



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»  
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

**ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,  
ОКПО 02068574**

Политехническая ул., 29, С.-Петербург, 195251  
Телефон (812) 297-20-95, факс 552-60-80  
E-mail: [office@spbstu.ru](mailto:office@spbstu.ru)

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию

**Шванкина Александра Михайловича** на тему «Повышение конкурентоспособности арамидных текстильных материалов на основе внедрения методов качественного анализа их эксплуатационно-деформационных свойств на стадии проектирования и производства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.22 - Организация производства (текстильная и легкая промышленность)

### **Актуальность темы исследования**

Объектами исследования диссертационной работы являются арамидные текстильные материалы, которые находят широкое применение практически во всех областях техники. Высокопрочные и высокомодульные арамидные текстильные материалы широко используются в аэрокосмической, автомобильной, нефтяной промышленности, при производстве специальных композитных материалов и изделий. Обладая значительной огнестойкостью (по сравнению с другими полимерными текстильными материалами), текстильные изделия на основе арамидных волокон и нитей используются для защиты от термических рисков в металлургической и химической промышленности, а также при изготовлении спецодежды пилотов, танкистов, пожарных, сотрудников спецподразделений.

В работе рассмотрены свойства большой группы арамидных текстильных материалов (нитей, шнуров, бронезащитных и огнестойких тканей), как отечественного, так и зарубежного производства.

Диссертационная работа посвящена отработке вопросов повышения конкурентоспособности арамидных текстильных материалов. В условиях действующих санкций, разработка и выпуск конкурентоспособных по качеству и цене арамидных текстильных материалов российского производства является актуальной задачей текстильной и легкой промышленности.

Предметом исследования диссертации являются методы качественного анализа и математического моделирования эксплуатационно-потребительских и функциональных свойств рассматриваемых в работе объектов исследования, а также способы повышения их конкурентоспособности.

Решение поставленных в диссертации задач позволит повысить качество выпускаемых изделий, их функциональность и потребность на российском рынке. По этой причине научная проблема, сформулированная в диссертации, является актуальной, а ее решение способствует повышению качества выпускаемых изделий и усилению экономической безопасности России.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

В диссертационной работе автор исследования использует проверенные методы математического моделирования и системного анализа, а также основные положения, принятые в текстильном материаловедении, физико-химии полимеров, механике деформируемого твердого тела. Основу представленных в работе исследований составляют экспериментальные данные, полученные с помощью аппаратуры изучения деформационных и прочностных свойств полимерных материалов. Автором разработаны методы определения деформационно-эксплуатационных характеристик арамидных текстильных материалов, определена математическая модель, наиболее достоверно описывающая поведение исследуемых материалов, на основе выбранной математической модели деформационно-эксплуатационных характеристик исследуемых материалов представлена качественная оценка их потребительских и функциональных свойств, разработаны методы прогнозирования деформационно-релаксационных процессов, а также компьютерные алгоритмы и программы для ЭВМ по проведению качественной оценки эксплуатационно-потребительских и функциональных свойств арамидных материалов и изделий

Работа начинается с введения, где определены актуальность, цели и задачи работы, сформулирована научная новизна и практическая значимость работы. Основные

положения диссертации направлены на повышение конкурентоспособности арамидных текстильных материалов, поэтому обоснование представленных в работе положений не требует обсуждения.

Первый раздел представляет собой обзор научно-технической литературы по теме диссертации, включающим 193 источника. Автором изложены современные представления о методах исследования деформационных свойств арамидных текстильных материалов, описаны известные способы прогнозирования вязкоупругих процессов, рассмотрен переход от линейной теории вязкоупругости к нелинейной, основанной на учете кинетической природы деформирования. Описаны основные методики определения вязкоупругих характеристик нелинейно-наследственных процессов релаксации и ползучести, прогнозирования деформационных процессов, определения времен релаксации и запаздывания. Конкретные задачи исследования, вытекающие из анализа литературы, следует оценить положительно.

Второй раздел посвящен описанию объектов исследования, - арамидных текстильных материалов: нитей, шнуров, бронезащитных и огнестойких тканей, а также приборной базы для проведения экспериментальных исследований указанных материалов в различных деформационных режимах. Используемая в работе приборная база включает разрывную машину «Instron - 1122», релаксометры напряжений и деформаций. Принятая в работе приборная база позволяет проводить экспериментальные исследования в широком диапазоне нагрузок и скоростей их изменения, используя при этом, в том числе, сложные режимы деформирования. Автор описывает методику проведения экспериментальных испытаний арамидных материалов в режиме растяжения, релаксации и ползучести, приводит диаграммы растяжения полимерных нитей тварон, СВМ, русар, кевлар, а также зависимости их механических характеристик (разрывного напряжения и модуля упругости) от температуры.

В третьем разделе автор рассматривает методы прогнозирования деформационных, восстановительных и релаксационных процессов арамидных текстильных материалов.

Сложность выполнения прогнозирования вязкоупругих характеристик исследуемых полимерных материалов заключается в том, что рассмотренные в работе материалы обладают выраженными вязкоупругими свойствами. Для описания протекающих в них процессов в настоящее время применяется большое количество нелинейных математических моделей (интегральных уравнений), в которых в качестве нелинейных ядер релаксации и ползучести используются различные нормированные функции. Выбор той или иной модели для изучаемых объектов исследования, поведение которых исследуется в заданном режиме эксплуатации, является искусством исследователя и представляет собой квинтэссенцию его творческого потенциала и опыта.

Соответственно точность последующего компьютерного моделирования деформационных и восстановительных процессов арамидных текстильных материалов зависит от правильности выбора математической модели, которая лежит в основе заданного алгоритма для программирования.

Для прогнозирования нелинейно-наследственной релаксации и ползучести арамидных текстильных материалов автор использует нормированную функцию арктангенса логарифма приведенного времени (сокращенно, - НАЛ). Для повышения точности прогнозирования автор предлагает метод неравномерного деления временной шкалы, - в соответствии со спецификой процесса.

На основании разработанных методов прогнозирования нелинейно-наследственных процессов релаксации и ползучести автор разрабатывает компьютерный алгоритм определения характеристик соответствующих деформационных процессов. Таким образом, на основе приведенного алгоритма производится автоматизация определения характеристик релаксации и ползучести изучаемых текстильных материалов.

В четвертом разделе представлены методики разделения полной деформации арамидных текстильных материалов на составные компоненты - упругую и вязкоупруго-пластическую, а полной механической работы деформирования - на упруго-обратимую и вязкоупруго-пластическую компоненты. Последующая компьютерная автоматизация разработанных методик выделения соответствующих компонент деформации и механической работы деформирования позволяет значительно упростить и ускорить процесс вычисления упругой компоненты механической работы.

Одним из преимуществ предложенного метода является то, что методики разделения деформации арамидных текстильных материалов на составные компоненты позволяют в большей степени понять природу процессов деформирования и как следствие, дать более точные оценочные рекомендации по применению тех или иных изделий.

Также в данном разделе исследованы температурно-деформационные зависимости арамидных материалов и изделий, определены степень их усадки и восстановления, что чрезвычайно важно с точки зрения оценки их эксплуатационно-потребительских характеристик после нагрева и последующего охлаждения.

Пятый раздел посвящен качественному анализу эксплуатационно-деформационных свойств объектов исследования. Сравнительный анализ выполнен, как по расчетным характеристикам релаксации и ползучести, так и по результатам численного прогнозирования релаксационных, деформационных и восстановительных процессов. В работе выявлены существенные отличия в протекании процессов релаксации и ползучести у арамидных тканей и шнуров по сравнению с образующими их нитями.

Разработанные автором методики определения релаксационно-деформационных характеристик арамидных материалов и прогнозирования соответствующих процессов, а также методы проведения качественного анализа эксплуатационно-потребительских свойств изучаемых материалов и изделий, включены в единые универсальные программные пакеты, которые позволяют ускорить качественную оценку их функциональности, потребительских свойств и конкурентоспособности.

Выводы четко и обоснованно характеризуют полученные в диссертационной работе результаты исследования.

Соискатель достаточно корректно использует научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Дополнительно следует отметить высокую степень компьютеризации предложенных в работе методов исследования деформационных свойств арамидных текстильных материалов и изделий. Предложенные компьютерные методики, основанные на современном математическом моделировании и значительном массиве обработанных экспериментальных данных, проанализированных автором, позволяют прогнозировать деформационно-восстановительные процессы данных материалов с достаточной для инженерных расчетов степенью надежности, производить их технологический отбор и давать рекомендации по их техническому использованию.

#### **Оценка новизны и достоверности**

В качестве новых научных результатов, полученных диссертантом следует отметить: разработку и внедрение инновационных методов оценки качества, функциональных и потребительских свойств объектов исследования, разработку математических моделей деформационно-релаксационных свойств арамидных текстильных материалов и изделий, методов определения и прогнозирования их деформационно-релаксационных характеристик, разработку методов их технологического отбора, как по потребительскому, так и по функциональному назначению, а также компьютерную реализацию методов качественной оценки их потребительских свойств. Автором разработано программное обеспечение для ЭВМ, являющееся составной частью комплекса предложенных компьютерных методик, на основании которого получены 3 свидетельства о регистрации данных программ. Отмеченные выше результаты доказывают научную новизну полученных в диссертации результатов выполненного исследования.

Теоретические положения диссертации подтверждаются экспериментальными данными и основываются на использовании соискателем последних достижений в области

математического моделирования, системного анализа, материаловедения производств текстильной и легкой промышленности, механики деформируемого твердого тела.

Основные результаты диссертации опубликованы в 19 печатных работах. Из них 6 печатных работ опубликованы в ведущих рецензируемых журналах, входящих в «Перечень ВАК РФ». Автором диссертации в соавторстве получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Результаты исследования неоднократно обсуждались на научных конференциях, в том числе международных, и получили одобрение ведущих специалистов отрасли.

Практическая значимость работы заключается в разработке практических рекомендаций по технологическому отбору образцов текстильных материалов, обладающих требуемыми релаксационными и деформационными характеристиками в зависимости от компонентного состава, структуры, линейной и поверхностной плотности указанных материалов, что позволяет улучшить эксплуатационно-потребительских свойства и повысить функциональность выпускаемой продукции. Наличие разработанных автором диссертации компьютерных программ, позволяющих прогнозировать вязкоупруго-пластические и деформационные процессы изучаемых объектов исследования в широком диапазоне напряжений и деформаций, повышает практическую значимость работы.

#### **Замечания по диссертационной работе в целом**

1. В работе отсутствует оценка повторяемости (сходимости) и воспроизводимости результатов выполненных испытаний. Достоверность представленных в работе данных, несомненно, была бы выше при представлении результатов статистического анализа выполненных испытаний.
2. В работе отсутствуют конкретные примеры применения предложенных компьютерных методик, например, примеры расчетов релаксационных характеристик исследуемых материалов, прогнозирования деформационно-восстановительных процессов, разделения полной деформации и механической работы деформирования на компоненты. Данные примеры целесообразно было бы вынести в диссертации отдельным приложением.
3. Аппроксимацию «семейств» модуля релаксации и ползучести арамидных текстильных материалов автор выполняет на основе нормированной функции арктангенс логарифма приведенного времени (НАЛ), которая характеризует вероятностное распределение Коши. При этом использует выбранную модель для описания всех типов объектов исследования: нитей, шнуров и тканей. Следует отметить, что в диссертации отсутствует обоснование выбранной функции по

сравнению с другими, например с функцией гиперболический тангенс (ГТ) или интеграл вероятности (ИВ).

4. В главе 3 (стр. 76) указано, что для повышения точности прогнозирования деформационных, восстановительных и релаксационных процессов рассматриваемых объектов исследования применялись методы вычисления несобственных нелинейно-наследственных интегралов, основанные на неравномерном разбиении временной шкалы с учетом специфики рассматриваемого процесса. Однако, в работе отсутствует непосредственная оценка точности полученных результатов прогнозирования.
5. Основные результаты в работе получены на основании обработки диаграмм растяжения, а также «семейств» кривых релаксации и ползучести, которые по сути реализуемых в эксперименте процессов деформирования представляют собой простое растяжение. В то же время в реальных условиях эксплуатации арамидные текстильные материалы могут испытывать и другие виды деформирования, например, кручение. В работе отсутствуют сведения о влиянии кручения, а также сдвиговых деформаций на процессы деформирования изучаемых объектов исследования.
6. В пункте 3.4 Главы 3 прогнозирование деформационно-восстановительных процессов арамидных текстильных материалов показано на примере одного единственного типа из числа рассматриваемых объектов исследования, - нитей СВМ российского производства. Для нитей зарубежного производства (Кевлар, Тварон, Технора) деформационно-восстановительные процессы не показаны. Этого недостаточно для сравнения оценки потребительских свойств материалов отечественного и зарубежного производства.
7. Наименование рисунков 2.12-2.15 не совпадает с представленными на них обозначениями на левой шкале ординат. В подписях под рисунками указана зависимость значений величин удлинения при разрыве (левая шкала) от температуры, а на самой шкале указано разрывное напряжение ( $\sigma$ , МПа).

Отмеченные недостатки снижают качество исследования, однако являются частными и не влияют на общую оценку содержания диссертации, ее научно-технической новизны и практической значимости.

## Заключение

Диссертация грамотно оформлена и выполнена на высоком научном уровне. Результаты исследований иллюстрированы многочисленными таблицами и графиками. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Актуальность, цель, задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы сформулированы точно и убедительно.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней" Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, так как является законченной научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны методы качественного анализа эксплуатационно-деформационных свойств текстильных арамидных материалов, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной задачи по повышению конкурентоспособности арамидных материалов на стадии их проектирования и производства, имеющей существенное значение для текстильной и легкой промышленности, а ее автор - **Шванкин Александр Михайлович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.02 - Организация производства (текстильная и легкая промышленность).

Официальный оппонент

Директор учебно-научного центра

«Мониторинг и реабилитация природных систем»

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого»,

кандидат технических наук

195251, Санкт-Петербург,  
ул. Политехническая, д. 29,  
Гидрокорпус-2, пом. 204  
Тел. +7 (921) 388-43-15  
E-mail: [alsgor@yandex.ru](mailto:alsgor@yandex.ru)

25.04.2017 г.

Горшков А.С./

