нагружения состоит из эластичной оболочки в виде трубки, с двух сторон закрытой пробками, в одной из которых закреплен манометр, позволяющий фиксировать внутреннее давление, создаваемое путем подачи воздуха через вторую пробку.

Для проведения испытаний подготавливается образец, представляющий собой цилиндрическую оболочку из исследуемого материала с продольным швом, на который предварительно наносится контрольная разметка в виде сетки квадратов. (По окончании эксперимента разметка по изменению площади рабочей зоны образца позволяет оценить величину остаточной циклической деформации.) Образец надевается на цилиндрическое устройство и закрепляется в зажимах. Устройство заполняется воздухом под давлением, величина которого находится расчетным путем и зависит от структурных характеристик материала и величины разрывной нагрузки.

После установления давления образец получает растяжение в поперечном направлении по всей поверхности, затем цилиндрическое устройство с образцом начинает вращаться, что создает циклически изменяющуюся изгибающую нагрузку (в результате установления давления в устройстве, его изгибе и вращения вокруг своей оси). Величина нагрузки зависит от угла изгиба. Образец материала испытывает одновременно деформацию многократного изгиба и растяжения при постоянно действующей нагрузке растяжения в поперечном направлении, как это показано на рис. 2. Варьирование угла изгиба и давления внутри цилиндрического устройства обеспечивает создание необходимых знакопеременных деформирующих нагрузок, имитируя различные условия носки.

Применение разработанного метода показано на следующем примере.

На этапе постановки продукции на производство необходимо определить возможность применения имеющихся в наличии тканей для изготовления изделий конкретного целевого назначения.

Из трех различных видов ткани выкраиваются образцы, на которые наносится разметка. По одному образцу

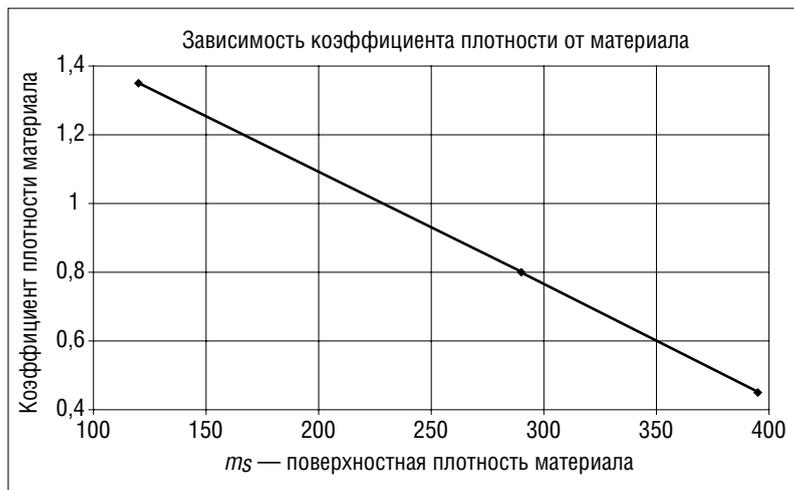


Рис. 3. Номограмма для определения коэффициента, зависящего от поверхностной плотности материала

каждой ткани оставляют в качестве контрольного, остальные сшиваются стачным швом. Для каждого материала в соответствии со стандартной методикой [2] определяют поверхностную плотность и с помощью номограммы (рис. 3) находят коэффициент, зависящий от поверхностной плотности материала.

Нагрузка, необходимая для растяжения образца до появления первых признаков разрушения, определяется в соответствии с ГОСТ 3813–72 [3]. Для каждого из исследуемых материалов производят расчет давления в цилиндрическом устройстве:

$$P = k_{\Pi} k_{Н} \frac{F_P}{S},$$

где  $P$  — давление в цилиндрическом устройстве, Н/мм<sup>2</sup>;

$F_P$  — разрывная нагрузка образца, Н;

$S$  — площадь образца, мм<sup>2</sup>;

$k_{Н}$  — коэффициент, учитывающий величину предварительной нагрузки;

$k_{\Pi}$  — коэффициент, зависящий от поверхностной плотности материала.

Далее проводят многократное нагружение образцов при выбранных режимах (давление в цилиндрическом устройстве, угол изгиба и количество циклов). Частота нагружения в устройстве является постоянной — 90 циклов в минуту. После проведения испытаний образцы снимаются с эластичной трубки для определения установленного перечня эксплуатационных показателей.

Результаты измерений эксплуатационных показателей исследуемых материалов до и после многоцикловых испытаний приведены в табл. 2.

Анализ данных эксперимента показывает, что испытания различных материалов в одинаковых условиях (предварительная нагрузка, соответствующая 10 % от  $F_P$ , угол изгиба — 60°, длительность — 100 тысяч циклов) приводят к разному износу тканей. Таким образом, моделирование циклического деформирования знакопеременным симметричным изгибом в сочетании с растяжением позволяет:

► определять наличие усталостных явлений в материале, которые выражаются в ухудшении его формоустойчивости и износостойкости;

Таблица 2  
Значения эксплуатационных показателей тканей

Материал, сырьевой состав	Поверхностная плотность материала, Н/м <sup>2</sup>	Коэффициент, зависящий от поверхностной плотности	Значения показателей					
			Разрывная нагрузка, Н			Площадь рабочей зоны образца, мм <sup>2</sup>		
			Контрольный образец	Исследуемый образец	Процентное изменение показателей, %	Контрольный образец	Исследуемый образец	Процентное изменение показателей, %
Ткань № 1	1,20	1,35	108	95	12,0	16000	16560	3,5
Ткань № 2	2,90	0,90	196	169	13,7	16000	16990	6,2
Ткань № 3	3,95	0,45	284	241	15,1	16000	17820	11,4

► оценивать эксплуатационные свойства исследуемых материалов и разрабатывать рекомендации по их целевому назначению;

► прогнозировать показатели механических свойств исследуемых эластичных материалов на стадии разработки и проектирования. ■

## Список литературы

1. Патент РБ 870, А 43 D. Прибор для испытания эластичных материалов и швов / А.Н. Буркин, К.С. Матвеев, А.Н. Махонь, О.А. Терентьева, С.Г. Ковчур (BY). № u20020265; Заявлено 17.09.2002; Опубл. 30.06.2003, Бюлл. 2, Приоритет 17.09.2002.
2. ГОСТ 3811–72 (ИСО 3801–77, ИСО 3932–76, ИСО 3933–76). Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей.
3. ГОСТ 3813–72 (ИСО 5081–77, ИСО 5082–82). Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении.

### НОВАЯ КНИГА

**Бикулов А.М.**

## Поверка средств измерений давления и температуры

Учебное пособие. — М.: АСМС, 2005. — 440 с.



В предлагаемой книге рассмотрены методы и средства измерений температуры и давления жидкостей, газов и пара. Подробно рассмотрены устройство, принципы действия, метрологические характеристики и основные свойства приборов давления, измерительных преобразователей давления, контактных термометров и термопреобразователей, измерительных приборов температуры.

Основное внимание уделено описанию методов и средств поверки и калибровки средств измерений давления и температуры.

Книга написана на основе курса лекций, читаемого автором для слушателей Академии стандартизации, метрологии и сертификации, повышающих квалификацию по специальности «Проверка и калибровка средств теплотехнических измерений». Книга может быть полезна специалистам в области эксплуатации, поверки и калибровки средств измерений давления и температуры жидких и газообразных сред.

**Бикулов А.М., Лепяко А.П., Серова Т.Б.**

## Поверка средств физико-химических измерений

Учебное пособие. — М.: АСМС, 2005, 260 стр.



Книга написана на основе курса лекций, в течение длительного времени читаемого авторами для слушателей Академии стандартизации, метрологии и сертификации.

В предлагаемой книге приведены основные сведения о методах измерения давления и температуры жидких и газообразных сред, о рабочих и эталонных средствах измерений, а также методах поверки и калибровки средств измерений давления и температуры. Подробно рассмотрены устройство, принципы действия, метрологические характеристики приборов давления, измерительных преобразователей давления, контактных термометров, термоэлектрических преобразователей и термопреобразователей сопротивления, измерительных приборов температуры.

Основное внимание автор уделил описанию методов поверки и калибровки средств измерений давления и температуры в соответствии с действующими нормативными документами. Дано описание эталонного и вспомогательного оборудования, применяемого при поверке и калибровке средств измерений температуры и давления. Рассмотрены современные типы рабочих эталонов, поверочных установок. Важное внимание уделено описанию современных калибраторов температуры и давления, автоматических задатчиков давления.

**По вопросам приобретения обращайтесь по адресу:** Академия стандартизации, метрологии и сертификации (АСМС) 109443, Москва, Волгоградский просп. 90, корп.1. Тел / факс: 8 (499) 742 4643. Факс: 8 (499) 742 5241. E-mail: info@asms.ru

Книга адресована специалистам, практическая деятельность которых связана с поверкой и калибровкой средств измерений давления и температуры, а также специалистам, занимающимся ремонтом и эксплуатацией средств теплотехнических измерений.