

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2020, №4, Том 5 / 2020, No 4, Vol 5 <https://kostumologiya.ru/issue-4-2020.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/22TLKL420.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Котоменкова О.Г., Виноградова А.В. Влияние факторов износа на деструкцию материалов специального назначения // Научный журнал «Костюмология», 2020 №4, <https://kostumologiya.ru/PDF/22TLKL420.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Kotomenkova O.G., Vinogradova A.V. (2020). Influence of wear factors on the destruction of special-purpose materials. *Journal of Clothing Science*, [online] 4(5). Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/22TLKL420.pdf> (in Russian)

УДК 620.22:620.16

ГРНТИ 64.29.81

Котоменкова Ольга Геннадьевна

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Высшая школа сервиса и торговли
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: kot-og@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0034-0315>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=620741
Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/AAF-5638-2019>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205389274>
Google Академия: <https://scholar.google.ru/citations?user=JrjiUnYAAAAJ>

Виноградова Анна Вячеславовна

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Высшая школа сервиса и торговли
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: ann-vin@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6039-429X>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=288484
Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/H-8802-2018>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205391665>
Google Академия: https://scholar.google.ru/citations?user=fBWt_7gAAAAJ

**Влияние факторов износа на
деструкцию материалов специального назначения**

Аннотация. В статье авторами отмечается, что методологической основой для стабилизации качества и безопасности текстильных материалов является знание механизмов их деструкции. Сложность проблемы заключается в том, что в реальных условиях деструкция материалов происходит под влиянием не одного, а комплекса деструктирующих факторов. В статье представлены результаты исследования, на основе которых сделаны выводы.

При деформации растяжения, изгиба и сжатия ухудшаются свойства текстильных материалов вследствие расшатывания связей между отдельными нитями в изделии, между отдельными волокнами в нитях, а также внутримолекулярной структуры без потери массы. Уровень снижения прочности тканей в результате многократных растяжений зависит, в основном, от их волокнистого состава.

Удлинение в момент разрыва характеризует способность тканей к деформации растяжения. Устойчивость изделий одежды к действию многократных нагрузок свидетельствует о хороших релаксационных свойствах материала, что приводит к восстановлению отдельных структурных элементов при воздействии механических факторов.

При изгибе растяжению подвергается внешняя часть материала, а внутренняя испытывает сжатие. Постепенное расшатывание внутримолекулярной структуры волокон вследствие многократно повторяющихся изгибов в процессе эксплуатации изделий приводит к снижению прочности тканей.

По сопротивлению к истиранию можно судить о продолжительности срока службы материалов. При истирании постепенно уменьшается масса тканей в результате отщепления, отламывания и выпадения из тканей кончиков волокон и элементарных нитей.

При влажно-тепловых обработках и инсоляции изделия подвергаются кратковременным или длительным физико-механическим и химическим воздействиям. Структурные изменения волокон могут быть подтверждены измерением вязкости медно-аммиачного раствора.

Материалы настоящей статьи являются частью диссертационного исследования одного из авторов.

Ключевые слова: текстильные материалы; ткани специального назначения; факторы износа; деструкция материалов; биодеструкция; фотодеструкция; механодеструкция; эксплуатационные свойства

Введение

Обоснованное научное исследование свойств специальной одежды базируется на знании причин, приводящих к изменению свойств материалов при эксплуатации и хранении, называемых нами факторами износа.

Следует отметить, что в процессе эксплуатации и хранения на одежду воздействуют различные факторы износа. Среди них физико-химические (действие воды, пота, моющих жидкостей, горячего утюга), химические (действие щелочей, кислот, топлив, агрессивных жидкостей), биологические (действие микроорганизмов и насекомых), механические (трение, растяжение, многократный изгиб) и комбинированные. При этом отдельное, изолированное действие какого-либо фактора износа проявляется редко. Чаще встречается комбинированное воздействие ряда факторов износа, например, света и трения, или стирки и горячего утюга и т. п. Причем в зависимости от назначения и условий эксплуатации одежда подвергается воздействию различных факторов износа в неодинаковой степени, вызывая необратимую деструкцию текстильных материалов.

Термин «деструкция» применяется в различных областях знаний (философия, медицина, биология и др.). В материаловедении он ассоциируется, прежде всего, с процессами био- и фотодеструкции, в том числе в наших работах [1; 2] и работах ряда авторов [3; 4]. Котоменковой О.Г. для изучения свойств текстильных материалов в процессе эксплуатации дополнительно были использованы понятия механо- и химодеструкции [5]. Материалы настоящей статьи являются частью диссертационного исследования одного из авторов.

Ранее нами был проведен ряд исследований по влиянию факторов хранения на биодеструкцию текстильных материалов [2; 6]. Целью настоящего исследования являлось изучение деструкции материалов специального назначения под действием многократных растяжений и изгибов, истирания, влажно-тепловых обработок и ультрафиолетового света.

Ранее нами [5] и рядом авторов [7; 8] отмечалось, что в лабораторных испытаниях только частично воспроизводится износ материалов, и необходима разработка критериев износа и создание экспресс-методов моделирования натурального процесса деструкции.

Некоторые авторы [9; 10] износ текстильных материалов связывают, в первую очередь, с изменениями их функционально-эксплуатационных свойств и предлагают исследовать деструкцию с помощью методов математического моделирования деформационных и релаксационных процессов. Отдельными авторами разрабатываются аналитические и компьютерные методики прогнозирования деформационных процессов в материалах [11; 12], что, безусловно, позволяет оценить их эксплуатационные свойства [13], в том числе специального назначения [14]. Однако для разработки модели влияния факторов износа на деструкцию текстильных материалов необходимо проведение комплекса исследований, включающих изменение свойств под действием многократных растяжений и изгибов, истирания, влажно-тепловых обработок и ультрафиолетового света.

В качестве объектов исследования в работе были выбраны материалы специального назначения, предназначенные для изготовления военной одежды: саржа хлопкополиэфирная костюмная и саржа полиэфирно-вискозная костюмная. Выбор тканей основан на том, что они занимают наибольший удельный вес в качестве материалов для изготовления одежды военнослужащих всех родов войск. Определение показателей эксплуатационных свойств проводили по стандартным методикам.

Результаты исследования и их анализ

Влияние многократных растяжений и изгибов на прочность тканей

При растяжении тканей стандартно определяют разрывные характеристики и удлинение. Однако большее значение для характеристики свойств тканей имеет удлинение при нагрузках, значительно меньше разрывных.

Результаты исследования поведения тканей при растяжении при нагрузке 25 % разрывной приведены на рисунках 1 и 2.

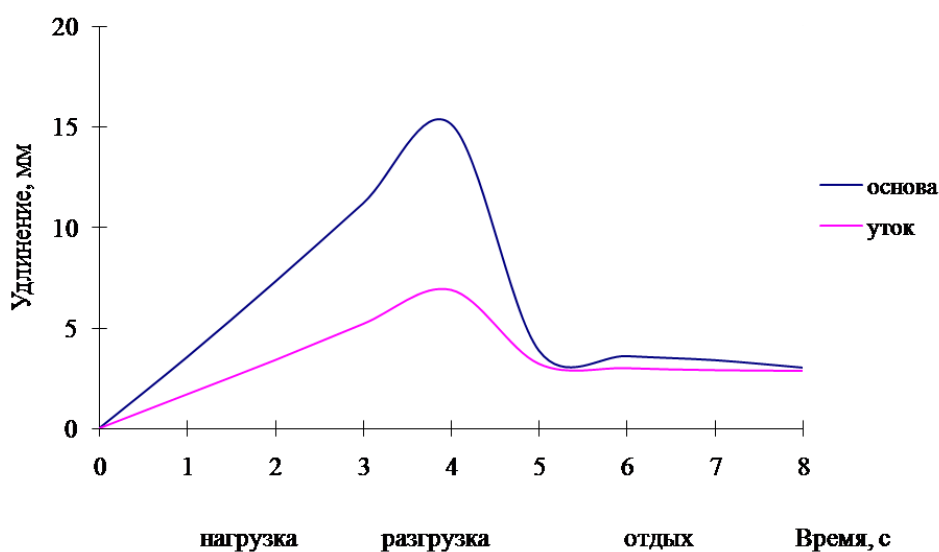


Рисунок 1. Кривая «нагрузка-разгрузка-отдых» саржи полиэфирно-вискозной костюмной (разработано автором)

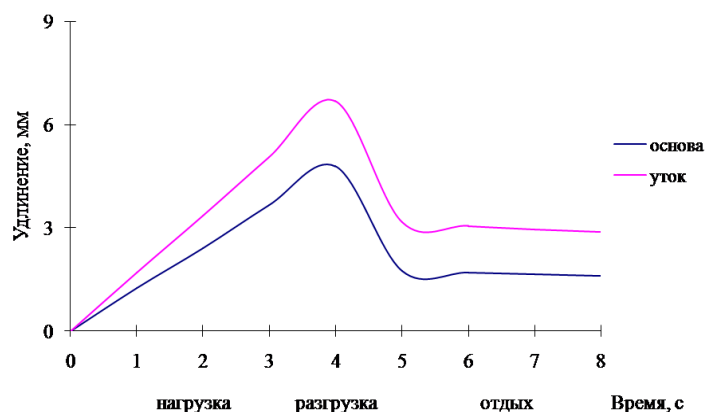


Рисунок 2. Кривая «нагрузка-разгрузка-отдых» саржи хлопкополиэфирной костюмной (разработано автором)

Данные рисунков 1 и 2 свидетельствуют о том, что при растяжении наблюдается явление постепенной потери упругого удлинения, увеличения пластичности, расшатывания структурных элементов ткани, что приводит к ухудшению свойств в результате возникновения внутренних напряжений и ускоренному разрушению пряжи и тканей после определенного числа растяжений.

Уровень снижения прочности тканей в результате многократных растяжений зависит, в основном, от их волокнистого состава. Саржа полиэфирно-вискозная костюмная по сравнению с саржей хлопкополиэфирной костюмной обладает более хорошей формоустойчивостью и износостойкостью, что видно по высоким показателям обратной деформации (упругое и эластичное удлинение) по основе и утку. Саржа хлопкополиэфирная костюмная наоборот характеризуется наибольшим пластическим удлинением (необратимой деформацией), что говорит о ее способности при носке вытягиваться, терять форму, быстро изнашиваться. Это объясняется тем, что в природном хлопковом волокне, имеющем линейное строение, параллелизация макромолекул не является идеальной, и волокна могут быть более вытянуты или несколько изогнуты, что обеспечивает их большее удлинение и, как следствие, наличие высокой необратимой деформации в тканях. А в процессе производства химических волокон на стадии их формования происходит регулирование степени ориентации макромолекул и плотности их упаковки, в результате чего можно получить волокна и ткани с заданными прочностными характеристиками [5].

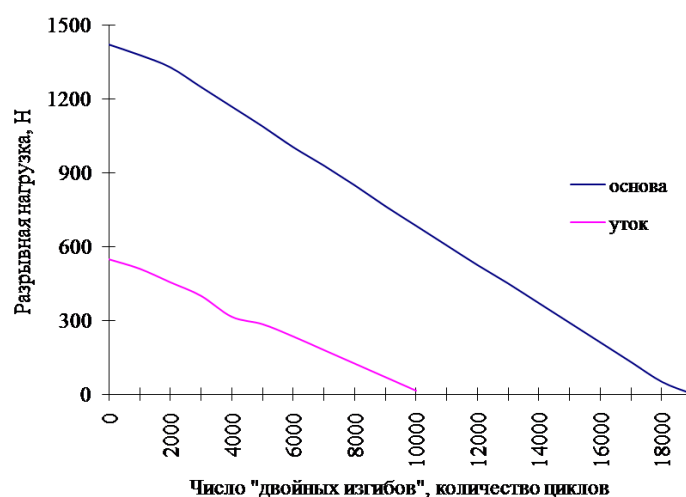


Рисунок 3. Снижение разрывной нагрузки саржи полиэфирно-вискозной костюмной после воздействия многократного изгиба (разработано автором)

Условия деформации изгиба отличаются от условий деформации растяжения: растяжению при изгибе подвергается внешняя часть ткани, а внутренняя испытывает сжатие.

Для изучения влияния многократного изгиба на разрывную нагрузку образцы тканей подвергали многократному изгибу (количество «двойных изгибов» принимали равное 10 % от числа изгибов до полного разрушения тканей по основе и утку). Данные, полученные при проведении эксперимента, приведены на рисунках 3 и 4.

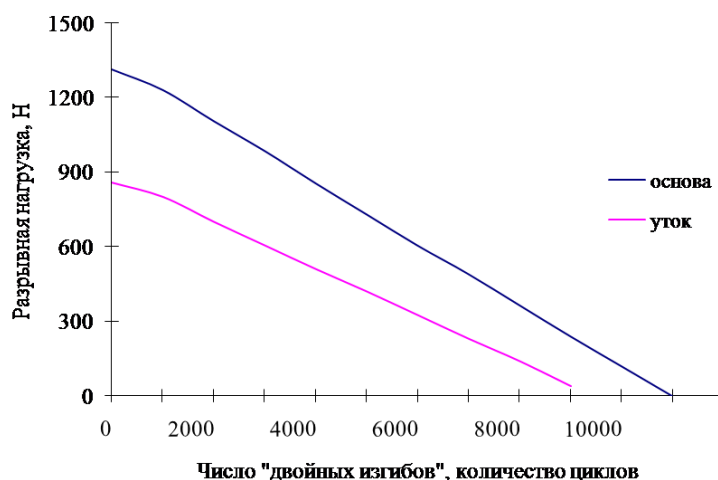


Рисунок 4. Снижение разрывной нагрузки саржи хлопкополиэфирной костюмной после воздействия многократного изгиба (разработано автором)

Снижение прочности тканей (рисунки 3 и 4) связано, прежде всего, с местным разрушением связей между отдельными волокнами в пряже, между отдельными элементарными нитями и между нитями в изделиях вследствие физико-механических воздействий при многократном изгибе.

Влияние истирания на износоустойчивость тканей

Ткань может подвергаться трению по плоскости и на сгибах в одном направлении или беспорядочно с разной растягивающей или сжимающей нагрузкой. В первую очередь, истирающим воздействиям подвергается опорная поверхность ткани.

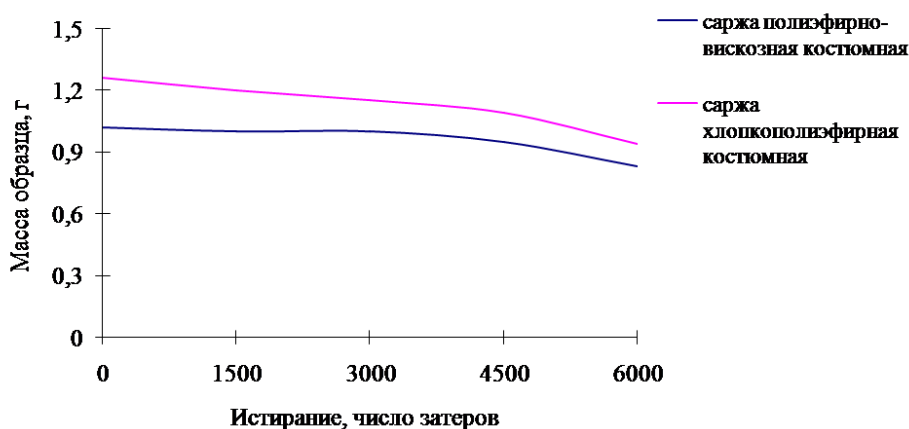


Рисунок 5. Уменьшение массы тканей при истирании (разработано автором)

В отличие от деформации растяжения, изгиба и сжатия, при которых, как отмечалось выше, свойства тканей ухудшаются вследствие расшатывания связей между отдельными

нитьями в изделии, между отдельными волокнами в нитях, а также внутримолекулярной структуры без потери массы, при истирании постепенно уменьшается масса тканей в результате отщепления, отламывания и выпадения из ткани кончиков волокон или элементарных нитей (рисунок 5).

Влияние влажно-тепловых воздействий и ультрафиолетового света на прочность тканей

При влажно-тепловых обработках (стирка, глажение и др.) изделия подвергаются кратковременным или длительным физико-механическим и химическим воздействиям.

Стирка является одним из существенных факторов износа одежды, так как при стирке на белье воздействует механическое трение, мыльно-содовый раствор, высокая температура. Определенную роль в разрушении тканей играет глажение и воздействие пота.

Вязкость раствора полимера позволяет судить о степени его деструкции, не обнаруживаемой другими способами. Это объясняется тем, что разрушение макромолекул полимеров некоторое время маскируется структурой пряжи, переплетением нитей в тканях. Между вязкостью растворов полимеров и их молекулярным весом существует прямо пропорциональная зависимость, причем вязкость растворов повышается с увеличением концентрации полимера и его молекулярного веса [5]. Результаты определения вязкости медно-аммиачного раствора представлены на рисунках 6–8.

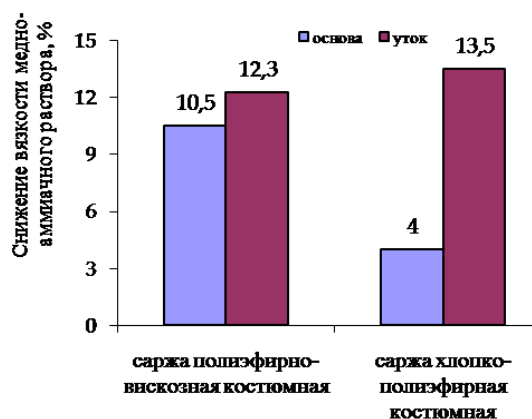


Рисунок 6. Изменение вязкости медно-аммиачного раствора тканей после воздействия стирки (разработано автором)

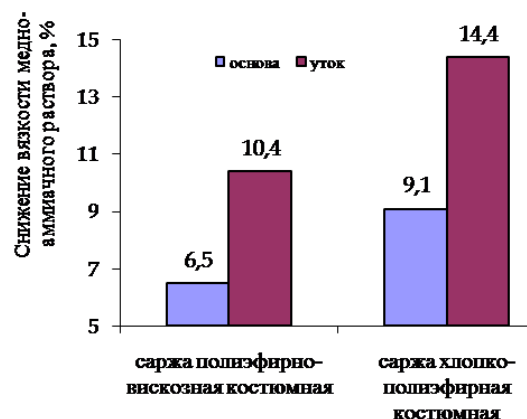


Рисунок 7. Изменение вязкости медно-аммиачного раствора тканей после воздействия глажения (разработано автором)

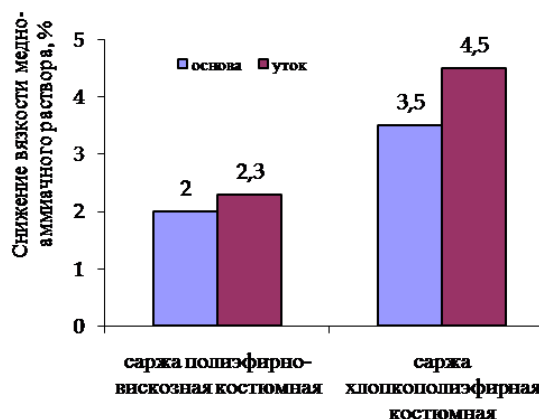


Рисунок 8. Изменение вязкости медно-аммиачного раствора тканей после воздействия «пота» (разработано автором)

По данным рисунка 6 после стирки наибольшее снижение показателя наблюдается у саржи хлопкополиэфирной костюмной, что объясняется волокнистым составом тканей: химические нити за счет особенностей надмолекулярной структуры более устойчивы к физико-механическим воздействиям по сравнению с хлопковым волокном, в котором параллелизация макромолекул не является идеальной [5]. Уменьшение вязкости медно-аммиачного раствора тканей после глажения (рисунок 7) также объясняется их волокнистым составом, а именно, устойчивостью к действию высоких температур. После воздействия на ткани «пота» исследуемый показатель практически не изменяется (рисунок 8).

Как уже отмечалось выше, необратимую деструкцию тканей при исследовании влияния факторов износа на текстильные материалы вызывает действие света и светопогоды. О влиянии инсоляции на ткани судили по изменению их прочности под действием ультрафиолетового света (рисунки 9 и 10).

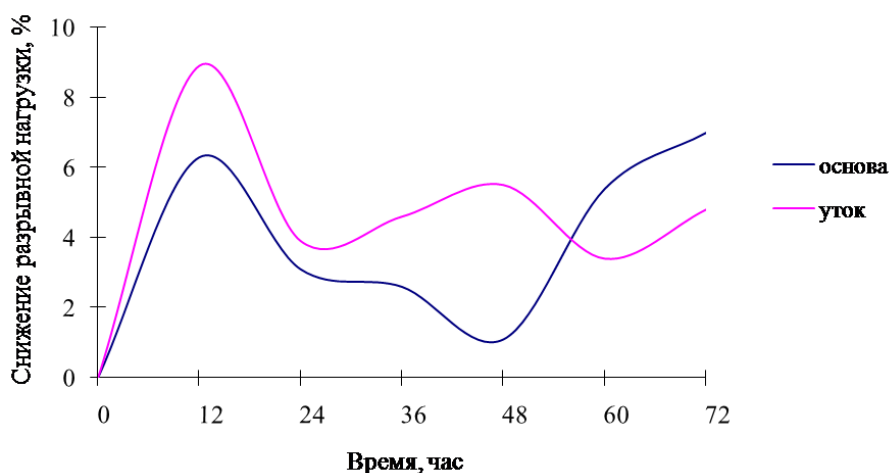


Рисунок 9. *Снижение прочности саржи полиэфирно-вискозной костюмной после воздействия ультрафиолетового света (разработано автором)*

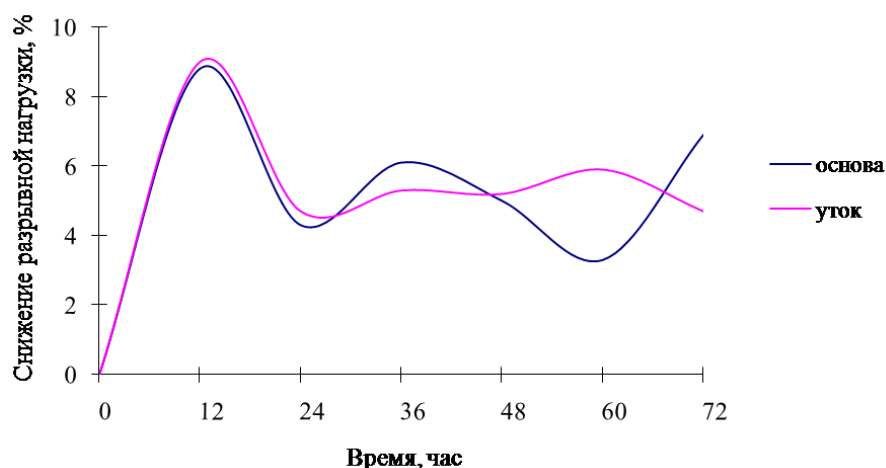


Рисунок 10. *Снижение прочности саржи хлопкополиэфирной костюмной после воздействия ультрафиолетового света (разработано автором)*

Потеря прочности образцов тканей в процессе воздействия ультрафиолетового света происходит как в направлении основы, так и в направлении утка (рисунки 9 и 10).

Анализируя кривые снижения разрывной нагрузки образцов во времени воздействия ультрафиолетового света, можно выделить несколько временных периодов. В первые 12 часов после воздействия наблюдается наибольшая потеря прочности. На этом этапе фотодеструкции

происходит поглощение молекулой света, переход ее в фотовозбужденное состояние, в результате чего протекает ряд сложных химических реакций [5]. Снижение скорости фотодеструкции после 12 часов облучения происходит потому, что большая часть радикалов, образовавшаяся в результате энергетического возбуждения, уже прореагировала в химических реакциях. Фотовозбужденная молекула разрушается не непосредственно под действием поглощенного света, а в результате взаимодействия с активными частицами. Если количество этих частиц снижается, то снижается и скорость фотодеструкции, так как часть возбужденных молекул возвращается в исходное состояние.

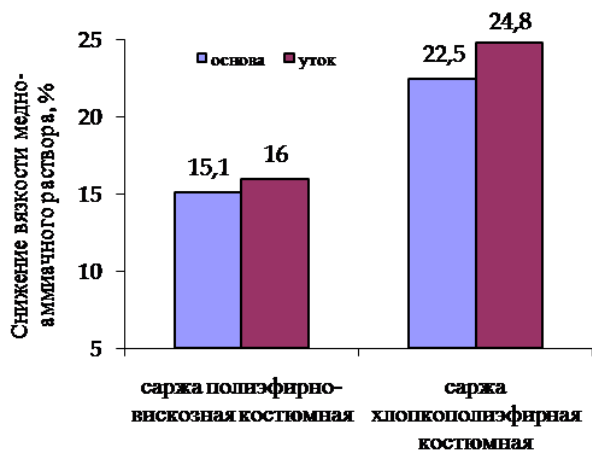


Рисунок 11. Изменение вязкости медно-аммиачного раствора тканей после воздействия ультрафиолетового света (разработано автором)

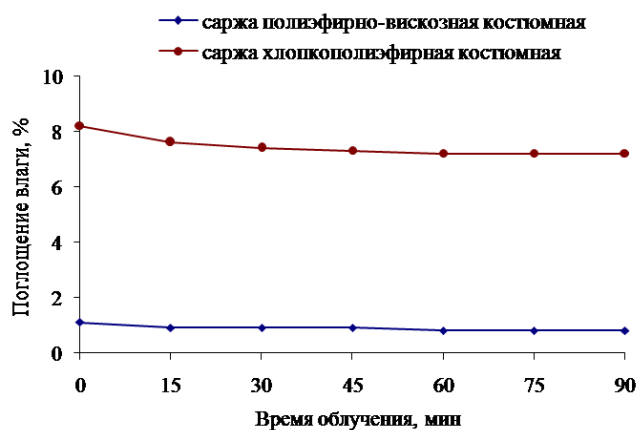


Рисунок 12. Поглощение влаги тканями во времени после воздействия ультрафиолетового света (разработано автором)

Результаты исследования влияния воздействия ультрафиолетового света на прочность тканей подтверждаются данными, полученными при определении вязкости медно-аммиачного раствора (рисунок 11).

Кроме того, свидетельством процесса фотодеструкции волокон в результате воздействия ультрафиолетового света является снижение способности полимеров поглощать и удерживать воду (рисунок 12).

В результате фотодеструкции в полимере происходит локальная кристаллизация. Воду могут принимать, главным образом, аморфные и неупорядоченные области. Деструкция полимера увеличивает его способность кристаллизоваться, а сшивки уменьшают способность удерживать воду [5].

Выводы

В заключение следует отметить, что методологической основой для стабилизации качества и безопасности текстильных материалов является знание механизмов (кинетика, химизм) их деструкции. Сложность проблемы заключается в том, что в реальных условиях деструкция текстильных материалов происходит под влиянием не одного, а комплекса деструктирующих факторов в процессе эксплуатации и хранения.

Основные выводы по итогам проведенного исследования могут быть сформулированы следующим образом:

1. При деформации растяжения, изгиба и сжатия ухудшаются свойства текстильных материалов вследствие расшатывания связей между отдельными нитями в изделии, между отдельными волокнами в нитях, а также внутримолекулярной

- структуры без потери массы. Уровень снижения прочности тканей в результате многократных растяжений зависит, в основном, от их волокнистого состава.
2. Удлинение в момент разрыва характеризует способность тканей к деформации растяжения. Устойчивость изделий одежды к действию многократных нагрузок свидетельствует о хороших релаксационных свойствах материала, что приводит к восстановлению отдельных структурных элементов при воздействии механических факторов.
 3. При изгибе растяжению подвергается внешняя часть материала, а внутренняя испытывает сжатие. Постепенное расшатывание внутримолекулярной структуры волокон вследствие многократно повторяющихся изгибов в процессе эксплуатации изделий приводит к снижению прочности тканей.
 4. По сопротивлению к истиранию можно судить о продолжительности срока службы материалов. При истирании постепенно уменьшается масса тканей в результате отщепления, отламывания и выпадения из тканей кончиков волокон и элементарных нитей.
 5. При влажно-тепловых обработках и инсоляции изделия подвергаются кратковременным или длительным физико-механическим и химическим воздействиям. Структурные изменения волокон могут быть подтверждены измерением вязкости медно-аммиачного раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kotomenkova O., Vinogradova A. Biostability of cotton fibers with different natural colors and selection // *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16. № 4. P. 1742–1751.
2. Котоменкова О.Г., Виноградова А.В. Дисперсионный анализ влияния условий и сроков хранения на степень биодеструкции текстильных материалов // *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*. 2018. № 9 (115). С. 6.
3. Саляхова М.А., Карасева И.П., Пухачева Э.Н., Фатхутдинов Р.Х., Уваев В.В. Фотохимическая деструкция текстильных материалов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2013. Т. 16. № 17. С. 92–93.
4. Устюгова Е.Г., Ермилова И.А., Рыжков А.А., Зернина С.Г. Деструкция модифицированных поливинилспиртовых волокон микрофлорой шерсти в современных композициях // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2010. № 19. С. 200–207.
5. Котоменкова О.Г., Зезин В.А., Горина Е.В. Изменение свойств материалов для изготовления военной одежды в процессе эксплуатации: Монография. Саратов: Наука, 2007. 80 с.
6. Котоменкова О.Г., Виноградова А.В. Биоповреждаемость тканей детского ассортимента в процессе хранения // *Международный научный журнал*. 2017. № 4. С. 94–99.
7. Пушнова Л.С., Тюменев Ю.Я. Анализ существующих методов определения стойкости к истиранию текстильных материалов // *Сервис в России и за рубежом*. 2012. № 8 (35). С. 190–196.

8. Нуркевич С.А., Матрохин А.Ю. Формирование критериев оценки износа полиамидных тканей под воздействием ультрафиолетового излучения // Технологии и качество. 2017. № 1 (37). С. 21–24.
9. Вагнер В.И., Ананичев Е.А., Егорова М.А., Климова Н.С., Кобякова Ю.В. Моделирование функционально-эксплуатационных свойств полимерных текстильных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. 2019. № 4 (56). С. 133–140.
10. Хамматова В.В., Каюмов Р.А. Математическое моделирование деформирования текстильных материалов с содержанием полимерных волокон // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 14. С. 154–155.
11. Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М. Компьютерное моделирование деформационных процессов текстильных материалов // Физико-химия полимеров: синтез, свойства и применение. 2005. № 11. С. 161–166.
12. Демидов А.В., Макаров А.Г. Моделирование деформационных процессов текстильных полимерных материалов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. 2010. № 2. С. 40–44.
13. Вагнер В.И., Ананичев Д.А., Егорова М.А., Климова Н.С., Кобякова Ю.В. Применение методов системного анализа и математического моделирования для прогнозирования и оценки деформационных и восстановительных свойств текстильных эластомеров // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2019. Т. 46. № 4. С. 5–15.
14. Расулова М.К., Ташпулатов С.Ш., Черунова И.В. Разработка технологии изготовления спецодежды с улучшенными эксплуатационными свойствами: Монография. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2020. 191 с.

Kotomenkova Olga Gennadievna

Peter the great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: kot-og@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0034-0315>

РИИЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=620741

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/AAF-5638-2019>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205389274>

Google Академия: <https://scholar.google.ru/citations?user=JrjiUnYAAAAJ>

Vinogradova Anna Vyacheslavovna

Peter the great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: ann-vin@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6039-429X>

РИИЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=288484

Researcher ID: <https://www.researcherid.com/rid/H-8802-2018>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205391665>

Google Академия: https://scholar.google.ru/citations?user=fBWt_7gAAAAJ

Influence of wear factors on the destruction of special-purpose materials

Abstract. In the article, the authors note that the methodological basis for stabilizing the quality and safety of textile materials is knowledge of the mechanisms of their destruction. The complexity of the problem lies in the fact that in real conditions, the destruction of materials occurs under the influence of not one, but a complex of destructive factors. The article presents the results of the study, on the basis of which conclusions are made.

During the deformation of stretching, bending and compression, the properties of textile materials deteriorate due to loosening of the bonds between individual threads in the product, between individual fibers in the threads, as well as the intramolecular structure without loss of mass. The level of reduction in the strength of tissues as a result of repeated stretching depends mainly on their fibrous composition.

Elongation at the moment of rupture characterizes the ability of tissues to stretch deformation. The resistance of clothing products to the action of multiple loads indicates good relaxation properties of the material, which leads to the restoration of individual structural elements under the influence of mechanical factors.

When bending, the outer part of the material is stretched, and the inner part is compressed. The gradual loosening of the intramolecular structure of fibers due to repeated bends during the operation of products leads to a decrease in the strength of fabrics.

By the abrasion resistance, you can judge the duration of the service life of materials. During abrasion, the mass of tissues gradually decreases as a result of splitting, breaking off and falling out of the ends of fibers and elementary threads from the tissues.

During wet-heat treatments and insolation, the products are subjected to short – term or long-term physical, mechanical and chemical effects. Structural changes in the fibers can be confirmed by measuring the viscosity of the copper-ammonia solution.

The materials of this article are part of the dissertation research of one of the authors.

Keywords: textile materials; special purpose fabrics; wear factors; material degradation; biodegradation; photodestruction; mechanical degradation; performance properties

REFERENCES

1. Kotomenkova O., Vinogradova A. Biostability of cotton fibers with different natural colors and selection // *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16. № 4. R. 1742–1751.
2. Kotomenkova O.G., Vinogradova A.V. Dispersionnyy analiz vliyaniya usloviy i srokov khraneniya na stepen' biodestruktsii tekstil'nykh materialov // *Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami: ehlektronnyy nauchnyy zhurnal*. 2018. № 9 (115). S. 6.
3. Salyakhova M.A., Karaseva I.P., Pukhacheva Eh.N., Fatkhutdinov R.Kh., Uvaev V.V. Fotokhimicheskaya destruktsiya tekstil'nykh materialov // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2013. T. 16. № 17. S. 92–93.
4. Ustyugova E.G., Ermilova I.A., Ryzhkov A.A., Zernina S.G. Destruktsiya modifitsirovannykh polivinilspirtovykh volokon mikrofloroy shersti v sovremennykh kompozitsiyakh // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010. № 19. S. 200–207.
5. Kotomenkova O.G., Zezin V.A., Gorina E.V. *Izmenenie svoystv materialov dlya izgotovleniya voennoy odezhdy v protsesse ehkspluatatsii: Monografiya*. Saratov: Nauka, 2007. 80 s.
6. Kotomenkova O.G., Vinogradova A.V. Biopovrezhdaemost' tkaney detskogo assortimenta v protsesse khraneniya // *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. 2017. № 4. S. 94–99.
7. Pushnova L.S., Tyumenev Yu.Ya. Analiz sushchestvuyushchikh metodov opredeleniya stoykosti k istiraniyu tekstil'nykh materialov // *Servis v Rossii i za rubezhom*. 2012. № 8 (35). S. 190–196.
8. Nurkevich S.A., Matrokhin A.Yu. Formirovanie kriteriev otsenki iznosa poliamidnykh tkaney pod vozdeystviem ul'trafioletovogo izlucheniya // *Tekhnologii i kachestvo*. 2017. № 1 (37). S. 21–24.
9. Vagner V.I., Ananichev E.A., Egorova M.A., Klimova N.S., Kobyakova Yu.V. Modelirovanie funktsional'no-ehkspluatatsionnykh svoystv polimernykh tekstil'nykh materialov // *Dizayn. Materialy. Tekhnologiya*. 2019. № 4 (56). S. 133–140.
10. Khammatova V.V., Kayumov R.A. Matematicheskoe modelirovanie deformirovaniya tekstil'nykh materialov s sodержaniem polimernykh volokon // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2012. T. 15. № 14. S. 154–155.
11. Demidov A.V., Makarov A.G., Stalevich A.M. Komp'yuternoe modelirovanie deformatsionnykh protsessov tekstil'nykh materialov // *Fiziko-khimiya polimerov: sintez, svoystva i primeneniye*. 2005. № 11. S. 161–166.
12. Demidov A.V., Makarov A.G. Modelirovanie deformatsionnykh protsessov tekstil'nykh polimernykh materialov // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 1. Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2010. № 2. S. 40–44.
13. Vagner V.I., Ananichev D.A., Egorova M.A., Klimova N.S., Kobyakova Yu.V. *Primeneniye metodov sistemnogo analiza i matematicheskogo modelirovaniya dlya prognozirovaniya i otsenki deformatsionnykh i vosstanovitel'nykh svoystv tekstil'nykh ehlastomerov* // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti*. 2019. T. 46. № 4. S. 5–15.
14. Rasulova M.K., Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V. *Razrabotka tekhnologii izgotovleniya spetsodezhdy s uluchshennymi ehkspluatatsionnymi svoystvami: Monografiya*. Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga», 2020. 191 s.