

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №1 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-1>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/128TVN115.pdf>

DOI: 10.15862/128TVN115 (<http://dx.doi.org/10.15862/128TVN115>)

**УДК 542.07**

**Белокуров Владислав Николаевич**

ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса»

Россия Москва<sup>1</sup>

Доктор технических наук, профессор кафедры сервис

E-mail: [belokurov1943@mail.ru](mailto:belokurov1943@mail.ru)

**Завязкина Любовь Семеновна**

ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса»

Россия Москва

Кандидат технических наук, преподаватель коллежа информационных технологий

E-mail: [lyubo52@yandex.ru](mailto:lyubo52@yandex.ru)

**Шагунов Дмитрий Валентинович**

ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса»

Россия Москва

Кандидат технических наук, соискатель кафедры сервис

E-mail: [tamara41@inbox.ru](mailto:tamara41@inbox.ru)

## **Условия получения полимерных материалов с заданными деформационными показателями**

---

<sup>1</sup> 141221, Московская обл., Пушкинский район, поселок Черкизово, ул. Главная, 99

**Аннотация.** Деформационные свойства полимерных материалов определяют их технологические характеристики: обрабатываемость - способность подвергаться обработке и в значительной степени формируют эксплуатационные показатели, которые регламентируют долговечность готовых изделий. В процессе жизненного цикла, на этапах проектирования и изготовления продукции, конструкторам и технологам необходимо максимально учитывать и реально прогнозировать последующие временные изменения деформационных свойств конструкционных материалов при последующей эксплуатации готового изделия. Это обычно происходит при действии влажности, температуры, неблагоприятных технологических нагрузок и определенных разновидностей физических и механических воздействий.

Рассматривая деформационные свойства полимерных материалов следует отметить: в своей совокупности они характеризуются упругой и вязкой составляющими, но количественной оценки сочетания этих составляющих, их оптимизация на этапах конструктивных проработок и производственных стадиях не производится из-за сложности определения этих показателей. Существующие методики для проведения оценки величины жесткости конструкции характеризуются значительной продолжительностью и трудоёмкостью, как правило, приводят к разрушению материала, а, следовательно, и самого изделия или его части. Предлагаемая методика разработана по условию устранения указанных недостатков и может быть рекомендована для применения в лабораторных и производственных условиях на этапах проектирования и изготовления полимерной продукции.

**Ключевые слова:** анализ; амплитуда деформации; вязкость; колебательный процесс; композитные материалы; релаксация; упругость.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Белокуров В.Н., Завязкина Л.С., Шагунов Д.В. Условия получения полимерных материалов с заданными деформационными показателями // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №1 (2015)  
<http://naukovedenie.ru/PDF/128TVN115.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI:  
10.15862/128TVN115

## Введение

Отрасли полимерной технологии в последние десятилетия развиваются достаточно динамично и решающим фактором для их распространения и продвижения явилась положительная конкуренция с традиционными конструкционными материалами, где пластмассы имеют ряд несомненных преимуществ [4, 8]. В настоящее время всего в мире производится более 180 миллионов тонн полимерных материалов, и годовое потребление их составляло на душу населения (в мире): 1980 г. - 10, 2003 г. – 28, а на 2015 г. планируется - 44 кг. В России соответственно: 2003 г. – 23,3, 2015 г. - 40 кг/год на одного жителя страны, что свидетельствует о несомненном росте производства и дальнейших перспективах. Поэтому важным условием для роста этой отрасли является правильное проектирование полимерных технологий, что связано с объективной оценкой свойств и характеристик этого продукта на этапе разработки внедряемых проектов [1, 3, 6, 7].

Наиболее распространённые в промышленности методы и стандартные методики определения жёсткости, которые широко используются для полимерных материалов, основаны на определении величины усилия, необходимого для деформации образца материала или готовой конструкции на определенную величину, реализуемой в квазистатическом режиме. С точки зрения объективности полученных результатов, они отличаются от показателей тех же материалов, определяемых в динамическом режиме, т.е. являются достаточно условными, но достаточны для общего описания характеристик материалов [2, 3]. Как правило, деформация полимеров в прямой зависимости сопровождается изменением их структуры, а следовательно и свойств [1], что связано также и со скоростью приложения нагрузки. С увеличением этой скорости разница в показателях жесткости и вязких свойств материалов не всегда объективно отражают истинную величину этих показателей и не позволяют выразить ее количественно [2]. Поэтому определение деформационных показателей осуществляется только выборочно на примере отдельных образцов и условно присваивается всей партии.

Реологические свойства полимера (вязкостные, высокоэластические, релаксационные.) также зависят от его фундаментальных характеристик. Например, хорошо известно, что вязкость полимеров определяется их химическим строением, молекулярной массой и ММР, в то время как высокоэластические свойства в большой степени определяются ММР и разветвленностью макромолекул. (ММР – молекулярно-массовое распределение, фундаментальная характеристика полимера лежит в основе всего комплекса физико-химических, механических и технологических свойств, причем не только самого полимера, но и что немаловажно, создаваемого на его основе конструкционного материала). Период релаксации линейного полимера при этом зависит от его молекулярной массы в той же степени, что и наибольшая ньютоновская вязкость. Поэтому правильный выбор методов измерения деформационных характеристик дает основания для гарантированного получения полимеров с прогнозируемыми свойствами.

### Технические условия для разработки экспериментальной установки

Следует отметить, что такой показатель как величина вязкого трения, возникающее при деформировании материала на молекулярном уровне, государственными и отраслевыми стандартами не предусмотрено. При этом показатель вязкого трения может быть основополагающим при оптимизации скорости нагружения, например в процессе формования заготовок верха обуви на обтяжных и затяжных машинах без разрыва материала [2,5]. Этот показатель определяет способность материала к формообразованию и последующей формоустойчивости в технологическом процессе и дальнейшей эксплуатации изделия.

Разработка приборов и устройств для объективного неразрушающего контроля и определения метода проведения количественной оценки раздельно упругой и вязкой составляющих материалов является основой для прогнозирования изменения свойств полуфабриката при эксплуатации изделия и при выполнении технологических операций на стадии его изготовления [3]. В качестве исследуемых объектов, использовались последовательно образцы готовой или производимой обуви, заготовок из меха и вспененных полимеров, предназначенных для стелек обычной и ортопедической обуви, распространенные льняные ткани, твердая резина различных назначений и разные полимерно-пленочные материалы.

Результатом проведенных исследований явилось то, что кожа, а также ряд других полимерных материалов, испытанных при различных деформациях с достаточно большой скоростью нагружения, т.е. в динамическом режиме, представляют собой резонансные системы, по своим механическим свойствам имеющие две составляющие: упругую и вязкую. Это утверждение основано на результатах теоретических разработок, реализованных с применением аппарата теории колебаний, обычно используемого для деформационных процессов, возникающих в вязкоупругих материалах при различных видах деформации в динамическом резонансном режиме [3, 7]. Таким образом проанализированы общие понятия современных научных представлений о деформационных свойствах полимерных материалов, которые проявляются в динамическом резонансном режиме и на этой основе выбраны приоритетные деформационные показатели материала:

- коэффициент жесткости -  $K$ ,
- время релаксации напряжения –  $\tau$ .

Вместе с этим определены: коэффициент вязкого трения, проявляющийся в деформируемом материале на молекулярном уровне -  $b$ , модули жесткости -  $E'$ , механических потерь -  $E''$  и тангенс угла механических потерь –  $\tan \beta$ .

Установлена также величина добротности материала -  $Q$ , определяющая сочетание упругой и вязкой составляющих.

Диагностика состояния материала и определение его характерных показателей осуществляется на специальном устройстве при инициировании гармонически изменяющихся силовых воздействиях на исследуемый материал. Нагрузка задается в определенном частотном спектре с малыми амплитудами напряжений, не вызывающих перестройки внутренней структуры образца. Для указанных в перечне материалов увеличение частоты силового воздействия ведет к соответствующему росту амплитуды деформации. При этом максимум амплитуды имеет место при сближении частот генерируемого прибором силового воздействия и собственной частоты колебаний деформируемой части материала. При этом отмечено, что дальнейшее повышение частоты силового воздействия ведет к постепенному затуханию амплитуды деформации. Такая взаимосвязь деформации материала с вынужденной частотой силового воздействия представляет собой амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) объекта изучения, которая может быть паспортом деформационных характеристик изучаемого материала.

В низкочастотном спектре воздействия изучаемый материал находится в условиях упругих деформаций. Упругость материала определяется потенциальной энергией, обусловленной взаимным расположением молекул, фибрил и других структурных составляющих деформируемого материала. При малых нагрузках перемещению в структуре материала из начальных равновесных положений упругих элементов не позволяют внутренние силы упругости, которые уравниваются наведенными внешними силами. Деформационные характеристики такой системы характеризуется возмущающей силой и

жесткость образца пропорционально сказывается на значениях собственных частот деформации.

Для материалов с вязкоупругими свойствами вместе с упругой составляющей существует вязкая деформация. Это может быть причиной сдвига фаз в системе напряжение-деформация, что регламентируется зависимостью степени вязкости в пределах от 0 до  $\frac{\pi}{2}$ .

Фазовое запаздывание деформации при силовом воздействии и объясняется релаксационными процессами, возникающими из-за вязкого трения и происходит на молекулярном уровне. Диссипативность материала определяется площадью петли механического гистерезиса. Сюда частично включается и работа, которая совершается при деформировании материала внешней силой. При этом последняя частично преобразуется в потенциальную энергию. Неизрасходованная в этом превращении энергия тратится на переход во внутреннюю энергию деформируемого материала возникающих в данном процессе сил внутреннего трения. Имеющие место тепловые потери энергии, наблюдаемые в деформируемом элементе, представляют собой разновидность джоулева тепла. Они носят характер необратимого процесса, являясь важным фактором эксплуатационных показателей материала.

Такой показатель деформации, как амплитуда в процессе вынужденных колебаний материала -  $x_m$  определится следующим выражением:

$$x_m = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}} = \frac{F_0}{\omega\sqrt{b^2 + \left(\frac{K}{\omega} - \omega m\right)^2}}, \quad (1)$$

где  $F_0$  - уровень силового воздействия ,

$\omega$  - частота силового воздействия ,

- $m$  - распределенная масса части колеблющегося материала,
- $\omega_0$  - собственная частота в процессе колебаний материала,
- $\beta$  - коэффициент затухания для исследуемого материала.

Если частота силового воздействия  $\omega$  уменьшается и стремится к нулю, как в случае статическом или квазистатического воздействии на образец  $F_0$  -постоянной силой, то в знаменателе под корнем (1) значимым остается только -  $\omega_0^2$ . В этом случае амплитуда статического смещения описывается законом Гука:

$$x_{0ст} \approx \frac{F_0}{m\omega_0^2} = \frac{F_0}{K}, \quad (2)$$

где  $K$  представляет собой коэффициент жесткости материала.

По мере увеличения вынуждающей частоты -  $\omega$  и приближении ее по значениям к собственной частоте образца материала -  $\omega_0$ , подкоренное выражение (1), описывающее разность квадратов,в уменьшается, амплитуда этой деформации имеет тенденцию к росту. Когда выполняется следующее условие

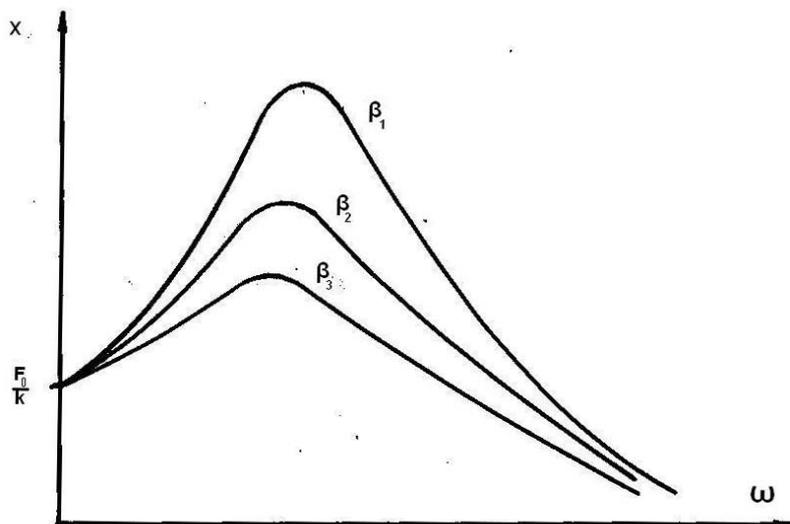
$$\omega \approx \omega_0, \quad (3)$$

значение амплитуды  $x$  достигает своего максимума и описывается выражением:

$$x \approx \frac{F_0}{2\beta m \omega_0} = \frac{F_0}{\frac{2\beta}{\omega_0} \cdot m \omega_0^2} = \frac{F_0}{\frac{\delta}{\pi} \cdot K} \quad (4)$$

где логарифмический декремент затухания представлен, как  $\delta = \frac{2\pi\beta}{\omega_0}$ .

Далее, по мере роста при силовом воздействии значений частот, амплитуда деформации материала постепенно убывает (рис. 1).



**Рисунок 1.** АЧХ для различных значений затухания

Если на образец полимера действовать с частотой -  $\omega$ , то вынуждающая сила  $F_0$  испытывает механическое сопротивление  $Z$ , которое обусловлено молекулярным трением:

$$Z = \sqrt{b^2 + \left(m\omega - \frac{K}{\omega}\right)^2} \quad (5)$$

где  $\left(m\omega - \frac{K}{\omega}\right)$  имеет реактивный характер.

Дробь  $-\frac{K}{\omega}$  описывает упругую часть от общего сопротивления,

а произведение  $m\omega$  - часть ее сопротивления, имеющего инерциальную природу. Если соблюдается условие (3), члены в скобках взаимоуничтожаются, так как уравниваются по абсолютной величине. Тогда механическое сопротивление  $Z$  становится равным  $b$ :

$$Z = 2\beta m = b \quad (6)$$

а тангенс угла механических потерь

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2\omega\beta}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (7)$$

При незначительном затухании, когда  $\beta \ll \omega_0$ , амплитуда деформации

$$x \approx \frac{F_0}{2\beta\omega_0} \quad (8)$$

Разделив выражение (8) на полученное значение смещения системы от положения равновесия, которое происходит под действием постоянной по величине силы, можно получить добротность материала

$$\frac{x}{x_{0cm.}} \approx \frac{\omega_0}{2\beta} = \frac{2\pi}{2\beta T} = Q, \quad (9)$$

где  $T$  - период колебаний.

Значение  $Q$  определяет уровень – в какой степени амплитудные значения деформации при вынужденных колебаниях в резонансном режиме превосходят амплитуду смещения при аналогичном воздействии постоянной силы соответствующего по величине значения - амплитудное значение при вынужденных колебаниях. Вместе с тем,

$$Q = 2\pi \frac{E}{\Delta E}$$

как запасенная в структуре материала энергия –  $E$  по своей величине превосходит энергию -  $\Delta E$ , которая тратится на гистерезисное трение за один период колебаний. Такой показатель испытываемого материала, как его добротность определяется по половинной ширине  $\Delta\omega$  - АЧХ, на уровне 0,707 от максимальных амплитудных значений при резонансе  $x_{o.p.}$ :

$$Q = \frac{\omega_{o.p.}}{\Delta\omega} \quad (10)$$

Таким образом, после измерения амплитуды деформации в резонансном режиме и определения из значения (10) показателя добротности материала, можно определить деформационные характеристики материала при статическом воздействии силы  $F$  в статических условиях (рис. 2).

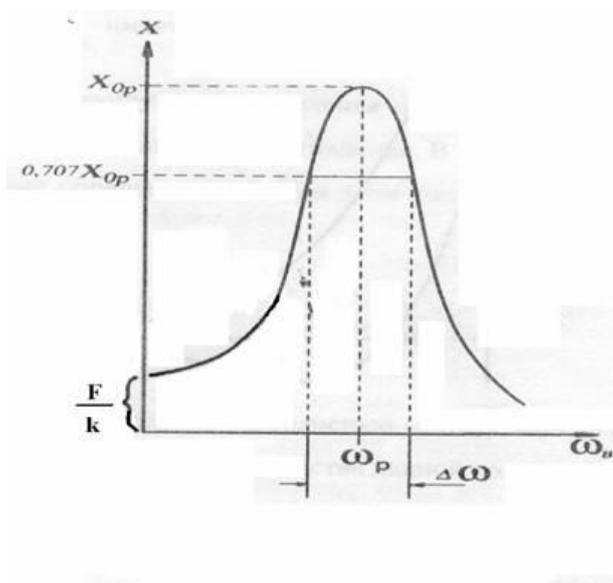


Рисунок 2. АЧХ полимерного материала

После прекращения внешнего воздействия колебательный процесс некоторое время протекает за счет потенциала запасенной энергии -  $E$ , а затухание амплитуды пропорционально ее текущему значению:

$$\frac{dx_m}{dt} = -\beta x_m . \quad (11)$$

Знак минус в уравнении свидетельствует о том, что вектор скорости при деформации  $\frac{dx}{dt}$  и направление смещения  $x$  разнонаправлены. Если провести разделение переменных в уравнении (11), то можно записать

$$\frac{dx_m}{x_m} = -\beta dt . \quad (12)$$

После интегрирования можно прийти к выражению

$$\ln x_m = -\beta dt + c . \quad (13)$$

Учитывая начальные условия процесса  $t=0$ , постоянную интегрирования записываем в виде  $c = \ln x$ . Здесь  $x$  - амплитуда деформации в начальный момент при  $t=0$ . Выполнив потенцирование приходим к выражению

$$x_m = x_{m0} e^{-\beta t} . \quad (14)$$

При таком характере и скорости изменения амплитуды деформации, колебания материала можно описать уравнением

$$x = x_{m0} e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi_0) . \quad (15)$$

Участвующие в процессе коэффициенты: затухания -  $\beta$ , вязкого трения -  $b$ , а также частота колебаний -  $\omega$  при затухании и частота собственных колебаний материала могут быть описаны соотношениями:

$$\beta = \frac{b}{2m}; \quad \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} . \quad (16)$$

Используя выражение (14) очевидно, что в физическом смысле коэффициент затухания представляет собой величину, обратную времени, когда амплитуда деформации снизится в  $e$  раз

$$\beta = \frac{1}{\tau} , \quad (17)$$

где релаксации напряжения деформируемого материала проходит в течение  $\tau$  - время.

Модуль механических потерь достигает максимальных значений при соблюдении условий

$$E'' = \omega_{o.p.} \cdot b . \quad (18)$$

Фазовое соотношение, определяемое углом сдвига между напряжением и деформацией равно

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{E''}{E'} \quad (19)$$

В результате, АЧХ исследуемого материала позволяют определить целый спектр деформационных показателей.

### Конструкция опытной установки

При различных размерах и конфигурации образца его колеблющуюся массу необходимо учитывать как распределенную. Колебания исследуемому материалу задаются легким, массой -  $m_1$ , постоянным магнитом, который крепят на свободную часть образца. Магнитное поле возникает в силовой катушке путем подключения к источнику переменного тока (генератора стандартных сигналов) вследствие возникновения магнитных полей и взаимодействия этого магнита с исследуемым материалом колеблется с частотой задающего генератора -  $\omega_1$ . При малом затухании  $\omega_0 \gg \beta$

$$\omega_{p.1}^2 \approx \omega_{0.1}^2 = \frac{K}{m + m_1} \quad (20)$$

Если установить магнит массы  $m_2$ , изменится резонансная частота -  $\omega_2$ :

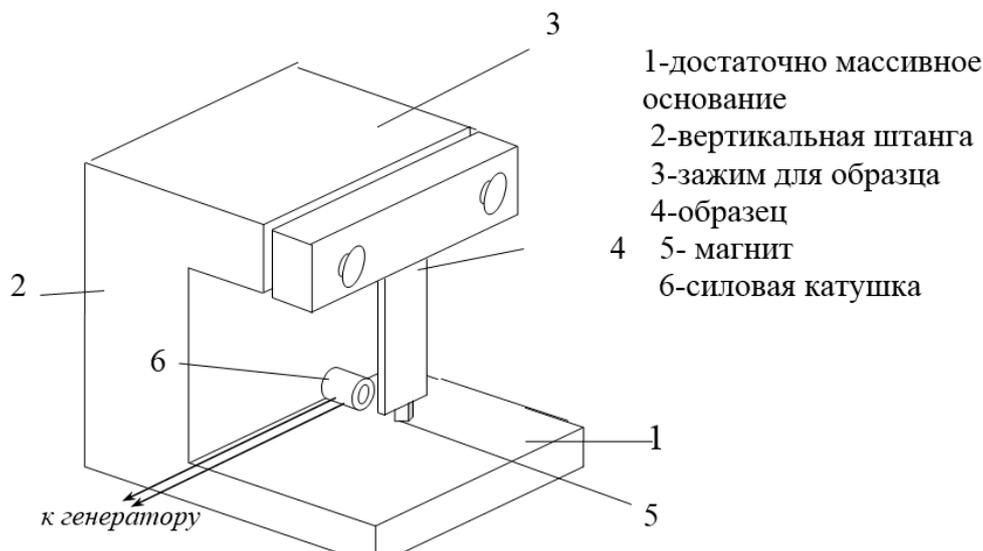
$$\omega_{p.2}^2 \approx \omega_{0.2}^2 = \frac{K}{m + m_2} \quad (21)$$

Из соотношений (20) и (21) определяется распределенная масса, выражаемая следующим уравнением

$$m = \frac{\omega_{p.1}^2 m_1 - \omega_{p.2}^2 m_2}{\omega_{p.2}^2 - \omega_{p.1}^2} = \frac{v_{p.1}^2 m_1 - v_{p.2}^2 m_2}{v_{p.2}^2 - v_{p.1}^2} \quad (22)$$

Для определения показателей жесткости ткани из льна (рис. 3) предлагаемое устройство состоит из достаточно массивного основания - 1 к основанию которого крепится вертикальная штанга - 2. Зажим - 3, фиксируемый на штанге в ее верхней части с помощью стопорного винта, включает две прямоугольные прижимные пластины, причем одна из пластин имеет дополнительно упругий элемент - пружину. Образец - 4, выбираемый из ткани, имеет размер 70 x 20 мм устанавливается вертикально. Свободная часть образца длиной 24 мм, выходящая из зажима для снижения аэродинамического сопротивления при испытаниях в динамических условиях.

К образцу к его нижней свободной части - 4 крепится ферромагнит - 5, массой  $m_1 = 0,0213 \cdot 10^{-3}$  кг. На уровне магнита - 5, к штанге - 2 крепится силовая катушка 6, с сердечником из ферромагнитного сплава, имеющего магнитную проницаемость  $\mu = 2000$ . Генератор стандартных сигналов ГЗ-110К подключается к силовой катушке 6. С целью регистрации изгибной деформации используется измерительный микроскоп (например, МИ-1).



**Рисунок 3.** Установка для определения деформаций ткани

При прохождении электрического тока по силовой катушке - 6 от генератора стандартных сигналов, в сердечнике индуцируется переменное магнитное поле, с частотой соответствующей частоте генератора, задающего сигнал. Индуцируемое силовой катушкой магнитное поле - 6 взаимодействует с другим магнитным полем. Оно создается постоянным магнитом - 5, вследствие чего тот, закрепленный на образце ткани - 4 совершает колебания. Возбуждаемый генератором ток задается с условием обеспечения достигаемой амплитуды деформации образца - 4 в не более миллиметра. При изменении частоты сигналов задающего генератора -  $\nu$ , фиксируют с помощью измерительного микроскопа амплитуду деформации -  $x$  изгиба ткани.

После статистической обработки результатов объективно определяются сформулированные характеристики материалов [3, 6]. Методика проведения экспериментальных исследований проверена на всех видах перечисленных материалов и высоко оценивается практическими работниками предприятий и торговли.

### Заключение

Работоспособность и долговечность бытовой техники, а также изделий легкой промышленности во многом зависят от эксплуатационных свойств композиционных материалов, которые широко применяются в подобных изделиях. Предлагаемый метод исследования деформационных характеристик позволяет уже на стадии производства формировать свойства получаемых изделий. Разработана методика проведения испытаний полимерных и других материалов легкой промышленности, что позволяет с высокой степенью обоснованности прогнозировать их поведения в технологическом процессе, а также при дальнейшей эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аскадский А.А., Хохлов А. Р. Введение в физикохимию полимеров. – М.: Научный мир, 2009. – 380 с
2. Белокуров В.Н., Бочаров В.Г., Лапшин В.В. Деформационные свойства тканей изо льна//Материалы научно-технической конференции «Современные наукоемкие инновационные технологии развития промышленности региона. Кострома, 2006 г.
3. Белокуров В.Н., Бочаров В.Г. Определение упругости волосяного покрова меха// Материалы Международного симпозиума «Индустрия моды». Москва, МГУДТ, 2007 г.
4. Губанов, Н.Н., Иванов, В.А., Крымская, Е.Я., Есипов, В.Е. Влияние внешних факторов на долговечность инженерных подземных коммуникаций [Электронный ресурс] // Сборник научных статей “Сервис в России и за рубежом”. 2011, № 8 (27)
5. Иванов В.А., Шагунов Д.В., Байкин С.Д. Модернизация оборудования сервиса как способ расширения его технологических возможностей//Электротехнические и информационные комплексы и системы № 2, т. 8, 2012 г. С.2-8
6. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Физико-химические методы исследования полимеров: Томский политехнический университет (ТПУ). –Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 130 с.
7. Тимошенко М.В., Гараз Т.В., Пономарева Ю.Н. Числовые характеристики распределения при обработке результатов эксперимента//Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – Т.6, №2. – С. 42-46.
8. Рашкин В.В., Иванов В.А. Тенденции и перспективы развития оборудования кожевенных производств//Электротехнические и информационные комплексы и системы. №1, т.8. 2012. С. 40-46

**Рецензент:** Комаров Николай Михайлович, доктор экономических наук, профессор, член редколлегии журнала.

**Belokurov Vladislav Nikolaevich**

Russian State University of Tourism and Service  
Russia, Moscow  
E-mail: belokurov1943@mail.ru

**Zaviazkina Lubov Semenovna**

Russian State University of Tourism and Service  
Russia, Moscow  
E-mail: lyubo52@yandex.ru

**Shagunov Dmitriy Valentinovich**

Russian State University of Tourism and Service  
Russia, Moscow  
E-mail: tamara41@inbox.ru

## **Conditions of polymeric material production with defined deformation indices**

**Abstract.** The deformation properties of polymeric materials determine their technological characteristics: processibility, i.e. machining quality, and substantially generate the operational performances that provide the finished product life. During the life cycle and stages of design and manufacture of products designers and technologists need to be taken into account as much as possible and really forecast the subsequent temporal variations of the structural material deformation properties during the following service of the finished product. This fact usually occurs under the action of humidity, temperature, unfavorable process loads and certain types of physical and mechanical effects. Considering the deformation properties of polymeric materials it is to be noted the following: taken together they are characterized by the elastic and viscous components. However the quantitative evaluation of combination of these components and their optimization on the stages of design study and production are not performed because of difficulty of determining these indices. The existing techniques for evaluating stiffness value are characterized by considerable duration and labor content, as a rule, resulting in destruction of material and, consequently, product itself or its part. The proposed technique was developed to remove the pointed defects and can be recommended for use under laboratory and production conditions on the stages of design and manufacturing of polymer products.

**Keywords:** analysis; strain amplitude; viscosity; oscillatory process; composite materials; relaxation; elasticity.

## REFERENCES

1. Askadskiy A.A., Khokhlov A. R. Vvedenie v fizikokhimiyu polimerov. – M.: Nauchnyy mir, 2009. – 380 s
2. Belokurov V.N., Bocharov V.G., Lapshin V.V. Deformatsionnye svoystva tkaney izo l'na//Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Sovremennye naukoemkie innovatsionnye tekhnologii razvitiya promyshlennosti regiona. Kostroma, 2006 g.
3. Belokurov V.N., Bocharov V.G. Opredelenie uprugosti volosyanogo pokrova mekha//Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Industriya mody». Moskva, MGUDT, 2007 g.
4. Gubanov, N.N., Ivanov, V.A., Krymskaya, E.Ya., Esipov, V.E. Vliyanie vneshnikh faktorov na dolgovechnost' inzhenernykh podzemnykh kommunikatsiy [Elektronnyy resurs] // Sbornik nauchnykh statey “Servis v Rossii i za rubezhom”. 2011, № 8 (27)
5. Ivanov V.A., Shagunov D.V., Baykin S.D. Modernizatsiya oborudovaniya servisa kak sposob rasshireniya ego tekhnologicheskikh vozmozhnostey//Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy № 2, t. 8, 2012 g. S.2-8
6. Sutyagin V.M., Lyapkov A.A. Fiziko-khimicheskie metody issledovaniya polimerov: Tomskiy politekhnicheskiiy universitet (TPU). –Tomsk: Izd-vo TPU, 2008. – 130 s.
7. Timoshenko M.V., Garaz T.V., Ponomareva Yu.N. Chisl'ovye kharakteristiki raspredeleniya pri obrabotke rezul'tatov eksperimenta//Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy. – 2010. – T.6, №2. – S. 42-46.
8. Rashkin V.V., Ivanov V.A. Tendentsii i perspektivy razvitiya oborudovaniya kozhevennykh proizvodstv//Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy. №1, t.8. 2012. S. 40-46